

В.П. РЫКОВ

Введение в АСД

НЕРЕЛЯТИВИСТСКОЕ
УТОЧНЕНИЕ
ДИНАМИКИ
НЬЮТОНА



Самоучитель

Препринт

Санкт-Петербург

2021

Рыков Валерий Петрович

Р 944 Введение в АСД. Нерелятивистское уточнение динамики Ньютона. Самоучитель. Препринт. – СПб.: 2021. – 321 с., 90 илл., 20 табл.

Абсолютная субстанциальная динамика (АСД) уточняет принципы и методы теоретической механики, тем самым расширяя область её ответственности на любые скорости и предсказывая новые физические явления.

Самоучитель по АСД поможет студентам вузов, аспирантам и специалистам освоить уточнённую теорию и методику решений задач теоретической и небесной механики, космической динамики, физики частиц высоких энергий, геофизики и оптики движущихся тел.

Любознательных читателей привлечёт последний раздел с ответами на актуальные вопросы по тематике книги.

УДК 531
ББК 22.21

Ключевые слова: физика, механика, теоретическая механика, небесная механика, космическая динамика, квантовая механика, частицы высоких энергий, релятивистская механика, нерелятивистская теория, нерелятивистская динамика, абсолютная динамика, субстанциальная динамика, субстанциальная физика, связь массы и энергии, силы инерции, инертность, силы инертности, реальные силы, фиктивные силы, критерий реальности сил, искусственная тяжесть, индуктивное ускорение, инерциальные системы, системы отсчета, неинерциальные системы, координатные системы, навигационные спутники, ГЛОНАСС, GPS, эволюция орбит, измерение абсолютной скорости, абсолютная скорость Солнечной системы, абсолютная скорость Земли, истинная абсолютность, мировая среда, субстанция, анизотропия явлений, волновая оптика, оптика движущихся тел, радиолокация планет, эффект Доплера, абберрация света, звездная абберрация, кинематическая абберрация, планетная абберрация, переместительная абберрация, излучательная абберрация, радарная абберрация, законы Ньютона, закон Галилея, закон инерции, закон индукции масс, ковариантность, принцип близкодействия, принцип относительности, принцип эквивалентности, мир Минковского, мир гравитирующий, парадокс равноправных близнецов, парадокс часов, парадокс времени

Рыков В.П., e-mail: rykov.vp@ya.ru

© В.П. Рыков, 2021

Преимущества АСД

АСД – абсолютная субстанциальная динамика – удивительно плодотворный синтез теоретической механики и мировой среды (МС). АСД объединила классическую и квантовую механику общим законом индукции масс, принятым в качестве новой аксиомы, в дополнение к классическим аксиомам Ньютона.

Следствия обновлённой теории расширяют компетенцию теоретической механики на любые скорости, выводя Лоренцевы эффекты из динамики движения относительно МС. Реальность сверхплотной мировой среды, продемонстрированная квантовыми экспериментами середины 20 века, объясняет не только *эффекты микромира* (§1), но и важнейшее *явление макроммира* – инертное противодействие ускорению частиц и тел, известное ещё Ньютону, которое оставалось непонятым в течение веков. АСД приоткрыла эту тайну, прояснив и рассчитав важные детали данного явления (§6, §11). В итоге удалось сформулировать жёсткий критерий реальности сил (§10), отделить настоящие силы инертности от фиктивных «сил инерции», положительно разрешить парадокс равновесия ускоряющей силы с противоположной силой инертности и апробировать новую методику (§11) на решении множества практических задач (Глава 3).

Релятивистский принцип относительности дискредитируется естественным *пределом* скоростей относительно МС, порождающим *анизотропию* физических явлений в координатных системах, движущихся относительно МС (§15). Автором предсказано несколько новых явлений (эффектов АСД) и предложены эксперименты по проверке излагаемой теории.

Среди теоретических достижений АСД: **1)** принципиально новое обоснование и толкование закона связи массы и энергии (§6, §11); **2)** открыт D-эффект, объясняющий стабильное летнее ускорение вращения Земли; **3)** на основе D-эффекта и данных о вращении перигелия Меркурия впервые вычислена скорость Солнечной системы относительно МС (§21); **4)** предсказана дополнительная эволюция орбит навигационных спутников ГЛОНАСС, порождаемая индуктивным ускорением (§13).

Успехи субстанциальной теории в оптике: **1)** открыто явление *излучательной* абберации, объяснившее причину недостаточной точности релятивистской теории радиолокации планет и прогнозов движения Венеры по диску Солнца (§18); **2)** предсказан эффект Доплера-Физо 3-го порядка, на основе ряда измерений которого возможно *независимое* вычисление скорости физической лаборатории относительно МС (П2, п.6); **3)** результаты всех оптических экспериментов, официально подтверждавших теорию относительности, объясняются и *субстанциальной* теорией (П2).

Самоучитель поможет ответить на трудные вопросы и приблизить эпоху субстанциальной физики. Успехи новой теории в самых разных областях её применения всё более укрепляют эту уверенность.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Список сокращений	6

РАЗДЕЛ 1

ГЛАВА 1. Неустранимые дефекты релятивистской теории	8
§1. Принцип эквивалентности категорически не работает в микромире	9
§2. Миф об общей относительности в общей теории относительности	11
§3. Вращение астрономических координат непрактично	12
§4. Парадокс равноправных близнецов	17

ГЛАВА 2. Теоретические основы АСД

§5. Нерелятивистский взгляд на принципы механики	20
§6. Динамика Ньютона плюс квантовый закон	24
§7. Аксиомы АСД	29
§8. Специфика координатных систем АСД и их классификация. Основные задачи динамики	32
§9. Важнейшие теоремы и формулы динамики абсолютного движения	39
§10. Свободно падающие лаборатории	56
§11. Обобщение законов АСД на любые подвижные координатные системы с учётом специфики решаемых задач	64

ГЛАВА 3. Применение АСД

§12. Области аппроксимации математических моделей	80
§13. Решение задач на абсолютное и относительное движение	83
§14. Силы инертности в динамистатике	103
§15. Частицы высоких энергий	123
§16. Новые эффекты в небесной механике и космической динамике	128
§17. Субстанциальная теория кинематической аберрации	145
§18. Субстанциальная космическая дальнометрия	155
§19. Субстанциальная теория смещения частоты электромагнитных волн ...	169
§20. Обсуждение простых идей измерения абсолютной скорости	176
§21. Вычисление абсолютной скорости Солнечной системы	195

ПРИЛОЖЕНИЯ

П1. Некоторые определения классической кинематики и ковариантность её важнейших уравнений	219
П2. Анализ важнейших экспериментов по волновой оптике с учётом эффектов FLL	225
Заключение	245

РАЗДЕЛ 2

Ответы на актуальные вопросы	249
Послесловие	309
Литература	310
Форзацы	318

ПРЕДИСЛОВИЕ

Самоучитель по абсолютной субстанциальной динамике (АСД) является переработанным изданием самоучителя по субстанциальной динамике [211]. Он исправлен и дополнен исследованием кориолисовых и близких к ним эффектов АСД (§11, п.4), решениями новых задач по теоретической механике, проясняющих субстанциальную теорию (§13, §14), а также ответами на вопросы во втором разделе.

Структура книги и круг затронутых в ней тем раскрыты в оглавлении. Понимание материала **первого раздела** самоучителя предполагает знание основ теоретической механики и математики в объёме программ технических вузов. Изучение §§15–21 третьей главы требует дополнительного знакомства читателей с основами специальностей,¹ перечисленных в аннотации.

АСД условно делится на *кинетику* и *динамистатику*.² Динамистатика исследует динамическое равновесие всех сил и их моментов, приложенных к исследуемому телу, в его собственной координатной системе, где тело неподвижно (с учётом аксиомы затвердевания). Кинетика исследует абсолютные и относительные движения частиц (тел) в *несобственных* координатных системах, где эти объекты движутся.

Заменяя релятивистскую терминологию, АСД вводит субстанциальные понятия и обозначающие их термины. Некоторые из них близки к терминам, известным из классической или релятивистской механики. Но *содержание* новых понятий в знакомых терминах может отличаться. Оно подробно разъясняется в 1-й и 2-й главах, где §1, §6, §10, §11 – ключевые для понимания смысла нерелятивистской динамики, поскольку в этих параграфах: 1) обоснована неизбежность признания сверхплотной *мировой среды* (МС); 2) вводятся понятия *мира гравитирующего* (МГ), сил МГ, сил МС (сил *инертности*), силовых и *бессиловых* явлений; 3) выводится универсальная связь между массой и энергией, закон индукции масс и закон включения/выключения гравитационных свойств в инертной массе; 4) сформулированы: критерий реальности сил, принцип АСД, общие правила и методы решения основных видов задач новой теории.

Учитывая сказанное, переходить к чтению третьей главы «Применение субстанциальной динамики» имеет смысл, когда будут поняты идеи и усвоена терминология предыдущих глав.

Сводка не рекомендуемых (устаревших) терминов дана в таблице на Ф-3. Список используемых сокращений приведён на странице 6.

¹ Разнообразие тем, исследованных в 3-й главе, позволило унифицировать *символьные* обозначения физических величин *только* на протяжении её параграфов, либо отдельных задач.

² Кинетика происходит от греческого *kinētikos* (приводящий в движение). Динамистатика происходит от греческого *dynamis* (сила) + *staticē* (учение о равновесии).

Буквенные символы *векторов* (следуя О. Хевисайду) везде выделены жирным шрифтом, их модули и скалярные проекции – не выделяются, скалярные произведения векторов обозначаются точкой «·», векторные произведения – наклонным крестиком «×». Амперсанд & в формулах означает логическую операцию «и». Там, где требовалось избежать путаницы в обозначениях абсолютных и относительных величин, для символов первых использовался прямой шрифт, а для вторых – шрифт *наклонный*.

При решении задач данной теории автор рекомендует гибко настраиваемую под любую точность универсальную систему компьютерной математики (СКМ) Wolfram Mathematica, самоучители по которой [187], [175] помогут её быстрому освоению.

Основы векторного исчисления просто и ясно изложены в учебном пособии [76] для самостоятельного изучения студентами механических и электротехнических специальностей вузов. Полный список литературы размещён перед предметным указателем.

Второй раздел самоучителя предоставляет читателю возможность ознакомиться с подробными ответами на заслуживающие внимания вопросы по тематике книги. Читатели, знающие теорию относительности, могут начать чтение книги с ответов на вопросы 27, 14, 16 и §12.

Критические замечания и предложения по улучшению самоучителя можно отправлять автору на адрес электронной почты: gykov.vp@ya.ru

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

[1], [55, с.88] – примеры ссылок на список литературы (размещён в конце книги) (П1); (§11, п.4) – примеры ссылок на номера Приложений, параграфов и пунктов (Ф-3) – пример ссылки на 3-ю страницу Форзаца
МАС – международный астрономический союз (§3)
ИСЗ – искусственный спутник Земли (ответ на вопрос 19)
ГСС – геостационарный спутник (П2, п.4)
АМС – автоматическая межпланетная станция (§8; П2, п.4)
КА – космический аппарат (§11)
НКА – навигационный КА (§20, п.6)
БШВ – бортовая шкала времени НКА (§20, п.6)
ПКЧ – перевозимые квантовые часы (§20)
ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система (§20, п.6)
ВОГ – волоконно-оптический гироскоп (П2, п.7)
ЭМВ – электромагнитные волны (§§17-19)
СВЧ – сверхвысокие частоты ЭМВ (§15)
ЧД – чёрная дыра (§2, §10, ответы на вопросы 15 и 33)
МС – мировая среда (§1, ответ на вопрос 6); силы МС – силы инертности (§6, §11)
УСВЗ – угловая скорость вращения Земли относительно МС (§21)
МГ – мир гравитирующий; силы МГ (§6, §9)

АСД – абсолютная субстанциальная динамика; синонимы: абсолютная динамика, субстанциальная динамика (§5)

FLL – субстанциальные эффекты Фитцджеральда-Лармора-Лоренца (§5, §9)

GK-переход – гравитационно-квантовый переход (§6)

D-эффект – деформация планетных недр, как следствие эффектов АСД (§21, п.1)

BГСМ – явление включения/выключения гравитационных свойств в инертной массе частицы, закон BГСМ (§6)

ТМ – тяготение масс, напряжённость поля ТМ (§10), силы ТМ (§7, §11)

ИТ – искусственная тяжесть, напряжённость поля ИТ (§10), силы ИТ (§11)

ЦБСИ – центробежная сила инертности (§11, §14)

ПСИ и ВСИ – поступательная и вращательная силы инертности (§11, §14)

КС – координатная система (П1, §8; ответ на вопрос 8)

ЦКС – центр КС, начало координат (§8)

КС – знак «» означает *отсутствие вращения* данной КС относительно «неподвижных» звёзд (точнее – относительно квазаров) (§8)

АКС – *абсолютная* координатная система (неподвижна относительно МС) (§8)

ДКС – *движущаяся* (подвижная) координатная система (§8)

СПКС – *свободно падающая* координатная система (§8)

СПЛ – *свободно падающая лаборатория* (§10)

ЭИКС – *экспериментально инерциальная* координатная система (§8, §10)

ППТ – приливное поле тяжести, создаваемое внешней космической массой в *СПКС (§10)

ЦМ – центр масс тела или совокупности тел (частиц) (§8)

БЦ – барицентр (точка приложения равнодействующей всех сил тяжести) (§8)

БКС – *барицентрическая* координатная система (§8)

ИБКС – КС, привязанная к *индивидуальному* БЦ массивного тела (§8)

ОБКС – КС, привязанная к *общему* БЦ нескольких массивных тел (частиц) (§8)

НКС – *несвободная* координатная система (§8)

СКС – *собственная* координатная система (§8, §11)

НеСКС – *несобственная* координатная система (§8, §11)

ЛКС – *лабораторная* координатная система (§15)

ОК – область компетенции теории, то же, что область ответственности (глава 1)

ОАП – область аппроксимации математической модели (§12)

СО – система отсчёта (ответ на вопрос 8)

ТО – теория относительности (глава 1)

СТО – специальная (частная) ТО (ответ на вопрос 26; §20, п.7)

РМ – релятивистская механика (§15)

ОТО – общая теория относительности (§2)

ПЭ – принцип эквивалентности ОТО (§1, §6, §11, п.5)

УФН – «Успехи физических наук», ежемесячный обзорный журнал, 1918-2021.
URL: <https://ufn.ru/>

ФЭ – «Физическая энциклопедия». Т. 1-5. – М.: Изд-во СЭ / БРЭ, 1988-1998.
URL: <http://www.femto.com.ua/index1.html>

БСЭ – «Большая советская энциклопедия». Т. 1-30. – М.: Изд-во СЭ, 1969-1978.
URL: <http://bse.sci-lib.com/>

РАЗДЕЛ 1

ГЛАВА 1

Неустранимые дефекты релятивистской теории

*Всякое действительное разрешение есть
распутывание накопившихся затруднений. Распу-
тать же не могут те, которые не познали узла.*

Аристотель

Теория относительности завершила программу геометризации¹ механики, намеченную Лейбницем, Риманом и Клиффордом, и реализованную в 20 веке сторонниками релятивистской концепции. В итоге эта теория стала рекордсменкой среди любых других теорий – как по количеству адресованных ей критических публикаций, так и по научным заслугам её оппонентов [1].

Чтобы убедить компетентного читателя в неизбежности пересмотра релятивистской концепции, в первой главе подобраны очевидные, но неустранимые дефекты теории относительности.

Для начала введём полезное понятие: **область компетенции**² (ОК) – это *сфера* применения естественнонаучной теории или её математической модели, где теория даёт правильные прогнозы, то есть не противоречит экспериментальным фактам. Сферу применения можно определить *названиями* конкретных областей науки или техники, где используется теория, а также указанием *диапазонов* параметров её математической модели – границ применимости. Более подробно об этом можно прочесть в §12.

Поскольку апология³ теории относительности не знает границ (см. ответы на вопросы 27, 28), уточнение области компетенции обсуждаемой теории будет наиболее разумным началом предпринятого исследования.

¹ Представление о “геометризации” механики даёт цитата из сочинения Клиффорда [145]: «...изменение кривизны пространства – это то, что в действительности происходит в явлении, которое мы называем движением материи, как весомой, так и эфира; в физическом мире не совершается ничего, кроме этого изменения, подчиняющегося (возможно) закону непрерывности». Беспрецедентно упрощённое, да ещё и категорическое суждение деятеля строгой науки о необыкновенно богатом физическом мире!? Впрочем, математики любят навязывать физике свои неправдоподобные гипотезы, совершенно игнорируя необходимость их экспериментальной проверки. Досадное отличие физики от математики.

² В литературе встречается термин-аналог: «область ответственности».

³ **Апология** – неумеренное, чрезмерное восхваление; защита (обычно предвзятая) [165].

§1. Принцип эквивалентности категорически не работает в микромире

*Великая трагедия науки –
убийство прекрасной гипотезы
уродливым фактом.*

Томас Гексли

В 1938 году, подводя итоги своего творчества, Эйнштейн написал: «Оглядываясь на развитие физики, мы видим, что вскоре после своего рождения эфир стал «выродком» в семье физических субстанций». И чуть ниже: «... следует совершенно забыть об эфире и постараться никогда больше не упоминать о нем». [108, с.145]

История высмеивает тех, кто пытается её исказить, а официальные запреты, тормозящие прогресс науки, останавливают его не навсегда.

Развитие квантовой физики в 20 веке основывалось на огромном множестве экспериментов. Среди них были эксперименты, которые уже невозможно было истолковать, не вводя особого рода физическую **субстанцию**, то есть заполняющую всё пространство **мировую среду** (МС), отвечающую за необычные эффекты. Упразднённый Эйнштейном в 1905 году эфир стал возвращаться в физику в начале 30-х годов в виде «моря» Дирака [14], [141], а затем под названием «физического вакуума» [15].

Открытия 20 века показали, что «физический вакуум» (лат. *vacuum* – пустота) обладает неординарными, но экспериментально проверяемыми свойствами,¹ которые **несовместимы с представлениями о пустоте**:

- рождение из физического “вакуума” не только виртуальных, но и настоящих частиц, локальная и мгновенная превращаемость одних частиц в другие [16], [17], [196];

- одинаковость² масс покоя, электрических зарядов, спинов и других квантовых свойств конкретных видов элементарных микрочастиц – независимо от места и времени их рождения из физического “вакуума” и от вариаций условий рождения [18];

- нулевые колебания физического “вакуума” и его поляризация отвечают за эмпирические факты: лэмбовский сдвиг энергетических уровней атомов, эффект Казимира, аномальный магнитный момент электрона и другие [19], [20], [21], [22];

- ненулевая плотность энергии физического “вакуума” [23], [24].

Плотность энергии так называемого “вакуумного” конденсата, отве-

¹ Дополнительно о названных свойствах можно прочесть в ответе на вопрос 6 в разделе 2.

² В квантовых теориях это явление называют *тождественностью* частиц.

чающего за указанные выше наблюдаемые эффекты, поражает воображение. Цитата из физической энциклопедии (1988 г.):

«Хотя представление о вакуумном конденсате стало неотъемлемой частью современной теории, существуют основания полагать, что включение в рассмотрение гравитации приводит к серьезной проблеме. Согласно принципу эквивалентности, энергия вакуума гравитирует и входит поэтому в уравнения общей теории относительности. Ограничение же на плотность энергии вакуума, которое получается из опыта, оказывается на много порядков (примерно в 10^{46} раз) меньше энергии, связанной, например, с глюонным конденсатом. Механизм уменьшения плотности энергии вакуума неизвестен». [24]

Можно подсчитать, что оценочная плотность мировой среды превышает плотность ядер атомов. Поэтому термин «вакуум» неадекватен для названия мировой среды, ибо на фоне её огромной плотности все частицы вещества, как бы «дырки»¹ в сверхплотной субстанции.

Если бы энергия сверхплотной субстанции обладала гравитационными свойствами, то наблюдаемый вокруг нас звёздно-планетный мир, подчиняющийся закону всемирного тяготения, стал бы невозможен. Следовательно, наблюдаемое состояние нашего мира совершенно не совместимо с принципом эквивалентности ОТО, который требует наличия гравитационных свойств у любой энергии [126, с.190]. По этой причине, общая теория относительности, а по Фоку – теория тяготения (см. §2), оказалась непригодной для применения в микромире.

Неразрешимая в рамках ОТО проблема «уменьшения плотности энергии вакуума» [24], превратилась для автора этих строк в **ключ** к открытию нового закона механики, положенного им в основу субстанциальной динамики. В итоге, удалось построить «мост», связывающий теоретическую механику с физикой микромира. Подробности во 2-й главе.

¹ «Дырочную» математическую модель электрона в плотной мировой среде (эфире) исследовал в начале 20 века французский математик А. Пуанкаре [120], [157]. На самом деле, частицы вещества в квантовой физике – это волны де-Бройля. **Гипотеза об одинаковом пределе скорости относительно мировой среды** для трёх видов волн: волн де-Бройля, электромагнитных и гравитационных волн, представляется более общей и имеет прямое отношение к физике (§9), в отличие от вывода теории относительности о **волшебном** постоянстве скорости света относительно *любого* инерциального наблюдателя, окружённого релятивистской *пустотой*.

§2. Миф об общей относительности¹ в общей теории относительности

Замысел автора общей теории относительности состоял в расширении принципа относительности² на все виды ускоренных систем отсчёта. Этот замысел был реализован в форме **общековариантных уравнений** ОТО. Вот что пишет об этом советский математик, академик В.А. Фок, автор фундаментальных работ по ОТО:

«Всякая физическая теория, кроме явно нелепой, должна быть ковариантной. Поразившая воображение физиков ковариантность общей теории относительности не является ее монополией, а обязательна для всякой физической теории. В частности, механика Ньютона удовлетворяет требованию ковариантности. Существует и прекрасно разработанный формальный математический аппарат – уравнения Лагранжа второго рода, который позволяет формулировать механику Ньютона ковариантным образом. В отношении ковариантности общая теория относительности не имеет никаких преимуществ перед механикой Ньютона. Более того, можно утверждать, что механика Ньютона ковариантна в отношении более широкой группы преобразований координат, чем общая теория относительности. В самом деле, в механике Ньютона допустимы координатные системы, движущиеся с произвольной скоростью, тогда как в общей теории относительности допустимы лишь такие, которые движутся со скоростью, меньшей скорости света (в противном случае оказались бы нарушенными упомянутые выше неравенства).

Мы приходим к выводу, что теория Эйнштейна отнюдь не является обобщением частной теории относительности на случай ускоренных движений и что вообще рассмотрение ускоренных движений не является характерным или существенным для новой теории.

В чем же тогда сущность теории Эйнштейна? На этот вопрос можно дать только один ответ. Теория Эйнштейна есть теория тяготения. Она связывает закон всемирного тяготения с геометрией физического пространства». Конец цитаты.

Подробнее об этом можно прочитать в работах Фока [10], [11], [194], а также в работе Бурланкова [8], вышедшей к 100-летию юбилею статьи Эйнштейна и Гроссмана. О том, что эйнштейновское название *общей* теории относительности *неадекватно*, информирует и физическая эн-

¹ «Общая относительность» легко опровергается фактами, доказывающими *абсолютность вращений*: например, полярным сжатием планет или поведением маятника Фуко.

² Принцип равноправия координатных систем сторонники ТО называют обычно принципом относительности, смешивая в одно неудобоваримое целое два разных понятия: 1) относительность движений и 2) равноправие разных КС (подробности в §11).

циклопедия [12].

Итак, по мнению специалистов, ОТО – это теория тяготения. Обсуждаемой теории повезло с *двумя поправками* к классической физике. Из ОТО выводилось обнаруженное ещё в 19 веке аномальное вековое вращение перигелия Меркурия, а также предсказание гравитационного смещения спектров (эффект Паунда – 1960 год). Известны и несколько спорных, рекламируемых сторонниками ТО эффектов, но их экспериментальные подтверждения вызывали и вызывают обоснованные сомнения.¹

Тем не менее, и с описанием тяготения в этой теории *нет* полного благополучия. Плохо с большим космологическим расширением и движениями галактик. В галактиках не хватает массы, как для адекватного описания высоких скоростей их вращения, так и для наблюдаемой эволюции Вселенной в нестационарном решении Фридмана. Причём эта недостача масс с самого начала была катастрофически многократной [13]. Для исправления теории тяготения сторонники ТО приставили к ней две «подпорки» – сначала под названием совсем невидимой «тёмной материи», а позже – ещё менее видимой «тёмной энергии», с лямбда-членом² в помощь ОТО.

На фоне неудач ОТО в космологии, **врождённый дефект ОТО – сингулярности пространства-времени внутри чёрных дыр**, незаслуженно забыт.

§3. Вращение астрономических координат непрактично

В классической кинематике применяются *идеальные* геометрические конструкции – координатные системы (КС).³ Они принципиально не деформируются при любых движениях, *потому и незаменимы* в расчётах.

Пример 1. Восьмая планета Солнечной системы – Нептун, при расстоянии $R = 28,83..31,33$ астрономических единиц (а.е.⁴) от Земли, в КС, жёстко связанной с Землёй (первой экваториальной КС), имеет склонение δ в диапазоне $\pm 22,3^\circ$ и делает один оборот вокруг земного наблюдателя за время $t = 86165$ секунд.⁵ Вычисляя среднюю путевую скорость Нептуна

¹ Аномальное вращение перигелия Меркурия объяснено автором АСД в §16. Спорны результаты экспериментов с выяснением поведения света и радиоволн вблизи Солнца, так как учитывались не все существенные эффекты [144]. Обнаружение гравитационных волн предубеждённо интерпретируется как “рябь пространства-времени” (ответ на вопрос 33).

² При обнаружении новых нестыковок с астрономическими наблюдениями, космологам придётся вспомнить Птолемея и добавлять деференты и эпициклы теперь уже к лямбда-члену. *Подгоночный* характер ОТО (как и теории Птолемея) всплывает на поверхность.

³ Подробнее о КС в классической кинематике см. в ответе на вопрос 8 и в Приложении 1.

⁴ Одна а.е. = 149,6 млн. км (среднее расстояние между ЦМ Земли и Солнца).

⁵ То есть примерно на 1 секунду дольше звёздного периода вращения Земли 86164,1 с – из-за орбитального движения самого Нептуна вокруг Солнца со скоростью от 5 до 6 км/с.

относительно земного наблюдателя как отношение пройденного пути (длины окружности) $2\pi R \cos \delta$ к затраченному времени t , получаем относительную скорость Нептуна $v = 292..341$ тыс. км/с (в зависимости от положений Нептуна и Земли на их современных эллиптических орбитах). Иными словами, Нептун регулярно *преодолевают* «световой барьер», равный 300 тыс. км/с, установленный теорией относительности (ТО) для всех тел относительно любой КС.

Пример 2. Ближайшая к Солнцу звезда в созвездии Кентавра находится на расстоянии $R \cong 40$ триллионов километров и имеет склонение $\delta = -62^\circ 41'$, поэтому её круговая скорость на земном небосводе превышает скорость света в 4460 раз. Скорости обращения остальных звёзд в земной КС возрастают пропорционально расстоянию $L = R \cos \delta$ от оси вращения Земли.

Поскольку в ТО сверхсветовые скорости тел недопустимы, в ней создана собственная кинематика, которая разными способами обрезает компрометирующие скорости до величины, не превышающей $c \cong 3 \cdot 10^8$ м/с.

Обрезание сверхсветовых скоростей *поступательных* движений КС происходит по релятивистским формулам сложения скоростей [2], [3].

Но *линейные* скорости **вращения** собственных КС (СКС) обрезать таким способом не удаётся. Ведь при любой угловой скорости СКС $\omega \neq 0$ всегда найдётся такое расстояние от оси вращения $L > c/\omega$, на котором скорость координатной оси превысит световой барьер. Поэтому в релятивистской теории для «укрошения» компрометирующих сверхсветовых вращений применяют менее известные способы. Отметим три из них.

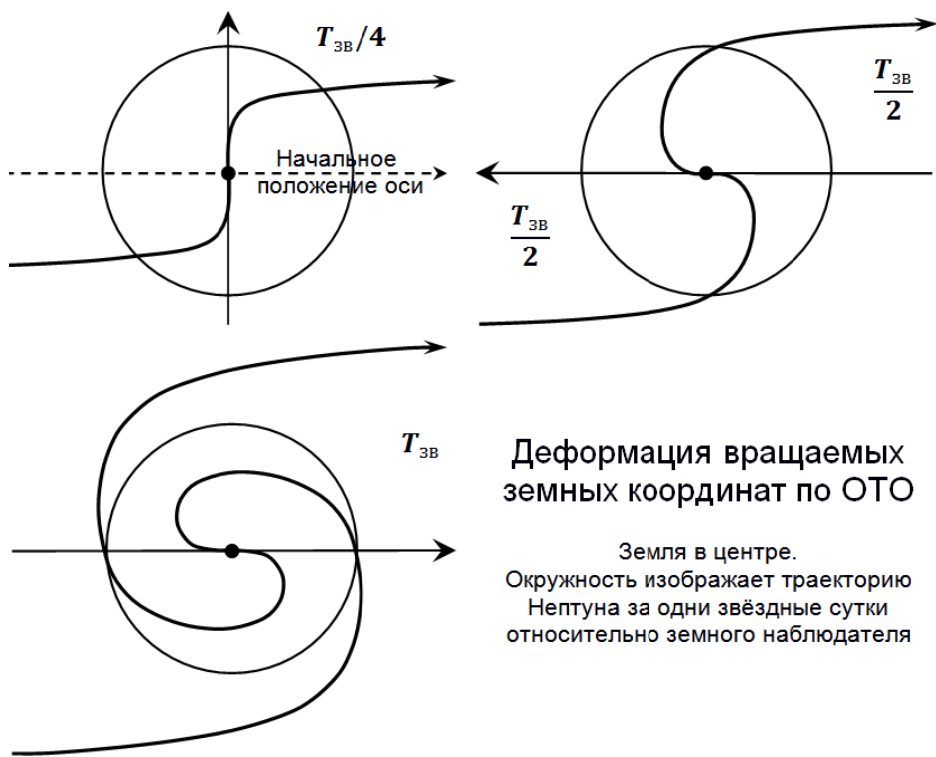
Способ №1. Запрет на продолжение координатных осей на расстояниях L , превышающих c/ω от оси вращения. Этот способ самый простой и очевидный, но в астрономии он непригоден, когда с Земли исследуются светила дальше Урана.

Способ №2. Материализация координатных осей – замена идеальных координатных осей *твёрдыми* (?) стержнями-линейками под новым релятивистским названием **система отсчёта** [4, с.19]. Этот хитрый способ достигает поставленную цель чисто автоматически, без запретов на продолжение и вращение координатных осей. Автоматизм обрезания сверхсветовых скоростей обеспечивается материальностью самих осей-линеек, ибо вращать материализованные оси со сверхсветовыми скоростями невозможно (§9). Но как показано ниже, способ №2 не способен обеспечить однозначность вычислений релятивистских координат.

Цитата из физической энциклопедии позволяет мысленно представить релятивистский механизм: «*Собственная система отсчёта движется вместе с рассматриваемым телом, и в общем случае произвольного движения неинерциальна и вращается. Если тело ограничено в простран-*

стве, то вне его собственная система отсчёта может быть продолжена, вообще говоря, **произвольным** образом и не определена однозначно (она может, например, **деформироваться с течением времени**)». [5]

Процитированное высказывание нуждается в наглядном отображении. Вообразим координатную ось, как бесконечную **материальную линейку**, проходящую через ЦМ Земли, например, в плоскости её экватора, и пусть в начальный момент времени линейка абсолютно прямая.¹ Если линейка жёсткая, то ближайшие к поверхности Земли участки линейки, будут вращаться вместе с Землёй, как одно целое. Но так как скорость любого участка линейки, никак не может превысить скорость света (§9), то концы линейки, уходящие от Земли на мегапарсеки, должны оставаться практически неподвижными относительно среднего расположения внегалактических объектов. Следовательно, *промежуточные* участки линейки, удалённые от Земли на миллиарды км, начнут изгибаться назад, отставая от вращения классической идеально прямой координатной оси, растягиваясь и отклоняясь от неё со временем всё более. На рисунке ниже изобра-



¹ Инженерам-конструкторам очевидно, что прочность материала такой линейки должна на порядки превышать прочность любых известных на земле материалов, чтобы не разрушиться под собственным весом вне Земли из-за земного притяжения. Удивительно, но техническая неосуществимость материальных координат не заботит сторонников ТО.

жены примеры нарастающей со временем *деформации* релятивистской материализованной координатной линии, в сравнении с мгновенными положениями классической *прямой* координатной оси, для четырёх последовательных моментов времени от начала вращения: 0, $T_{зв}/4$, $T_{зв}/2$, $T_{зв}$.

Способ №2 уменьшает относительную скорость Нептуна, транснептуновых объектов, а также объектов в поясе Койпера и в облаке Оорта, во-первых, описанным выше замедлением углового вращения координатных линий (это замедление растёт с расстоянием), а во-вторых, тем, что длина круговой траектории, равная в классической механике $2\pi R \cos \delta$, в общей теории относительности (ОТО) испытывает релятивистское сокращение вследствие движения. **Выбор параметров функции**, деформирующей координатные линии, в значительной мере произволен. Вместо классической скорости Нептуна 341 тыс. км/с можно задать *какую угодно* релятивистскую скорость, лишь бы она была меньше скорости света. Указанная здесь **неоднозначность решения задачи однозначного движения планет** лишает ОТО предсказательной силы. Математическая модель ОТО оказалась по факту **подгоночной**, как и модель мира в теории Птолемея.

Деформация первоначально прямых координатных линий означает, что *пространство вращаемой КС искривляется непрерывно*, а значит, кривизна его с течением времени возрастает. Однако *нестационарность* кривизны пространства Солнечной системы (по ОТО) вступает в противоречие со стационарностью процессов в проверенной практикой модели Солнечной системы. Всего лишь за один год на Нептуне Земля совершит 60 тысяч оборотов вокруг собственной оси, и пространство Солнечной системы окажется плотно опутанным деформируемыми координатными линиями. Уместно напомнить слова известного американского физика П. Бриджмена, Нобелевского лауреата: *«Было бы жестоко снабжать физиков резиновыми линейками...»*.

Но послушаем автора ОТО, который в 1918 году в ответ на критику [6] сверхсветовых скоростей звёзд и сил инерции написал:

«Для изучения солнечной системы никто не станет использовать координатную систему, покоящуюся относительно Земли, поскольку это непрактично. В принципе же такая система, согласно общей теории относительности, совершенно равноправна со всеми другими. Тот факт, что неподвижные звезды будут двигаться с громадными скоростями, если в основу исследования положить такую систему координат, равно как и сложная структура существующего в этой системе гравитационного поля, имеющего, например, соответствующие центробежным силам компоненты, представляет собой возражение не против допустимости, а только против целесообразности такого выбора координат». [7]

Оказывается, *никто(?)* не станет использовать для изучения Солнечной системы *непрактичную* КС, которая покоится относительно Земли

и вращается относительно звёзд!? Но в отличие от автора ОТО, астрономы используют КС, покоящиеся относительно Земли, для изучения и описания Солнечной системы с античных времён и по сегодняшний день,¹ считая их практичными. Автору ОТО следовало бы уточнить, что отнюдь не классическая кинематика, которую он “отменил” в 1905 году, а именно ОТО обладает столь неприемлемым дефектом, название которому **неоднозначность теории**.

Вдобавок, автор ОТО попытался посеять в несведущих читателях почтительный страх перед *сложной структурой* гравитационного поля и несуществующими *центробежными силами*, рассчитывая на неосведомлённость рядовой публики. На самом деле, в ОТО, как *кинематической* теории, *физического* поля, способного создавать силы, не может быть в принципе (§11, пункт 5), а значит, не может быть и центробежных сил, приложенных к звёздам.² Мы видим лишь *спирально-цилиндрическую структуру непрерывно искривляемого пространства*, отбивающую всякую охоту применения неоднозначной теории у любого астронома, включая даже самого автора ОТО.

После авторского признания *непрактичности релятивистских координат*, вращаемых относительно звёзд, спустя некоторое время появились ещё один – третий по счёту способ обрезания сверхсветовых скоростей:

Способ №3. Категорический запрет вращения астрономических КС, использующих ОТО. Например, в 2000 году резолюцией МАС³ была введена *геоцентрическая* координатная система – GCRS, применяемая и по сей день и регламентирующая использование ОТО. Согласно правилам МАС *требуется* так выбирать координатные оси GCRS, чтобы они *не вращались* относительно удалённых внегалактических радиоисточников [9], (но по факту – относительно мировой среды⁴). Способ №3 радикален и универсален для всех расстояний, однако он *сужает область компетенции* ОТО, делая ОТО *практически неприменимой* для вращательных движений астрономических КС. **ОТО неспособна однозначно описать даже движение Нептуна на небе земного наблюдателя.**

Вывод. Установленный факт показывает преимущество классической кинематики, основанной на геометрии Евклида, при сравнении с кинематикой ОТО. Классическая кинематика даёт *однозначные* решения задач небесной механики на движение во вращаемых КС.

¹ Связана с Землёй, например, первая экваториальная КС и все топоцентрические горизонтальные КС. СКС, *связанные с Землёй*, применялись астрономами с глубокой древности.

² Простой контрпример, который опровергает появление центробежных сил, приложенных к звёздам в КС, вращаемых относительно звёзд, изложен в ответе на вопрос 17, а миф о центробежных силах, приложенных к планетам на их орбитах – в ответе на вопрос 35.

³ МАС – Международный астрономический союз. Полный список сокращений см. на с. 6.

⁴ Более подробно о мировой среде – в ответе на вопрос 6.

§4. Парадокс равноправных близнецов

Создание теории относительности Эйнштейном привело к величайшему во всём естествознании триумфу логического мышления.¹

Логическое мышление в теории относительности порождает не только *неоднозначность вычислений* (§3), но что гораздо хуже – их *взаимную противоречивость*.

Согласно СТО, собственное время в движущейся инерциальной системе отсчёта (ИСО) изменяется всегда медленнее собственного времени в неподвижной ИСО, поэтому тот из братьев-близнецов, который, совершая инерциальное движение, улетел от брата-домоседа, а затем вернулся к нему, должен оказаться моложе. Суть парадокса близнецов (или часов), впервые описанного в 1911 году Ланжевром [26] в том, что в СТО все ИСО равноправны, поэтому с точки зрения брата-путешественника, домосед тоже совершает инерциальное движение, но относительно путешественника, поэтому моложе должен оказаться домосед.

Парадокс Ланжевена был *несимметричным* по отношению к братьям-близнецам. Брат-домосед вообще не испытывал ускорений, а брат-путешественник – неизбежно двигался с *ускорением* и испытывал на себе **перегрузки** в процессе разворота домой. Братья-близнецы оказывались в физически *неравноправных* условиях, и это обстоятельство дало возможность опорочить парадокс Ланжевена, объяснив причину *разной* быстроты старения братьев *принципом эквивалентности* общей теории относительности, согласно которому поле тяготения, как и ускорение системы отсчёта, локально неразличимы и одинаково замедляют ход времени [27].

Особо отметим, что в релятивистских опровержениях парадокса близнецов [27], [71] должны были учитываться не *относительные* ускорения братьев (ускорения братьев относительно друг друга одинаковы!), а только такие ускорения, которые порождают *физические перегрузки*.² Эта релятивистская лазейка полностью нейтрализуется в варианте парадокса *равноправных* близнецов, в котором **одновременно путешествуют два брата-близнеца, а контролирует их третий брат-домосед**.

Вариант равноправных близнецов отличается тем, что *прямолинейные* траектории, мгновенные скорости и ускорения братьев №1 и №2 **противоположны** относительно брата №3, сидящего в собственной инерциальной системе отсчёта. Поскольку братья №1 и №2 всё время находятся в физически одинаковых условиях относительно брата №3, то брат №3, выполняя функцию контроля симметрии параметров движения путешест-

¹ Из коллекции высказываний о “непогрешимости” теории относительности. [28]

² Р. Фейнман объясняет так: «можно высказать такое правило: тот, кто *почувствовал ускорение*, кто увидел, как вещи скатывались к стенке, и т. д., — тот и окажется моложе». [71]

вующих относительно него братьев №1 и №2, должен сделать *однозначный* прогноз об *одинаковости показаний* идентичных часов двух путешественников в момент их встречи на финише путешествия, при условии, что часы его братьев были синхронизованы в момент старта. Это **первый вывод**.¹

Вопреки первому выводу, каждый из братьев №1 и №2 имеет *релятивистское* право считать путешественником не себя, а другого брата, поскольку в процессе равномерного и прямолинейного удаления друг от друга, а затем такого же равномерного и прямолинейного сближения, каждый покинется в собственной инерциальной системе отсчёта, а все инерциальные системы отсчёта равноправны согласно первому постулату Эйнштейна. Поэтому во время инерциального движения каждый из двух путешественников должен сделать *релятивистский прогноз* о необходимости отставания *чужих* часов по отношению к собственным часам, вследствие относительного *движения* чужих часов. Это **второй и третий выводы, но выводы не совпадают – каждый из них противоречит двум другим выводам.**

Получаем **парадокс равноправных близнецов**, так как у путешествующих близнецов (в процессе разворота каждого из них назад) *одинаковы* не только *относительные ускорения*, но и *абсолютные ускорения*, вызывающие *перегрузки*, которые братья испытывают вместе со своими часами на *неинерциальных* участках. Но *одинаковые перегрузки*, по логике [27], [71] компрометации парадокса Ланжевена, должны были бы добавить *одинаковые дополнительные замедления хода* часов у *каждого* из путешествующих братьев. Это принципиально важно, так как *добавление одинаковых отставаний к показаниям часов №1 и №2 не может изменить второй и третий выводы, то есть взаимную релятивистскую разность показаний названных часов*, возникшую при их *инерциальном* движении, которая, согласно релятивистской теории, должна обнаруживаться при одновременной встрече трёх братьев на финише путешествия.

В итоге логического анализа релятивистского эксперимента – **релятивистский абсурд**. Факт *противоречия теории самой себе* не требует её обязательной опытной проверки. Внутреннее противоречие *автоматически* делает абсурдную теорию логически несостоятельной [160, с.9]. Преимущество классической логики [160] над релятивистской логикой [27], [71] становится очевидным.

Абсурдность умозаключений двух *равноправных* братьев-близнецов об отставании *чужих* часов от хода собственных часов есть прямое следствие *безудержной* относительности, то есть *взаимного замедления* реля-

¹ Нет никаких физических причин (за исключением несоблюдения указанных выше условий эксперимента), которые могли бы вызвать различие показаний идеально идентичных часов к моменту встречи братьев №1 и №2 на финише путешествия.

тивистского времени в чужих инерциальных системах отсчёта.

Взаимность [29] релятивистских эффектов есть неизбежный результат *отсутствия* в теории относительности *выделенной* системы отсчёта во множестве инерциальных систем отсчёта. Без выделенной КС парадоксов такого рода избежать *невозможно*.

Вводя **абсолютную координатную систему** (АКС), которая покоится относительно мировой среды (§1) (находится в *абсолютном покое*) и, доказывая зависимость быстроты конкретных процессов¹ от скорости механической системы относительно АКС,² как *динамический* эффект АСД (§9), – **субстанциальная динамика снимает все парадоксы времени**.

Резюме. Релятивистская теория имеет *неустранимые дефекты*. Чтобы исключить их в новой теории, которая заменит первую, новая теория должна обладать следующими качествами:

1) быть *субстанциальной*,³ то есть рассматривать и исследовать мировую среду как *участницу* всего происходящего;

2) основываться на *классической кинематике* и определять абсолютное движение, как движение относительно мировой среды;

3) выводить экспериментально наблюдаемые *высокоскоростные*⁴ эффекты из *абсолютного* движения;

4) поскольку принцип эквивалентности не работает в микромире, необходимо *ограничить* его действие в новой механике и в теории тяготения масс.



¹ Именно *процессов*, например темпа хода *определённого* вида часов, но не хода времени, так как замедление хода времени в данном месте эквивалентно одинаковому замедлению не только хода часов, но *всех* процессов без исключения. Поскольку проверить темп времени *всех процессов* нереально, само *предположение о замедлении времени оказывается непроверяемой математической гипотезой*, то есть не имеет отношения к физике как науке, все гипотезы которой должны быть экспериментально проверяемыми по определению.

² Скорость частицы, тела или механической совокупности тел относительно АКС будем далее называть *абсолютной* скоростью. Абсолютную скорость в субстанциальной динамике не следует путать с абсолютной скоростью в классической кинематике (П1), так как в кинематике понятия абсолютного движения и абсолютного покоя условны.

³ Термин «субстанциальный» происходит от философского понятия *субстанции*, как общей основы всех вещей, явлений и процессов бытия [149, с.523].

⁴ Благодаря классической кинематике область компетенции механики расширяется на любые скорости (§3).

ГЛАВА 2

Теоретические основы АСД

Абсолютная субстанциальная динамика получила своё название от абсолютной координатной системы, или сокращённо АКС, – координатной системы (КС), *неподвижной* относительно мировой среды¹ (МС) (§1).

§5. Нерелятивистский взгляд на принципы механики

Релятивистские идеи об относительности пространства и времени, которые развивал и пропагандировал французский математик А. Пуанкаре [99],[123], позже были подхвачены Эйнштейном и Минковским и доведены ими до логического абсурда, указанного Ланжевром в 1911 году (§4).

Теория относительности (ТО), объявив механический принцип Галилея (равноправия всех инерциальных координатных систем) общефизическим релятивистским принципом, оказала механике недобрую услугу. С тех пор история механики шагала по скользкому пути релятивизма, не имея возможности объяснить причину сил инерции.

Возвращение мировой среды,² с учётом вскрытия причины краха принципа эквивалентности в микромире (§1, §6), а также реабилитация классической кинематики поможет развязать узел *проблем* релятивистской теории, рассмотренных в первой главе.

Если предположить, что **предел скорости для частиц, волн и тел** действительно существует, причём определяется он особенностями их *абсолютного* движения *относительно* МС, тогда на *скорость* любого из названных объектов относительно подвижной координатной системы данный предел **не распространяется**. В классической кинематике никаких проблем при движениях КС с *любыми* угловыми и линейными скоростями относительно абсолютной КС (АКС) не может возникнуть, ибо координатные системы – это *воображаемые идеальные* геометрические конструкции, служащие только для выполнения математических процедур (П1).

Введение АКС, которая определяет *абсолютные* скорости всех объектов относительно *неё*, автоматически *ограничивает* равноправие любых

¹ Вплоть до нашего времени неудачным синонимом мировой среды служил древнегреческий «эфир» – термин, изживший себя и ведущий к заблуждениям. Вместо него лучше нейтральное слово «**субстанция**», а эффекты в ней будут называться согласно Лоренцу «**субстанциальными**», в отличие от релятивистских эффектов. Причислять Лоренца к ортодоксам релятивизма было бы несправедливо. Согласно представлениям Лоренца, мировая среда всюду однородна, изотропна и не увлекается движением тел [58, с.159-165].

² Разумеется, речь идёт **не** об эфире древних греков, эфире Декарта, Френеля или Кельвина [58], а о физической *субстанции* с известными свойствами (см. §1, §6 и ответ на вопрос 6).

КС, выделяя среди них АКС, как *особую* – **базовую КС**.

В любых КС скорость любых волн должна быть *вектором* (а не скаляром, как в ТО для света) и подчиняться классическому закону сложения скоростей (П1). Независимость скорости волн от скорости излучателя волн, есть давно известный опытный факт, *если скорость волн измеряют относительно среды распространения*. Такой факт не требует специального постулата, как это было сделано в СТО, почему-то только для света.

Мировая среда, как основа абсолютного пространства Ньютона, изгоняет любые парадоксы времени, если предположить, что на самом деле имеет место *замедление определённых процессов* (а не времени), и обусловлено оно не относительным, а *абсолютным* движением материальных объектов, то есть движением их относительно АКС (§9). Тогда проблема *равноправных* близнецов вообще не возникает, поскольку для обеспечения указанного равноправия, близнецы должны двигаться зеркально одинаково относительно *абсолютного* наблюдателя, то есть наблюдателя, который покоится относительно АКС. Вследствие одинаковых изменений абсолютных скоростей двух путешественников, все наблюдатели предскажут *совпадение* показаний часов путешественников при их встрече. В различных вариантах *неравноправных* близнецов показания их часов могут и не совпадать при встрече, но эти несовпадения не будут релятивистски-взаимными, как в ТО, а будут рассчитываться однозначно и непротиворечиво разными наблюдателями (§20).

После признания мировой среды, *существование особой КС*, в которой динамические явления с проявлениями *сил инерции*¹ выглядят наиболее просто, не вызывает противоречий. Видимо не случайно силы инерции столь явно обнаруживают себя в КС, *ускоряемых относительно МС*. Может быть, именно *мировая среда* (субстанция²) создаёт инертное **противодействие ускорению** тел? Тогда она – то самое глобальное тело, с которым взаимодействует ускоряемое тело. Но в таком случае будет снята проблема фиктивности сил инерции (§11), и одновременно отпадёт нужда в непрекращающихся и безуспешных попытках привлечения принципа Беркли-Маха, якобы отвечающего за возникновение названных сил.

Без признания мировой среды не сможет обойтись и квантовая физика, так как извращение смысла понятия мировой среды изобретением оксюморона³ «физический вакуум», только тормозит исследования в этой науке, направляя исследования по ложному пути релятивизма. Изобретение противоречивого термина «физический вакуум» – это словесная ди-

¹ Силы инерции (инертности) рассмотрены в §§ 6, 7, 10, 11, 14 и в ответе на вопрос 17.

² Субстанцией далее будем называть ближайшую окрестность МС, которая взаимодействует с частицей или телом.

³ **Оксюморон** (в пер. с гр. букв. остроумно-глупое) – сочетание противоположных по значению слов, например, «живой труп» [165].

версия, то есть попытка апологетов релятивизма *спрятать* нехоти обнаруженную материальную среду под маской эпатажного термина, с целью отсрочить банкротство релятивистской концепции.

Введение мировой среды, с естественным пределом скорости относительно неё, не противоречит и **концепции близкодействия**: *причина любого локального события может быть сведена к предшествующим процессам, происходившим ранее в сколь угодно малой окрестности пространства, содержащей точку наблюдения. Причинность* в абсолютной субстанциальной динамике есть очевидное следствие концепции близкодействия и в особом разъяснении не нуждается. Однако мгновенно действующий на любом расстоянии закон всемирного тяготения Ньютона не удовлетворяет концепции близкодействия и требует уточнения.

Концепция близкодействия математически реализуется в форме *дифференциальных* соотношений и уравнений. Поэтому любые *интегральные* и *финалистские* формулировки постулатов, принципов, законов, лежащие в основе *физических теорий*, например, законы сохранения, экстремальные принципы, постулаты теории относительности, *следовало бы доказывать* строгим выводом из дифференциальных законов. Их принятие на веру в качестве аксиом *нелогично*. В главе 1 было показано, как поспешное обобщение финалистского по своей сути *принципа относительности* на все скорости и все физические явления, привело в итоге к противоречиям. Как пример, к ещё более серьёзным противоречиям приводит *бездоказательное* расширение области компетенции 2-го закона термодинамики на всю Вселенную [30], [31].

Как и любая физическая теория, абсолютная динамика обязана удовлетворять **принципу проверяемости и опровергаемости**. Он заключается в способности теории *предложить эксперименты для выяснения её состоятельности*. При негативных результатах проверки, теория должна считаться либо недоработанной, либо опровергнутой – в зависимости от возможности, либо невозможности её исправить, при обязательном условии сохранения внутренней непротиворечивости. Различные эксперименты по проверке АСД описаны в третьей главе, например, в задаче №7 (§13), П2 (п.6), §18, §20 (п.5), §20 (п.6), §21.

В отличие от релятивистской теории (§3, §4), абсолютная динамика удовлетворяет **принципу соответствия** классической динамике. По мере уменьшения абсолютных скоростей, эффекты переменности массы, быстроты процессов и размеров тел становятся менее существенными, и абсолютная динамика плавно переходит в динамику Ньютона. Есть смысл в дальнейшем называть Лоренцевы эффекты *субстанциальными эффектами FLL*, так как в их открытие и уточнение кроме Х. Лоренца внесли вклад также Дж. Фитцджеральд и Дж. Лармор.

Читатель, знакомый с историей физики, может возразить, что *почти всё* перечисленное в данном параграфе, кроме квантовых экспериментов, было известно ещё в дорелятивистскую эпоху, тем не менее, в 20 веке классическая механика *не смогла устоять* под напором теории относительности. На это можно ответить следующее.

Во-первых, основа ТО – релятивистская «группа Лоренца» на самом деле была выведена не Лоренцем, а Пуанкаре – подлинным автором принципа относительности [32] – после исправления им *субстанциально-го* эффекта Лоренца для «местного времени». И только *новое толкование* Эйнштейном и Минковским названных эффектов, “упразднивших” мировую среду и мимоходом классическую кинематику, придало этим эффектам разрушительный релятивистский смысл. Тем не менее, необходимости в этих новшествах не было,¹ налицо были лишь *релятивистские амбиции* упразднителей здравого смысла и тех, *кто стремился к полному контролю над наукой*. Эти амбиции объясняют и небывалый по своей мощи *пиар* ТО [162, с.279], а также стремление апологетов приписывать любимой теории достижения, ей не принадлежащие.² В Германии и СССР дошло до *прямых запретов публикаций критики ТО* в научной литературе [33]. Однако запрет на критику теории лишает теорию *научного* статуса, превращая её в подобие сектантской *веры*, способствует расшатыванию норм научной этики, обесценивая их. В таких условиях, искусственно созданных для рекламы ТО и неравноправных для её критиков, овладение сторонниками ТО контролем над изданием научной литературы было делом времени.

Во-вторых, в начале 20 века **не** могло ещё существовать достаточно убедительных теорий, которые объясняли бы физические причины возникновения субстанциальных эффектов FLL, были лишь гипотезы. Именно это обстоятельство дало сторонникам ТО повод пренебрежительно называть субстанциальные эффекты Фитцджеральда-Лоренца-Лармора придуманными только *ad hoc*.³

В-третьих, в 1905 году не нашлось серьёзных препятствий и к упразднению мировой среды. Ведь квантовые свойства МС, доказавшие ошибочность её упразднения, были открыты только спустя несколько десятилетий – в результате успехов квантовой физики (§1).

В §6 автор раскрывает суть ключевой идеи, которая соединяет теоретическую механику с квантовой физикой, легко справляясь с главной проблемой ОТО, изложенной в §1. Попутно устраняются ещё несколько затруднений релятивистской теории. В итоге, субстанциальная динамика приобретает решающее преимущество над релятивистской механикой.

¹ Субстанциальная теория Максвелла-Лоренца начала 20 века уже объясняла все эксперименты [58, с. 183-186, с.196].

² Факты приведены в ответе на вопрос 27 (раздел 2).

³ *Ad hoc* – для этого (латинское выражение).

§6. Динамика Ньютона плюс квантовый закон

Уместно напомнить предварительные результаты нашего расследования. Существует мировая среда (МС), она обладает особым видом энергии, но эта энергия *не гравитирует* (§1). Следовательно, *данный вид энергии не подчиняется принципу эквивалентности*, на котором основана ОТО. Прародитель принципа эквивалентности – закон Галилея, утверждающий о независимости ускорения свободного падения от масс и других свойств падающих тел. Его следствие – *прямая пропорциональность* (но не эквивалентность) инертной и гравитационной массы, подтверждённая маятниковыми экспериментами Ньютона, Этвёша, Брагинского.

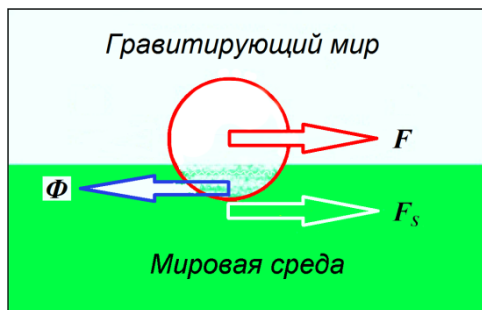
С одной стороны, в неоправданно общей формулировке принципа эквивалентности обнаружена явная *ошибка* (§1). Но с другой стороны (маятниковые эксперименты), *принцип прямой пропорциональности инертной и гравитационной массы выполняется. Однако выполняется он только для наблюдаемой вокруг нас материи и её энергии*. Поэтому следует ограничить область действия принципа пропорциональности инертных и гравитационных масс только *наблюдаемым миром*, поскольку только в наблюдаемом мире все частицы обладают гравитационной массой. Наблюдаемый мир по праву можно назвать **миром гравитирующим** (сокращённо – МГ), ну а мировой среде надлежит оставить **негравитирующую инертную массу вместе с её негравитирующей энергией**.

Рассуждаем далее. Все частицы, уже *рождённые* из субстанции (§1), по факту гравитируют. При этом работает **принцип идентичности** частиц: ведь *никогда не наблюдались элементарные частицы с произвольно уменьшенными гравитационными массами, зарядами и т. д.* Следовательно, *переход* материи в гравитирующее состояние, который совершается при рождении как настоящих, так и виртуальных частиц (рождение пар), а также их *обратный переход* в негравитирующее состояние – есть переход **не** постепенный, а *скачкообразный*. Иначе говоря, поскольку *спектры гравитационных масс и зарядов частиц дискретны*, переход материи из негравитирующего состояния в гравитирующее состояние и обратно есть **переход квантовый**. Назовём его гравитационно-квантовым, или кратко **ГК-переходом**. Он *порождает скачкообразное появление либо пропадание у инертной массы гравитационных свойств*. Заменяем слова «появление» и «пропадание» на **включение** либо **выключение** гравитационных свойств в инертной массе – **явление ВГСМ**, подчеркнув введёнными терминами *скачкообразный* (квантовый) характер обсуждаемого явления.

В отличие от гравитационной массы, **инертная масса материи не исчезает**. Инертная масса всех тел (масса гравитирующих частиц, из которых состоят тела) отвечает за их *противодействие ускорению* относительно *субстанции*. Это противодействие было названо Ньютоном силой инерции [34, с.25, определение 3]. Поскольку речь идёт о противодействии,

то на самом деле эта сила связана не с *инерцией* (простым сохранением состояния движения тела, *не* требующим силового воздействия, то есть **бес-силовым явлением**), а с **инертностью** (противодействием процессу ускорения тела, требующему ускоряющей *силы для преодоления противодействия*, то есть **силовым явлением**). Поэтому далее вместо «сил инерции» мы будем употреблять более адекватный термин *силы противодействия ускорению*, или кратко **силы инертности**.

Попробуем разобраться в **механизме инертности** (механизме противодействия ускорению). Его силовая схема (см. рисунок) внешне *напоминает трение покоя*. Ускоряющая сила F , действующая на частицу \mathcal{C} , передаётся субстанции в форме равной ей силы F_S . В результате взаимодействия частицы с субстанцией по третьему закону Ньютона возникает сила инертности Φ . Сила Φ действует на частицу и равна по величине F_S , но противоположна ей по направлению. То есть сила инертности Φ возникает как реакция мировой среды (субстанции) на действие силы F гравитирующего мира. Однако, на этом и кончается сходство с трением покоя. Например, отсутствует ограничение на максимальную величину силы инертности Φ . Но главное, сила инертности Φ *не* возникает, ни в абсолютном покое, ни при равномерном и прямолинейном движении, а **только при ускорении** частицы¹ относительно субстанции.



Покров над этим таинственным фактом приоткрывается наблюдением за поведением облака из виртуальных частиц (**ОВЧ**), окружающих каждую движущуюся «голую» частицу.² В экспериментах на ускорителях [35], [36] было доказано, что с ростом скорости (энергии) частицы увеличивается *сечение* её взаимодействия с налетающими частицами. Поэтому можно высказать *предположение* о том, что данное сечение растёт благодаря *зависимости массы*, а значит и размеров ОВЧ, *от скорости* частицы. Чем больше скорость голой частицы относительно субстанции, тем больше масса её ОВЧ (шубы). Численные оценки результатов упомянутого эксперимента не противоречат этому предположению, поэтому есть смысл принять данное предположение в качестве **рабочей гипотезы**.

Важная особенность виртуальных частиц — исключительно *малое*

¹ Здесь напрашивается *аналогия* с сопротивлением ускорению тел в идеальной жидкости [68, с.594], однако такая аналогия не согласуется с количественным описанием явления и другими свойствами субстанции, о которых можно прочесть в ответе на вопрос 6.

² В квантовой физике принято говорить о «шубе» из виртуальных частиц, в которую «одета» «голая» частица.

время их жизни – менее 10^{-21} секунды, которое легко компенсируется огромным их *количеством* вокруг стабильной голой частицы. Поэтому, несмотря на *квантовый* характер рождения и исчезновения *каждой* виртуальной частицы, статистический процесс прироста массы всего ОВЧ, в зависимости от изменения скорости голой частицы, можно считать *непрерывной* функцией в большинстве измерений. Указанное обстоятельство оправдывает *практическую* непрерывность и гладкость Лоренцевой функции зависимости массы от абсолютной скорости, выводимую в §9.

Общий **квантовый закон ВГСМ включения (выключения) гравитационных свойств в инертной массе**, принадлежащей субстанции, можно получить, анализируя *планковские* величины и их размерности. Для включения гравитационных свойств в инертной массе m субстанции необходимо передать этой массе энергию E для преодоления **разности гравитационных потенциалов** $\phi_S - \phi_G$ между мировой средой (S – символ субстанции) и миром гравитирующим (G – символ гравитации):

$$E = (\phi_S - \phi_G) m \quad (1)$$

Логично принять *потенциал мировой среды* (её масса не гравитирует) равным нулю, а *потенциал мира гравитирующего* – отрицательным и равным *планковскому*:

$$\phi_S = 0; \quad \phi_G = -G \frac{m}{L} \quad (2)$$

где $m = \sqrt{\hbar c/G}$ – *планковская масса*, $L = \sqrt{\hbar G/c^3}$ – *планковская длина*, G – гравитационная постоянная, \hbar – постоянная Планка. После подстановки выражений m и L в формулу (2), получаем:

$$\phi_G = -c^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\phi_S - \phi_G = c^2} \quad (3)$$

где $c = 299792458$ м/с – **планковская скорость**, которая в то же время равна и скорости распространения электромагнитных волн относительно мировой среды. В ТО её называют «скоростью света в вакууме».

Однако вакуум, как пустота, – релятивистский миф (§1), а свет – лишь ничтожный участок диапазона электромагнитных волн, изучаемый *вне механики*, поэтому предоставлять свету выдающееся место в механике (так сделано в *релятивистской механике*) было бы более чем странно.

В механике более уместен термин *планковская скорость*, так как новый термин обобщает скорости не только *всех* диапазонов электромагнитных волн, но и гравитационных волн, а также скорости квантовых частиц с нулевой массой покоя (§9) – фотонов и гипотетических гравитонов.

Подставляя разность потенциалов (3) в формулу (1), получаем знаменитую **формулу связи массы и энергии**, которую после 1905 года начали безосновательно [37] приписывать теории относительности:

$$E = m c^2 \quad (4)$$

В отличие от ТО, в субстанциональной динамике смысл формулы (4) иной – *квантовый*, так как здесь c^2 – **квант ВГСМ**, определяющий *энергию* ГК-перехода инертной массы m между двумя состояниями – негравитирующим и гравитирующим, по формуле (4). Для *включения* гравитационных свойств в инертной массе m , принадлежащей субстанции, необходимо *затратить* энергию $E = m c^2$. Обратный процесс *выключения* гравитационных свойств в массе m сопровождается *выделением* энергии E . При этом инертная масса остаётся и никогда не исчезает. Согласно формулам (1), (3) и (4) квант ВГСМ равен $c^2 = 8,987551787 \cdot 10^{16}$ Дж/кг.

Учитывая указанную выше практическую гладкость Лоренцевой функции в большинстве измерений, можно представить формулу (4) и в дифференциальной форме, именно её можно назвать **законом ВГСМ**:

$$dE = c^2 dm \quad (5)$$

Подводя итог, можно утверждать, что любая **масса всегда обладает инертными свойствами, а гравитационные свойства в ней включают-ся и выключаются в результате затраты или выделения энергии**, согласно формулам (4) и (5). Отсюда очевидно, что энергия и масса играют в абсолютной динамике *неодинаковые* роли, поэтому релятивистские представления об «эквивалентности» массы и энергии, как и о «превращении» массы в энергию и обратно, оказываются полностью *несостоятельными*.

Дифференцируя по времени t формулу (4), получаем **мощность ГК-перехода** dE/dt :

$$\frac{dE}{dt} = c^2 \frac{dm}{dt} \quad (6)$$

Механическую мощность dE/dt ускоряющей силы можно выразить через скалярное произведение $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$ вектора \mathbf{F} силы МГ, ускоряющей частицу, на вектор *мгновенной* скорости \mathbf{v} той же частицы *относительно субстанции* (назовём её *абсолютной мощностью*):

$$\frac{dE}{dt} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} \quad (7)$$

Из равенства левых частей формул (6) и (7) получаем равенство их правых частей, как квантовый закон быстроты приращения массы dm/dt ускоряемой частицы в зависимости от величины и знака механической мощности (мощности силы \mathbf{F} , действующей на частицу):

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{c^2} \quad (8)$$

где \mathbf{v} будем называть **абсолютной скоростью** ускоряемой частицы. Возможная замена в формуле (8) силы \mathbf{F} равной ей силой \mathbf{F}_S , ближе к физике рассматриваемого явления. Работа именно силы \mathbf{F}_S «извлекает» виртуальные частицы из ненаблюдаемой нами мировой среды, делая частицы гравитирующими и наблюдаемыми. Поскольку работа и мощность ускоряющей силы \mathbf{F} индуцируют *синхронное*¹ приращение инертной и гравитационной массы ОВЧ, можно кратко назвать формулу (8) **законом индукции масс**: *скорость приращения массы частицы пропорциональна абсолютной мощности ускоряющей её силы и обратно пропорциональна кванту ВГСМ*. Данный закон включён в субстанциальную динамику в качестве новой аксиомы, дополняющей три аксиомы Ньютона (§7).

Закон индукции масс оказался на удивление плодотворным, устранив одновременно несколько проблем и трудностей критикуемой теории, в частности:

- впервые объяснил причину негравитируемости энергии мировой среды, ограничив принцип пропорциональности (равенства) гравитационной и инертной масс исключительно наблюдаемым миром, который получил более точное название *мира гравитирующего*;
- сделал возможным строго вывести Лоренцеву зависимость мгновенной массы² от абсолютной скорости непосредственно из аксиом субстанциальной динамики (§9);
- помог понять реальность и объяснить физический смысл всех разновидностей сил инертности (§11, пункты 3 и 4), а также выявить новый вид ускорения – индуктивное ускорение, которое оказалось причиной невозможности *разгона* частиц и тел до абсолютных скоростей, превышающих планковскую, и даже равной ей (§9, §15).

В результате, данный закон впервые соединил теоретическую механику с квантовой физикой, введя в качестве **основной константы АСД** квант ВГСМ, равный c^2 , вместо релятивистской псевдоконстанты³ под названием «скорость света в вакууме».

¹ Синхронность приращения двух видов массы – инертной m_i и гравитационной m_g – требование теоремы о равенстве названных масс в гравитирующем мире, как следствие законов механики Галилея-Ньютона: $m_i \mathbf{a} \equiv m_g \mathbf{g}$, где \mathbf{g} – напряжённость поля тяготения, \mathbf{a} – мгновенное ускорение свободного падения в названном поле.

² Недопустимо путать абсолютную мгновенную массу с так называемой «релятивистской» массой. Релятивистская масса зависит от скорости относительно *наблюдателя*. От относительной релятивистской массы, из-за её противоречивости, были вынуждены отказаться даже сами релятивисты [55]. См. также ответ на вопрос 15.

³ В субстанциальной динамике вместо изотропной «скорости света», не зависящей от скорости ИСО, используется **вектор** планковской скорости \mathbf{c} , который подчиняется классическому закону сложения скоростей (формула (1), П1, а также формулы (1)...(3), П2, п.2).

§7. Аксиомы АСД

На частицу могут действовать одновременно несколько сил гравитирующего мира (сил МГ). Равнодействующую всех сил МГ будем обозначать: $F = G + N$, где G – равнодействующая всех сил тяготения масс (сил ТМ), N – равнодействующая всех негравитационных сил МГ.

Сила инертности Φ (сила противодействия мировой среды ускорению частицы) приложена к ускоряемой частице, она направлена противоположно равнодействующей F и порождается всегда и только **абсолютным ускорением** частицы.

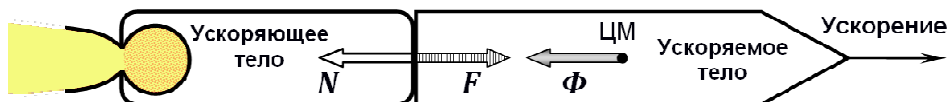
Первая аксиома есть связь между названными силами согласно §6:

$$\Phi = -F \quad (1)$$

По существу это закон взаимодействия частицы гравитирующего мира с окружающей субстанцией. Поскольку сила инертности и равнодействующая всех сил МГ приложены к одной и той же ускоряемой частице, эти силы всегда *уравновешены*. Но *равновесие не означает равноправия* данных сил. Например, в статике силы МГ уравновешивают друг друга и не возбуждают никаких сил инертности. Между тем силы инертности не способны возникать без ускорений частиц. Поскольку абсолютные ускорения частиц порождаются только силами МГ, в итоге только силы МГ способны вызывать возникновение сил инертности. Иными словами, силы инертности никогда не возникают без сил гравитирующего мира.

Первая аксиома есть аксиома динамистатики (см. Предисловие). В задачах на исследование движений эта аксиома не востребована.

Перейдём к телам. Согласно третьему закону Ньютона при *контактном* взаимодействии *двух тел*, на *ускоряющее тело* действует контактная сила реакции $N = -F$, как ответная реакция от *ускоряемого тела* на ускоряющую силу F . Из аксиомы (1) получаем: $N = \Phi$ (см. рисунок).



Принципиальное различие сил Φ и N очевидно: Φ – сила инертности, она *массовая*, то есть, приложена к каждой ускоряемой частице тела; N есть сила *поверхностная*, она приложена только к месту контакта двух взаимодействующих тел. Поэтому реакцию N , нельзя называть силой инертности, несмотря на то, что их векторы могут быть равны, ибо физическая природа этих сил и результаты их действия на тела в корне различаются.

На рисунке изображён случай прямолинейного *поступательного* ускорения тела. С увеличением абсолютной скорости масса ускоряемого

тела растёт. Здесь равнодействующую Φ всех сил инертности $d\Phi$, приложенных к каждой частице ускоряемого тела, и направленных противоположно ускорению, можно условно считать приложенной к ЦМ этого тела.

Формула (1) в переводе А.Н. Крылова, восходит к «Началам» Ньютона: «От инерции материи происходит, что всякое тело лишь с трудом выводится из своего покоя или движения. Поэтому «врожденная сила» могла бы быть весьма вразумительно названа «силою инерции». Эта сила проявляется телом единственно лишь, когда другая сила, к нему приложенная, производит изменение в его состоянии.» [34, с.25], [62]. Заменяя везде в данной цитате слово *инерция* словом **инертность**, а *врожденность* силы инертности – её **порождением** мировой средой, мы получим необходимое уточнение мысли Ньютона.

В частном случае, когда *тело свободно вращается* вокруг абсолютного покоящейся собственной оси симметрии, силы, приложенные к каждой частице тела, совершают *нулевую* работу, не изменяя мгновенных масс частиц и массы тела. Именно это объясняет отсутствие инертного противодействия свободному вращению тел. Замечаем, что по Ньютону, *состояние* такого тела (как и при инерциальном движении) не меняется.

Второй аксиомой, безусловно, будет второй закон Ньютона. В субстанциальной теории он содержит **не** массу покоя (массу голой частицы), а **сумму** последней и мгновенной массы облака виртуальных частиц, то есть **мгновенную массу частицы m** , а вместо относительной скорости (вопреки релятивистским теориям) – **абсолютную** скорость \mathbf{v} :

$$\frac{d}{dt}(m \mathbf{v}) = \mathbf{F} \quad (2)$$

Дифференцирование скорости \mathbf{v} по времени даёт **мгновенное абсолютное ускорение $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$** частицы. Вторая аксиома описывает изменение движения частицы под действием силы МГ. При изменении движения востребованы только *инертные* свойства мгновенной массы частицы.

Третья аксиома – закон индукции масс. Перепишем его формулу (8) из §6:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{c^2} \quad (3)$$

В этой аксиоме наращиваемая масса dm обладает одновременно *инертными* и включаемыми в данном процессе *гравитационными* свойствами.

Исключительно *гравитационные* свойства масс востребованы в законе всемирного тяготения. Если в качестве **четвёртой аксиомы** принять известный закон Ньютона для сил тяготения масс ($\mathbf{\Gamma}$ – сила ТМ):

$$\mathbf{\Gamma} = -G \frac{m_1 m_2}{r^3} \mathbf{r} \quad (4)$$

– как закон **контактного** взаимодействия двух любых материальных точек с мгновенными массами m_1 и m_2 , принадлежащих одному твёрдому телу, и находящихся на расстоянии r друг от друга, то из симметрии произведения масс и противонаправленности радиус-векторов, соединяющих две гравитирующие материальные точки, выводится закон Ньютона **равенства действия и противодействия** для любых **контактных** взаимодействий:

$$F_1 = -F_2 \ ; \ (F_1 = \Gamma_1 + N_1 \ ; \ F_2 = \Gamma_2 + N_2) \tag{5}$$

в том числе и силами негравитационного типа. Но теперь этот закон уже не аксиома, а **теорема**. Поскольку из закона (5) закон тяготения (4) не выводится, включаем в систему аксиом именно закон тяготения – как более **содержательный**.

Расширение Ньютоном области применения четвёртой аксиомы на тяготение друг к другу двух *далеко разнесённых* и *быстро движущихся* частиц было очевидным *риском*. Но этот риск оказался оправданным: без него человечество не получило бы классическую небесную механику в 17 веке. Ожидание формулировки закона тяготения, отвечающего концепции близкодействия, затянулось бы на века.

Учёт переменности мгновенных масс взаимодействующих частиц в четвёртой аксиоме субстанциальной динамики – важное уточнение закона всемирного тяготения. Оно последовательно развивает идею равенства гравитационной и инертной масс в гравитирующем мире, выводимую из законов Ньютона. В §16 уточнённый закон тяготения *успешно* применён к вычислению вращения перигелия Меркурия. Эти вычисления доказали также и абсолютное движение ЦМ Солнца относительно МС.

Закон инерции Галилея-Декарта-Ньютона тоже оказывается **теоремой**, так как закон инерции строго следует из второго закона Ньютона (2):

$$\left(\frac{d}{dt}(m \mathbf{v}) = \mathbf{F} \right) \ \& \ (m = \text{const}) \ \& \ (\mathbf{F} = 0) \quad \Rightarrow \quad \mathbf{v} = \text{const} \tag{6}$$

Это главная причина – почему закон инерции не был включён в состав основных аксиом субстанциальной динамики.

Аксиомы субстанциальной динамики сведены в таблицу:

(1)	$\Phi = -F$	$\frac{d}{dt}(m \mathbf{v}) = \mathbf{F}$	(2)
(3)	$\frac{dm}{dt} = \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{c^2}$	$\Gamma = -G \frac{m_1 m_2}{r^3} \mathbf{r}$	(4)

Аксиому (1) можно переписать и в ином виде:

В классической механике $\Phi = -m \mathbf{a}$, поэтому уравнение (1') считается записью принципа Даламбера [68, с.594] в классической *кинетостатике*.

Поскольку в классической механике силы инерции принято считать фиктивными, принцип Даламбера служит в ней чисто *математическим* приёмом. Но в абсолютной динамике силы Φ и F уравниваются механизмом взаимодействия каждой частицы ускоряемого тела с субстанцией, поэтому данный принцип превращается в **физический закон динамики статики**, легализуя применение сил инертности в задачах на динамическое равновесие сил (новые правила и соответствующая им методика кратко изложены в §11, решение задач – в §13 и §14).

§8. Специфика координатных систем АСД и их классификация. Основные задачи динамики.

Цель изобретения релятивистского термина «система отсчёта» (СО), с материальными координатными осями и всюду расставленными материальными часами [4, с.19 и с.28], во-первых, имитация искривления пространства путём деформации «резиновых» координатных линий и координатных поверхностей, и одновременная невозможность сверхсветовых скоростей вращения материализованных элементов координатных систем (КС) относительно далёких светил (§3), во-вторых – имитация замедления времени в релятивистских координатах. Созданная ранее релятивистская кинематика стала применять СО вместо КС, но как позже обнаружилось, оказалась неоднозначной и не дружила с логикой, породив неустрашимый парадокс часов (§4).

Цель субстанциальной динамики прямо противоположна: логическая *непротиворечивость* и *однозначность* кинематических вычислений. Она обеспечивается классической кинематикой, в которой все элементы КС всегда были и будут *идеальными* геометрическими конструкциями. Определение КС дано в Приложении 1 (см. также ответ на вопрос 8).

Поскольку релятивистские линейки и часы делают расчёты неоднозначными даже в детерминированных процессах (§3, §4), релятивистский термин «системы отсчёта» в абсолютной динамике не применяется.

При использовании классических координатных систем, ЦКС (то есть начало координат) может быть виртуально привязан к полюсу или к концу радиус-вектора, к точке на траектории, к конкретной точке тела, к ЦМ или к любой характерной *точке*, находящейся внутри или вне механической совокупности исследуемых частиц или тел.

В Приложении 1 продемонстрировано *свойство ковариантности* важнейших теорем классической кинематики, определяющих связь пара-

метров движений материальной точки (частицы) в различно движущихся КС. Указанное свойство означает *отсутствие* в классической кинематике особой КС, в которой данные теоремы записывались бы иначе, чем в остальных КС, то есть своего рода равноправие всех без исключения КС.

Но *кинематическое* равноправие всех КС не означает равноправия *динамического*. Последнее опровергается как общедоступными опытами, так и аксиомами абсолютной динамики, указывающими на *особую* роль в ней *абсолютной* скорости \mathbf{v} и *абсолютного* ускорения $d\mathbf{v}/dt$ (§7).

В релятивистской теории все КС делились на инерциальные и неинерциальные. В абсолютной динамике целесообразно делить все КС на абсолютно неподвижные (АКС) и движущиеся (ДКС). Первые неподвижны относительно мировой среды (МС), а вторые перемещаются относительно неё. Новая классификация исходит из логического деления на абсолютное движение и покой, свободное падение и несвободное движение, а также обособление тех КС, в которых уравнения динамики наиболее просты. На диаграмме ниже даны очевидные сокращения названий КС:



АКС необходима как *базовая* КС для доказательства важнейших теорем абсолютной динамики с целью их последующей модификации для

применения в ДКС. Эталоны времени, длины и массы, неподвижные относительно АКС, используются для сопоставления измерений, сделанных в остальных КС.

ДКС разделены на два вида – свободно¹ падающие КС (**СПКС**) и противоположные им – несвободные КС (**НКС**). Те и другие ускоренные. Разбиение движущихся КС *только на ускоренные виды* может показаться *неполным*, так как учебники механики утверждают о существовании инерциальных систем отсчёта, которые движутся якобы равномерно и прямолинейно относительно друг друга [40], [41], [42], [43], [44, с.18], [45], [46].

Утверждение это *ошибочно*: так было бы в Мире без тяготения.² Но *наблюдаемый мир* совсем не похож на фантастический мир Минковского [47], [48]. Наш *гравитирующий мир* есть мир *неоднородных* полей тяготения [49], в его пространстве не найти даже *двух* точек с *абсолютно одинаковыми* векторами ускорений свободного падения. По указанной причине выделение отдельного вида *неускоренных* КС (то есть КС, движущихся равномерно и прямолинейно относительно АКС) внутри общего класса движущихся КС, лишено смысла. Данный вид КС в реальном мире неоднородных полей, *строго* говоря, пустое множество.

Тем не менее, *приближённо* инерциальные КС – не миф, но их следует искать не среди неускоренных КС, а среди тех КС, которые *свободно падают* с ускорениями относительно АКС. Здесь можно выделить такие СПКС, внутри которых закон инерции будет выполняться, хотя и не абсолютно точно, но с *хорошим приближением*. Для этого, свободно падающая, сферическая³ и вакуумированная лаборатория **не** должна вращаться относительно МС (то есть должна двигаться *поступательно* относительно АКС), желательна удалённость лаборатории от космических масс, чтобы ослабить приливные эффекты, и с той же целью, размеры лаборатории должны быть минимальны. В итоге можно добиться, чтобы неизбежные *отклонения от закона инерции в течение ограниченного интервала времени оставались малыми и экспериментально не обнаруживались внутри лаборатории* (см. пример 1 в §10). Такие лаборатории могут быть как реальными, так и виртуальными. В последнем случае их можно мысленно размещать в любом месте наблюдаемого мира. Будем называть их **свободно падающими лабораториями (СПЛ)**, а КС, связанные с СПЛ, – *практически (экспериментально) инерциальными КС (ЭИКС)*.

Термин ЭИКС призван заменить неудачный термин «локально инерциальные системы отсчёта» [43] ОТО, поскольку закон равномерного

¹ Падение называют *свободным*, когда на падающую частицу (или падающее тело) не действуют негравитационные силы: $N = 0$.

² А также в экзотическом Мире, где поле тяготения всюду однородно.

³ Напряжённость собственного поля тяготения в любой точке внутри однородной сферы равна нулю.

и прямолинейного движения абсурдно постулировать для математической точки, не имеющей размеров, вне которой он уже не выполняется.

СПЛ, являясь практически инерциальными, тем не менее, движутся *с ускорениями относительно друг друга по криволинейным траекториям* относительно АКС, – в этом **необычность и новизна реального взгляда на закон инерции**. Реальная СПЛ – это, например, небольшая капсула, свободно падающая без вращения в вакуумированной шахте, ИСЗ на высокой круговой орбите или АМС в пассивном полёте с автоматической системой ориентации по звёздам.

БКС – это свободно падающая КС, виртуально привязанная к *барицентру* (центру тяжести) одного или нескольких тел, находящихся во внешнем (неоднородном) поле тяготения. Отличие БКС от ЭИКС – *заметное* влияние полей тяготения космических тел внутри первой системы. Поля могут быть собственными полями тел, входящих в БКС, или внешними (приливные поля массивных внешних тел).

Полезно разделить БКС на два вида – **ИБКС** и **ОБКС**.

ИБКС – это БКС, центр которой виртуально привязан к *индивидуальному* ЦМ (или барицентру – БЦ) массивного космического тела. Например, *геоцентрическая* КС привязана к ЦМ Земли (земная БКС, или ЗБКС), *гелиоцентрическая* КС привязана к ЦМ Солнца (солнечная БКС, или СБКС), *селеноцентрическая* КС привязана к ЦМ Луны (лунная БКС, или ЛБКС), и т.д. Свободное вращение ИБКС относительно МС не запрещено (оно не требует внешнего воздействия), так как это нередко упрощает решение некоторых задач небесной механики. Например, в ИБКС, привязанной к Земле, методами динамистатики можно рассчитывать одновременное влияние на форму Земли её собственных сил тяготения, центробежных сил инертности (обусловленных суточным вращением), учитывать свойства недр, а также влияние приливных полей тяжести массивных тел – Луны, Солнца и планет.

Координатные системы, не вращаемые относительно МС (или приближённо, относительно далёких *звёзд*), будем помечать символом *звёздочка* (*) слева, например: *ЗБКС, *ДКС, *КС, *ОБКС.

ОБКС – это БКС, ЦКС которой виртуально привязан к *общему* барицентру двух (или более) массивных космических тел. Примеры использования ОБКС: система Земля-Луна, Солнечная система, Галактика, группа гравитационно-связанных галактик и т.д.

В том случае, когда неоднородное *внешнее* поле тяготения внутри БКС практически не обнаружимо, то ЦМ и ЦТ барицентрической системы можно считать совпадающими друг с другом. Пример: Солнечная система, в которой приливные эффекты от полей ближайших звёзд или даже всей Галактики, практически *не удаётся измерить* на фоне полей тяготения Солнца, планет и других массивных объектов, принадлежащих Солнечной системе (§10), хотя и удаётся приближённо *вычислить* косвенными мето-

дами.

НКС – несвободные КС, то есть КС, ускоряемые любыми силами, в дополнение к силам тяготения, так как последние неустранимы в конечном объеме. Следовательно, абсолютное ускорение НКС *не* равно ускорению свободного падения виртуальной ЭИКС в том же месте пространства. На движение НКС влияют силы электромагнитной природы, в частности поверхностные силы: сопротивление *среды*, особенно *контакты с другими телами*, в том числе и искусственными, например, деталями машин, механизмов и прочих тел, называемые *реакциями связей*. Пример НКС – любая КС, привязанная к поверхности планеты, например к поверхности Земли – **топоцентрическая** КС. При этом Земля служит, как ускоряемым телом (её ЦМ ускорен относительно АКС тяготением Солнца, Галактики и т.д.), так и ускоряющим телом, ибо поверхность Земли приводит во вращение относительно АКС все тела на планете, в том числе её гидросферу и атмосферу вместе с плывущими и летящими там объектами.

Выше была рассмотрена классификация КС по характеру их *абсолютного* движения. При решении задач не менее продуктивно деление всех КС и по характеру *относительного* движения тела в *рабочей* КС.



Названному делению КС соответствуют *две основные задачи* абсолютной динамики. Если тело *неподвижно* в некоторой КС, то независимо от абсолютного движения такой КС, она называется *собственной* КС (СКС) тела [68, с.361]. СКС – основа **динамистатики**. В динамистатике, по заданному движению СКС относительно АКС (или относительно ЭИКС), решаются **задачи на динамическое равновесие сил**, то есть вычисляются все силы МГ и силы инертности, действующие на тело, которое покоится в СКС и одновременно взаимодействует с неподвижными и подвижными телами в заданной конфигурации (§11).

Если частица или тело *движется* относительно некоторой КС, то независимо от абсолютного движения такой КС, данную КС будем называть *несобственной* КС (НеСКС). В НеСКС решается задача **кинетики**,¹

¹ В отличие от классической механики, кинетика и динамистатика – два *самостоятельных* раздела АСД (см. Предисловие).

то есть **динамического анализа движения** частицы или тела по заданным силам МГ и начальным условиям движения. В отличие от задач на динамическое равновесие, корректные динамические задачи на анализ движений в любых НеСКС решаются, как правило, без привлечения сил инертности (и сил инерции) и обычно сводятся к кинематике (§11, §13).

Третья основная задача абсолютной динамики – **задача пересчёта параметров движения** из одной КС в другую КС. При этом АКС используется как *образцовая* (базовая) КС с покоящимися в ней виртуальными эталонами длины, времени и массы – с целью последующего использования абсолютных данных, как базовых инвариантов, для сравнения между собой результатов, полученных в других КС.¹ В релятивистской механике нет абсолютной КС, это затрудняет сравнение различных измерений, и нередко делает такое сравнение невозможным [50].

Внимательный читатель может напомнить автору о **неинерциальных** КС – почему они отсутствуют в классификации? Для пояснения полезно обратиться к истории механики.

В начале 20 века была сделана неудачная попытка упразднить реально существующую мировую среду и связанную с нею абсолютную КС, а *фантастические* релятивистские инерциальные системы отсчёта были возведены в образец. Новая механика *возвращает* абсолютную КС на своё образцовое место, а инерциальным КС, то есть ЭИКС, достаётся вспомогательная роль (§10). В большинстве практически важных расчётов механика имеет дело с **неинерциальными** КС (§11).

Поскольку в классической механике *неинерциальность* казалась досадным свойством, заставляющим усложнять теорию, вводя фиктивные силы, в абсолютной динамике *отпугивающий* термин «неинерциальность» вовсе не употребляется. Дело в том, что в §11 изложены *правила и методы решения задач*, применение которых не требует каких-либо проверок КС на инерциальность или неинерциальность. Строгое следование рекомендациям одновременно избавляет решение и от фиктивных сил.

В завершение параграфа автор счёл уместным напомнить об *объективности* окружающего нас мира. Вопреки позитивистской философии,² а также вопреки антропному принципу, *Мир и явления природы существуют не только в наших чувствах и воображении, они существуют действительно и независимо от существования наблюдателей, их теоретических воззрений и затруднений*. Назовём это положение **принципом объек-**

¹ В Приложении 1 дано дополнительное деление КС на *базовые* и *рабочие* КС при их практическом использовании для решения задач абсолютной субстанциальной динамики.

² Её представители в физике: Э. Мах, Н. Бор, В. Гейзенберг, М. Борн, П. Иордан.

тивности.¹ Важное следствие из него – *реальность физических величин*, измеренных как в лаборатории, где находится наблюдатель, так и в других лабораториях, которые могут двигаться относительно первой в то же самое время, либо в отдалённом прошлом, где один и тот же наблюдатель уже не присутствует. Отсюда теоретики и экспериментаторы получают *право* на сравнение экспериментальных данных, полученных в разных лабораториях, а также на *их* интерполяцию и экстраполяцию в пространстве и времени, если исследуется типичный или единый процесс, охватывающий множество лабораторий. Важным средством *обоснования объективности измерений*, произведённых в *разных* КС, служит возможность их *сравнения* путём пересчёта указанных данных к измерениям в АКС. Множество таких примеров приведено в главе 3.

Для прогнозирования результатов наиболее точных экспериментов требуется знание абсолютных скоростей ЦМ Солнца и ЦМ Земли. В §16, по итогам исследования движения Меркурия, автор доказал, что абсолютная скорость ЦМ Солнца больше 19 км/с, а в §21, на основании данных о многолетних измерениях годовых вариаций угловой скорости вращения Земли, уточнён не только модуль искомой скорости, но и её направление в эклиптических и галактических координатах.

¹ О. Френель писал так: «*Природа безразлична к нашим аналитическим затруднениям*».

§9. Важнейшие теоремы и формулы динамики абсолютного движения

В данном параграфе все движения будем рассматривать как происходящее относительно некоторой абсолютной КС (АКС) (§8).

АКС с полем тяготения как источником сил тяготения \mathbf{F} , с учётом негравитационных¹ сил \mathbf{N} и равнодействующей $\mathbf{F} = \mathbf{F} + \mathbf{N}$ всех сил мира гравитирующего (сил МГ), помогает наиболее просто вывести важнейшие *следствия* из аксиом абсолютной динамики, без которых нельзя обойтись и в подвижных КС (ДКС) (§10 и §11).

Дифференцируя *мгновенный импульс* частицы $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ во 2-м законе Ньютона (2), §7, получаем:

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \mathbf{v} \frac{dm}{dt} = \mathbf{F} \quad (1)$$

Физический смысл dm/dt был раскрыт в третьей аксиоме (§7).

Теорема. Мгновенная масса m частицы зависит от её *абсолютной* скорости \mathbf{v} и определяется формулой Лоренца.

Доказательство. После умножения уравнения (1) скалярно на вектор \mathbf{v} и последующей замены получившегося в правой части скалярного произведения $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$, его же выражением из закона индукции масс (3), §7, равным $c^2 dm/dt$, получаем дифференциальное уравнение относительно мгновенной массы как функции $m(\mathbf{v})$ абсолютной скорости \mathbf{v} частицы:

$$m \mathbf{v} \cdot d\mathbf{v} + \mathbf{v} \cdot \mathbf{v} dm = c^2 dm$$

Учитывая, что $\mathbf{v} \cdot \mathbf{v} = v^2$, $\mathbf{v} \cdot d\mathbf{v} = v dv$; деля затем уравнение на $m c^2$, и разделяя переменные m и v , получаем легко интегрируемое уравнение:

$$\frac{dm}{m} = \frac{v dv}{c^2 - v^2} \quad (2)$$

Решаем его, задавая в качестве начального условия **массу абсолютного покоя** $m = m_0$ при $v = 0$. Массу абсолютного покоя в дальнейшем для краткости будем называть просто **массой покоя**. Результат решения уравнения (2) – знаменитая формула Лоренца, определяющая **зависимость мгновенной массы частицы от её абсолютной скорости**:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \gamma m_0 \quad (3)$$

¹ См. краткую классификацию сил в субстанциальной динамике на Ф-4.

где $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ – **Лоренц-фактор**. Теорема доказана.

В абсолютной динамике мгновенная масса зависит только от квадрата *абсолютной* скорости частицы v^2 , поэтому мгновенная масса *абсолютна* и *изотропна*, она не зависит ни от направления движения частицы в АКС, ни от мгновенного ускорения частицы, а уж от «скорости наблюдателя» – тем более. Принцип объективности (§8) запрещает частицам в ОВЧ (§6) подчиняться специфике измерений *каждого* из огромного множества различно и одновременно движущихся наблюдателей, возникая или исчезая по их прихоти. Масса ОВЧ так же реальна, как и масса абсолютного покоя, обе они инвариантны к преобразованиям координат. Поэтому, термин «виртуальность» применительно к частицам ОВЧ, как *артефакт* принципа относительности, оказался не вполне удачным. Исправляя эту неточность, назовём разность между мгновенной массой m и массой покоя m_0 **кинетической массой** m_k (от греч. *kinema* – движение):

$$m_k = m - m_0 = (\gamma - 1) m_0 \quad (4)$$

При *абсолютном* движении частицы её кинетическая масса не равна нулю и тоже *инвариантна* к преобразованиям координат.

С учётом формулы (3) получаем формулу для вычисления *мгновенного импульса* частицы:

$$\mathbf{p} = \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (5)$$

из которой можно выразить мгновенную скорость \mathbf{v} , предварительно найдя v^2 из формулы (5) возведением в квадрат левой и правой части этой формулы, а затем, заменив v^2 в формуле (5) найденным выражением. В итоге получаем:

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{p} c}{\sqrt{m_0^2 c^2 + \mathbf{p}^2}} \quad (6)$$

В отличие от формулы (5), формула (6) оказывается работающей и при *нулевой* массе покоя $m_0 = 0$, при которой $\mathbf{v} = \mathbf{c}$.

Теорема о существовании предела абсолютной скорости поступательных движений частиц. Докажем, что никакая постоянная сила $\mathbf{F} = \text{const}$, как бы велика она ни была, не в состоянии разогнать частицу с ненулевой массой покоя $m_0 > 0$ до планковской скорости \mathbf{c} относительно АКС.

Доказательство. Запишем 2-й закон Ньютона (2) из §7 в форме:

$$d\mathbf{p} = \mathbf{F} dt \quad (7)$$

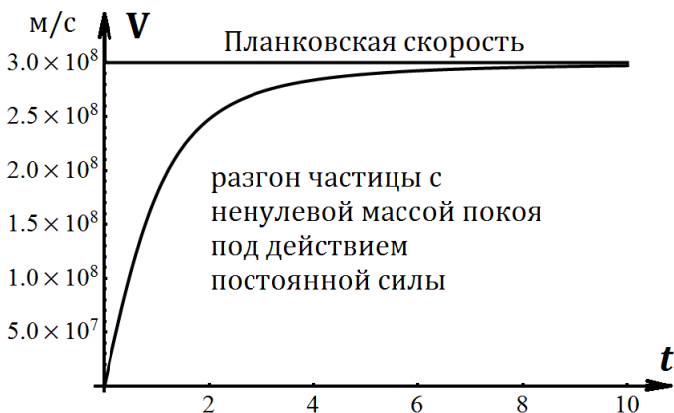
Интегрируя уравнение (7) при условиях $\mathbf{F} = \text{const}$ & $\mathbf{p}(0) = 0$, получаем:

$$\mathbf{p} = F t \quad (8)$$

что означает прямо пропорциональное увеличение импульса частицы с течением времени. Подставляя выражение правой части (8) в формулу (6) вместо \mathbf{p} , находим зависимость $\mathbf{v}(t)$:

$$\mathbf{v}(t) = \frac{c F t}{\sqrt{m_0^2 c^2 + (F t)^2}} \quad (9)$$

Характер зависимости $\mathbf{v}(t)$ виден на графике. Вычисляя предел, убеждаемся, что при $F > 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbf{v}(t) = c$. Этот предел не достижим¹ за конечное время. *Теорема доказана.*



Очевидно, что доказанная теорема остаётся верной и для любой *переменной* разгоняющей силы, если максимум модуля силы конечен. Данная теорема раскрывает причину – почему не бывает «сверхсветовых» движений каких-либо материальных объектов относительно среднестатистического пространственного распределения звёзд, галактик и квазаров.

Однако доказанная теорема не может отвечать за скорости собственных вращений элементарных частиц, если те имеют ненулевые размеры, так как строение и внутренняя динамика элементарных частиц вне области компетенции субстанциональной динамики.

Как и формула (6), формула (9) тоже подтверждает, что любые частицы с нулевой массой покоя всегда летят относительно АКС с планковской скоростью c . Вектор c подчиняется классической теореме сложения скоростей. Физический смысл нулевой массы покоя в том, что имеющие такой признак частицы, например фотоны или гипотетические гравитоны,

¹ Недостижимость скорости c была впервые доказана в 1881 году английским физиком Дж. Дж. Томсоном для движения заряженной сферы, но, разумеется, иным способом – исходя из электродинамики Максвелла [150, с.646].

не существуют в покое, но только в движении с абсолютной скоростью **c**. Снижение скорости электромагнитных волн в прозрачных *веществах* легко объясняется статистической задержкой, возникающей из-за поглощения и последующего испускания фотонов атомами таких сред (П2, п.3).

Приведём закон индукции масс (3) из §7 к *кинематическому* виду. Для этого из формулы (1), с учётом закона индукции масс, сначала получим зависимость абсолютного ускорения частицы **a** = **dv/dt** от её мгновенной массы, силы МГ и абсолютной скорости.¹

$$\mathbf{a} = \frac{1}{m} \left(\mathbf{F} - \mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{c^2} \right) \tag{10}$$

Чтобы из формулы (10) выразить силу **F**, сначала выразим из неё скалярное произведение **F** · **v** через величины, не содержащие **F**. Для этого можно скалярно умножить уравнение (10) на вектор *m***v**, затем в полученном равенстве выразить **F** · **v** и подставить замещающее выражение снова в формулу (10) вместо **F** · **v**. В итоге получим **F**:

$$\mathbf{F} = m \left(\mathbf{a} + \mathbf{v} \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{v}}{c^2 - v^2} \right) \tag{11}$$

Теперь подставим правую часть формулы (11) вместо **F** в формулу (3), §7, одновременно заменив массу *m* по формуле (3), §9. После преобразований получаем окончательно закон индукции масс в *кинематическом* виде:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{m_0 \mathbf{a} \cdot \mathbf{v}}{c^2 (1 - v^2/c^2)^{3/2}} = \frac{m_0}{c^2} \gamma^3 \mathbf{a} \cdot \mathbf{v} \tag{12}$$

Из (12) следует, что *dm/dt* ≠ 0 только при одновременном соблюдении двух независимых условий: (*m*₀ ≠ 0) & (**a** · **v** ≠ 0). Неравенство *m*₀ ≠ 0 означает, что индукция масс невозможна для частиц с нулевой массой покоя, поскольку такие частицы **не** окружены ОВЧ. Второе условие подразумевает, что векторы **a** и **v** не равны нулю и не ортогональны. В случае **a** ⊥ **v** будет равномерное движение частицы без изменения её массы, определяемой формулой (3), причём независимо от формы траектории.

Сравним формулу (1) с формулами (10) и (11), записав их в однообразном стиле с ускорением в левой части, и поместим их для наглядности в таблицу:

$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} - \mathbf{v} \frac{dm/dt}{m}$	$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} - \mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{m c^2}$	$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} - \mathbf{v} \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{v}}{c^2 - v^2}$
--	--	--

¹ Все величины в формуле (10) (за исключением кванта ВГСМ *c*²) зависят ещё и от времени. Для укорочения записей наши формулы могут содержать и взаимно зависимые функции, например, **v**(*t*), **a**(**v**(*t*)), *m*(**v**(*t*)), γ(**v**(*t*)) и т. д., но без указанных скобок.

Очевидно, что вторые слагаемые в правой части каждой формулы выражают одну и ту же физическую величину с размерностью ускорения, которую назовём **индуктивным ускорением**:

$$\mathbf{a}_i = -\mathbf{v} \frac{dm/dt}{m} = -\mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{m c^2} = -\mathbf{v} \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{v}}{c^2 - v^2} = -\mathbf{v} \gamma^2 \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{v}}{c^2} \quad (13)$$

Чтобы разобраться с физическим смыслом \mathbf{a}_i , сравним его с компонентами абсолютного ускорения \mathbf{a} : касательным \mathbf{a}_τ и нормальным \mathbf{a}_n :

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_\tau + \mathbf{a}_n \quad (14)$$

Подставляя правую часть формулы (14) в формулу (13) вместо ускорения \mathbf{a} , с учётом тождества $\mathbf{v} (\mathbf{a} \cdot \mathbf{v}) \equiv v^2 \mathbf{a}_\tau$, получаем:

$$\mathbf{a}_i = -\gamma^2 \frac{v^2}{c^2} \mathbf{a}_\tau = -(\gamma^2 - 1) \mathbf{a}_\tau \quad (15)$$

Следовательно, с точки зрения кинематики, индуктивное ускорение \mathbf{a}_i обусловлено исключительно касательной составляющей \mathbf{a}_τ абсолютно-го ускорения \mathbf{a} и Лоренц-фактором γ , то есть, не зависит от кривизны траектории.

Физический смысл индуктивного ускорения заключается в *замедлении процесса разгона* частицы (по сравнению с классическим ускорением) из-за *приращения* инертной массы ОБЧ (§6) и одновременного включения в нарастающей кинетической массе гравитационных свойств (явление ВГСМ). На это требуется дополнительная энергия, доставляемая работой равнодействующей \mathbf{F} сил МГ. Согласно (13), индуктивное ускорение пропорционально мгновенной скорости частицы и быстроте относительного прироста массы $(dm/dt)/m$, что эквивалентно мощности $\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$ разгоняющей силы, отнесённой к энергии mc^2 ГК-перехода.

Согласно формулам (15), индуктивное ускорение всегда противоположно касательной компоненте абсолютного ускорения частицы, поэтому оно замедляет также и процесс её *торможения*. Казалось бы, при торможении часть кинетической массы dm возвращается мировой среде, и соответствующая массе dm энергия $c^2 dm$ ГК-перехода должна *выделяться*. Указанная энергия действительно выделяется, но она гасится отрицательной работой силы МГ, расходуясь на торможение частицы, аналогично тому, как на разгон частицы расходуется положительная работа силы МГ.

Индуктивное ускорение обусловлено взаимодействием ускоряемой частицы с мировой средой (МС). Индуктивное ускорение исчезает, когда $\mathbf{a} \cdot \mathbf{v} = 0$, то есть в абсолютном покое, либо при *равномерном* движении относительно АКС по *любой* траектории ($v = \text{const} \Rightarrow \mathbf{a}_\tau = 0$). В последнем случае $\mathbf{a} \perp \mathbf{v}$.

После введения индуктивного ускорения три табличные формулы, рассмотренные выше, сводятся к единственному уравнению, которое на-

зовём **основной теоремой** субстанциальной динамики:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} + \mathbf{a}_i \quad (16)$$

Причина такого названия в востребованности данной теоремы в решении основных задач новой теории (§11). По *сходству* с динамикой Ньютона, отношение \mathbf{F}/m можно назвать **ньютоновым ускорением** \mathbf{a}_F :

$$\mathbf{a}_F = \frac{\mathbf{F}}{m} = \mathbf{a} - \mathbf{a}_i \quad \Rightarrow \quad \mathbf{a} = \mathbf{a}_F + \mathbf{a}_i \quad (17)$$

Таким образом, основная теорема субстанциальной динамики (основная теорема АСД) утверждает: **абсолютное ускорение частицы равно векторной сумме ньютонова и индуктивного ускорения.**

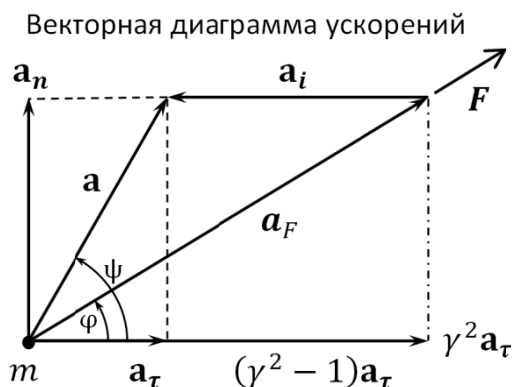
Согласно теореме (17), ньютоново ускорение \mathbf{a}_F есть классическое слагаемое абсолютного ускорения, так как оно направлено точно по векторной сумме \mathbf{F} всех сил МГ. Абсолютное ускорение \mathbf{a} таким свойством не обладает, если индуктивное ускорение $\mathbf{a}_i \nparallel \mathbf{F}$. *Рассчитаем* связь направлений векторов \mathbf{F} и \mathbf{a} . Для этого, подставив выражения \mathbf{a} и \mathbf{a}_i из формул (14) и (15) в теорему (16), получим выражение силы \mathbf{F} через составляющие \mathbf{a}_τ и \mathbf{a}_n абсолютного ускорения \mathbf{a} :

$$\mathbf{F} = m (\mathbf{a}_n + \gamma^2 \mathbf{a}_\tau) = m \mathbf{a}_F \quad \Rightarrow \quad \mathbf{a}_F = \mathbf{a}_n + \gamma^2 \mathbf{a}_\tau \quad (18)$$

Формулы (18) отличаются от формул классической механики множителем $\gamma^2 \geq 1$.

На векторной диаграмме показана геометрическая связь всех рассмотренных выше ускорений (см. также Ф-4). Из двух прямоугольных треугольников получаем зависимость между искомыми углами φ и ψ :

$$\operatorname{tg} \psi = \gamma^2 \operatorname{tg} \varphi \quad (19)$$



Когда $\mathbf{a}_n \neq 0$ & $\mathbf{a}_\tau \neq 0$, индуктивное ускорение – причина *несовпадения* направлений равнодействующей \mathbf{F} всех сил МГ и абсолютного ускорения: $\psi \neq \varphi$. Несовпадение направлений незначительно, если $v \ll c$. Но при $v \rightarrow c \Rightarrow \gamma^2 \rightarrow \infty$, и индуктивное ускорение \mathbf{a}_i (15) может стать вполне весомым, многократно превышая величину касательной составляющей

\mathbf{a}_τ абсолютного ускорения \mathbf{a} . А это, согласно формулам (15) и (16), влечёт многократное уменьшение абсолютного ускорения при больших скоростях, либо необходимость многократного увеличения разгоняющей силы (18) для сохранения прежнего абсолютного ускорения.

Разложив равнодействующую \mathbf{F} всех сил на касательную и нормальную составляющие

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_\tau + \mathbf{F}_n \quad (20)$$

и учитывая, что $\operatorname{tg} \varphi = \mathbf{F}_n / \mathbf{F}_\tau$, $\operatorname{tg} \psi = \mathbf{a}_n / \mathbf{a}_\tau$, подставим их в формулу (19):

$$\frac{a_n}{a_\tau} = \gamma^2 \frac{F_n}{F_\tau} = \gamma^2 \operatorname{tg} \varphi \quad (21)$$

Связь a_n и a_τ отличается от классической формулы тем же множителем γ^2 .

Уравнение (21) описывает нетривиальный **поперечный эффект** АСД, невозможный в классической динамике. При $\gamma \gg 1$ эффект должен возникать, например, в ускорителях заряженных частиц. Даже малейшие поперечные колебания вектора ускоряющей силы \mathbf{F} по углу φ относительно вектора абсолютной скорости \mathbf{v} должны вызывать в γ^2 раз бóльшие *отклонения* вектора ускорения \mathbf{a} относительно вектора $\mathbf{a}_\tau \parallel \mathbf{v}$. Практически это ведёт к *трансформации* продольного ускорения \mathbf{a}_τ в поперечное ускорение \mathbf{a}_n , то есть, к *многократному усилению поперечных смещений ускоряемых частиц по мере приближения $\mathbf{v} \rightarrow \mathbf{c}$* . Поперечный эффект усложняет техническую задачу ускорения и фокусировки пучка частиц, так как *отклоняет* ускоряемые частицы от *опорной* траектории ускорения.

Теорема об аддитивности ускорений, возникающих от одновременного действия на частицу разных сил гравитирующего мира.

Доказательство. Пусть на частицу массы m , движущейся с мгновенной скоростью \mathbf{v} , *поочерёдно* действуют две разные силы \mathbf{F}_1 и \mathbf{F}_2 , каждая из которых инициирует по формуле (10) своё ускорение \mathbf{a}_1 и \mathbf{a}_2 :

$$\mathbf{a}_1 = \frac{1}{m} \left(\mathbf{F}_1 - \mathbf{v} \frac{\mathbf{F}_1 \cdot \mathbf{v}}{c^2} \right) \quad ; \quad \mathbf{a}_2 = \frac{1}{m} \left(\mathbf{F}_2 - \mathbf{v} \frac{\mathbf{F}_2 \cdot \mathbf{v}}{c^2} \right)$$

Здесь каждое из ускорений \mathbf{a}_1 и \mathbf{a}_2 включает в себя и индуктивное ускорение (13). После суммирования уравнений по правилам векторной алгебры получаем результат совместного действия на частицу двух сил:

$$\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 = \frac{1}{m} \left[(\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2) - \mathbf{v} \frac{(\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2) \cdot \mathbf{v}}{c^2} \right] \quad (22)$$

Если *аксиома векторного сложения сил* верна, то равнодействующая $\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ заменяет одновременное действие двух сил \mathbf{F}_1 и \mathbf{F}_2 :

$$\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 = \frac{1}{m} \left(\mathbf{F} - \mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{c^2} \right) \quad (23)$$

Правые части формул (10) и (23) совпадают, следовательно, равны и их левые части: $\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 = \mathbf{a}$. **Теорема доказана** для двух сил, но очевидно, что количество суммируемых сил не лимитировано.

Данная теорема подтверждает *линейную* зависимость абсолютных ускорений от взаимно независимых сил МГ, действующих на частицу при заданной мгновенной скорости. Вдобавок, она освобождает нас от обязанности везде писать $\sum \mathbf{F}$ вместо одной равнодействующей силы \mathbf{F} .

Основную теорему (16) можно записать и в ином виде, если в формуле (10) воспользоваться тождеством $\mathbf{v} (\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}) \equiv v^2 \mathbf{F}_\tau$, а силу \mathbf{F} разложить по формуле (20). Тогда, с учётом формулы для Лоренц-фактора γ получаем:

$$\mathbf{a} = \frac{1}{m} \left(\mathbf{F}_n + \frac{\mathbf{F}_\tau}{\gamma^2} \right) \quad (24)$$

Уравнение (24) подтверждает поперечный эффект тем, что касательная составляющая \mathbf{F}_τ полной силы \mathbf{F} влияет на абсолютное ускорение слабее в γ^2 раз, чем её нормальная (поперечная) составляющая \mathbf{F}_n .

Доказываемые в теоретической механике **теоремы** о сохранении и изменении количества движения, кинетического момента, о кинетической энергии [68], аналогичными способами доказываются и из аксиом абсолютной динамики. Но хотелось бы обратить внимание на важные *отличия*.

Во-первых, теоремы абсолютной динамики, выведенные в данном параграфе, содержат не относительные, а *абсолютные* перемещения, скорости, ускорения и другие механические величины, их содержащие. Любые попытки *простой подмены* абсолютных величин на относительные величины неправомерны (в этом легко убедиться на простых примерах), ведь *принцип равноправия АКС и ДКС в абсолютной динамике не работает* по причине физического существования мировой среды и её влияния на процессы. Применение абсолютной динамики в ДКС подробно рассматривается во всех последующих параграфах книги.

Во-вторых, индуктивное ускорение и зависимость массы от абсолютной скорости приводят не только к непараллельности равнодействующей сил МГ и абсолютного ускорения, но и к зависимости момента инерции любого вращаемого тела, как от угловой скорости, так и от его поступательной скорости, и даже от угла между двумя последними векторами. Точная теория прецессии гироскопа в движущихся КС должна учитывать это, а также влияние других субстанциальных эффектов.

В качестве примера, воспользовавшись третьей аксиомой субстан-

циальной динамики, выведем формулы для **кинетической энергии** частицы и раскроем физический смысл этой энергии.

$$\frac{dm}{dt} = \frac{1}{c^2} \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = c^2 dm \quad (25)$$

По аналогии с классической динамикой *определим* элементарную *работу* силы $\mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$ над ускоряемой частицей, как элементарное приращение кинетической энергии частицы: $dE_k = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$. Тогда, с учётом (25), выводим **закон связи массы и кинетической энергии** в АКС:

$$dE_k = c^2 dm \quad (26)$$

где зависимость $m(v)$ определяется формулой Лоренца (3). Проинтегрируем дифференциальное уравнение (26):

$$E_k + E_0 = m c^2 \quad (27)$$

где E_0 – постоянная интегрирования. Задавая очевидное начальное условие $E_k = 0$, при $v = 0$, то есть при $m = m_0$, из (27) получаем:

$$E_0 = m_0 c^2 \quad (28)$$

Подстановка формулы (28) в (27), с учётом формулы (3) $m = \gamma m_0$, и формулы (4) для m_k , приводит к простым формулам для расчёта кинетической энергии:

$$E_k = m c^2 - m_0 c^2 = m_k c^2 = (\gamma - 1) m_0 c^2 = (\gamma - 1) E_0 \quad (29)$$

Из формулы $E_k = m_k c^2$ следует *новый* физический смысл кинетической энергии: **кинетическая энергия есть энергия ГК-перехода кинетической массы** (§6).

При $v \ll c \Rightarrow (\gamma - 1) \rightarrow v^2/(2c^2) \Rightarrow E_k \rightarrow m_0 v^2/2$. Следовательно, при $v \ll c$ кинетическая энергия приближённо выражается классической формулой и удовлетворяет принципу соответствия классической механике.

Величину $m_0 c^2$ (28) естественно назвать **энергией абсолютного покоя** или просто энергией покоя, а сумму энергии покоя и кинетической энергии $E = E_0 + E_k$, равную $m c^2$,

$$E = m c^2 = \gamma E_0 \quad (30)$$

– **полной энергией** одиночной¹ частицы.

¹ Частица, принадлежащая к группе частиц, взаимодействующих на расстоянии, может обладать дополнительной энергией – энергией взаимодействия, а также потенциальной энергией в поле тяготения массивного тела.

Подставив из формулы (30) выражение массы $m = E/c^2$ в формулу $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$, получаем *связь импульса с полной энергией одиночной частицы*:

$$\mathbf{p} = \mathbf{v} \frac{E}{c^2} \quad (31)$$

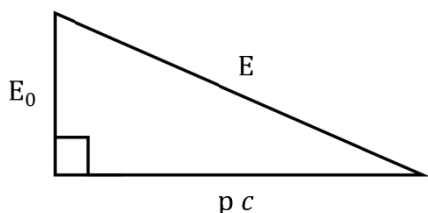
В частном случае, если частица имеет нулевую массу (энергию) покоя, формула (6) даёт $\mathbf{v} = \mathbf{c}$, тогда из (31) получаем *импульс частицы с нулевой массой покоя*:

$$\mathbf{p} = \mathbf{c} \frac{E}{c^2} \quad (31')$$

В отличие от ТО, в субстанциальной динамике \mathbf{c} – вектор.

Если после возведения в квадрат левой и правой частей равенства (31) выразить v^2 , подставив полученное выражение в формулу (30) в $\gamma(v)$ вместо v^2 , то с учётом формулы (28) нетрудно вывести *уравнение связи полной энергии одиночной частицы с её энергией покоя и импульсом*:

$$E^2 = E_0^2 + p^2 c^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4} \quad (32)$$



Уравнение (32) допускает геометрическое отображение в виде теоремы Пифагора. Оно верно также и для частиц с нулевой массой покоя, ибо у них $m_0 = 0$ & $E_0 = 0$, тогда $E = p c$, что подтверждает и формула (31').

В релятивистской теории применяется точно такое же по внешнему виду уравнение, но новое уравнение (32) принципиально отличается от него по двум причинам: 1) импульс \mathbf{p} определён формулой (31) не через относительную, а через *абсолютную* скорость \mathbf{v} , 2) масса m_0 есть масса *абсолютного* покоя. Следовательно, уравнение (32) верно только в АКС. Методика преобразования формул абсолютной динамики в подвижные КС рассмотрена в §11 и в §15.

После деления равенства (32) на c^4 , с учётом равенства (30), получаем зависимость мгновенной массы частицы от её импульса:

$$m = \sqrt{m_0^2 + p^2/c^2} \quad (33)$$

Отсюда, с учётом (3), выводим аналогичную зависимость и для Лоренц-фактора:

$$\gamma = \frac{m}{m_0} = \sqrt{1 + p^2/(m_0 c)^2} \quad (34)$$

Из (34) следует, что для частиц с нулевой массой покоя $\gamma = \infty$.

Необходимо предостеречь: компетенция любых уравнений динамики, содержащих касательное ускорение, не распространяется на частицы с нулевой массой покоя, так как для них $v \equiv c$. Зато формула (33) при $m_0 = 0$, после подстановки туда выражения импульса из формулы (31'), даёт массу *такой* частицы в *движении*:

$$m = E/c^2 \quad (35)$$

откуда снова получается формула (30) $E = m c^2$, следовательно, она верна также и для частиц с нулевой массой покоя. Формально, следуя формуле (4), масса таких частиц в движении целиком кинетическая. Но такая масса не имеет отношения к ОВЧ (§6), так как частица, у которой $m_0 = 0$, всегда «голая». Эти обстоятельства упрощают применение закона сохранения механической энергии к таким частицам в полях тяготения.

В качестве примера исследуем гравитационное смещение частоты по результатам рекордных по точности экспериментов Р. Паунда с гамма-фотонами. В этих экспериментах впервые удалось измерить изменение частоты фотона, обусловленное разностью гравитационных потенциалов в поле тяготения Земли. Излучатель фотона и его приёмник были разнесены по вертикали на 20 метров [51], [52].

Запишем закон сохранения энергии, приравняв сумму потенциальной и кинетической энергии фотона $\phi m + E$ в двух точках поля тяготения с различными потенциалами ϕ_1 и ϕ_2 , учитывая зависимость энергии фотона от его частоты по *формуле Планка* $E = h f$:

$$\phi_1 m_1 + h f_1 = \phi_2 m_2 + h f_2 \quad (36)$$

где m_1 и m_2 – масса фотона в указанных точках, f_1 и f_2 – частота фотона, которая *изменяется* в процессе движения фотона в поле тяготения из точки 1 в точку 2; h – постоянная Планка.

Подставим в уравнение (36) вместо каждой массы её выражение, определяемое формулой (35), где предварительно заменим энергии фотона E_1 и E_2 произведениями $h f_1$ и $h f_2$. Из полученного уравнения легко выведутся формулы для вычисления спектрального смещения частоты $\Delta f = f_2 - f_1$ и для отношения частот f_2/f_1 :

$$\Delta f = f_1 \frac{\phi_1 - \phi_2}{c^2 + \phi_2} = f_2 \frac{\phi_1 - \phi_2}{c^2 + \phi_1} \quad (37)$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{1 + \phi_1/c^2}{1 + \phi_2/c^2} \quad (38)$$

Формулы (37) и (38) отличаются от формул ОТО [53] только слагаемыми более высоких порядков, в сравнении с весьма малыми отношениями

ми ϕ_1/c^2 и ϕ_2/c^2 , поэтому экспериментально *неразличимы*. Толкование данного эффекта как «замедление *времени* в полях тяготения» [54], или правильное, замедление *процессов* в полях тяготения – гипотеза, имеющая основания (для этого в (37) и (38) нужно поменять местами f_1 и f_2). На вопрос о том, которая из этих интерпретаций истинна, могут ответить только специально поставленные более точные эксперименты (см. §20, п.5).

В литературе нередко можно прочесть о «превращении массы в энергию». Формула (35) опровергает такую *интерпретацию* процесса аннигиляции частицы и античастицы, а также интерпретацию обратного ему процесса, как превращение энергии в массу. Субстанциальная динамика уточняет **закон Ломоносова** [195] о сохранении массы: *инертная¹ масса при любых превращениях частиц не исчезает и не рождается из ничего*.

Задача на столкновение частиц подтверждает этот закон. Во встречных пучках в результате лобового неупругого столкновения двух частиц с Лоренц-факторами γ_1 и γ_2 и массами покоя m_1 и m_2 вместо исходных частиц рождается одна новая частица. Какова её масса покоя m_3 и абсолютная скорость \mathbf{v}_3 ?

Решение. Обозначим мгновенные массы частиц $M_1 = \gamma_1 m_1$, $M_2 = \gamma_2 m_2$ и $M_3 = \gamma_3 m_3$. Воспользуемся законами сохранения полной энергии и импульса с учётом формул (28), (30), (3), (4):

$$\begin{aligned} E_1 + E_2 = E_3 \quad \Rightarrow \quad M_1 c^2 + M_2 c^2 = M_3 c^2 \quad \Rightarrow \\ M_3 = M_1 + M_2 \end{aligned} \quad (39)$$

Формула (39) подтверждает закон сохранения суммарной массы и аддитивность массы. Он избавляет нас от необходимости вводить различные массы – «продольную», «поперечную», «тензорную», как это делали когда-то Лоренц [55], Абрагам [56] и их последователи [152].

$$\begin{aligned} \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_3 \quad \Rightarrow \quad M_1 \mathbf{v}_1 + M_2 \mathbf{v}_2 = M_3 \mathbf{v}_3 \quad \Rightarrow \\ \mathbf{v}_3 = (M_1 \mathbf{v}_1 + M_2 \mathbf{v}_2) / M_3 \end{aligned} \quad (40)$$

Формулы (40) по форме не отличаются от классических, но зависимость масс от скорости требует дополнительного расчёта. Решая уравнения (39) и (40), с учётом формулы (3): $M_1 = \gamma_1 m_1$, $M_2 = \gamma_2 m_2$, $M_3 = \gamma_3 m_3$ и $\mathbf{v}_1 \uparrow \downarrow \mathbf{v}_2$, получаем окончательно:

$$v_3 = c \frac{m_1 \sqrt{\gamma_1^2 - 1} - m_2 \sqrt{\gamma_2^2 - 1}}{\gamma_1 m_1 + \gamma_2 m_2}; \quad m_3 = \frac{\gamma_1 m_1 + \gamma_2 m_2}{\gamma_3} \quad (41)$$

где $\gamma_1 = 1/\sqrt{1 - v_1^2/c^2}$; $\gamma_2 = 1/\sqrt{1 - v_2^2/c^2}$; $\gamma_3 = 1/\sqrt{1 - v_3^2/c^2}$.

¹ Гравитационная масса ведёт себя иначе (§6).

В отличие от абсолютной динамики, в теории относительности масса оказалась настолько *противоречивой*, что сторонники ТО *пожертвовали* важнейшим свойством массы – *аддитивностью*, то есть свойством сохранения суммы масс в процессах с множеством частиц. Для релятивистских формул была оставлена только масса *относительного* покоя, названная просто «массой» [57], [55].

В заключение параграфа продемонстрируем, что не только формула (3) зависимости массы от абсолютной скорости (М-эффект), но и другие эффекты FLL, являющиеся, по сути, *эффектами* АСД, оказываются в субстанциональной динамике *следствиями* её *аксиом*, а не гипотезами *ad hoc*.

Чтобы обнаружить **замедление процессов** (Т-эффект), подставим $d\mathbf{v}/dt$ вместо ускорения \mathbf{a} в основную теорему АСД в форме (24), а массу m раскроем по формуле (3). Из полученного уравнения найдём приращение времени:

$$dt = \frac{\gamma m_0 d\mathbf{v}}{\mathbf{F}_n + \mathbf{F}_\tau/\gamma^2} \quad (42)$$

Исследуем два частных случая: 1) прямолинейное движение частицы под действием касательной силы $\mathbf{F}_\tau = \text{const}$ и 2) равномерное движение частицы по окружности под действием нормальной силы $\mathbf{F}_n = \text{const}$.

В 1) случае формула (42) с учётом раскрытия зависимости $\gamma(v)$ даёт дифференциальное уравнение для функции $t(v)$:

$$dt = \frac{m_0 dv}{F_\tau (1 - v^2/c^2)^{3/2}} \quad (43)$$

Его решение для начального условия $t(0) = 0$, есть длительность t разгона частицы от состояния абсолютного покоя до скорости \mathbf{v} :

$$t = \frac{m_0 v}{F_\tau \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \gamma t_0 \quad (44)$$

где $t_0 = m_0 v/F_\tau$ – классическая длительность, которая *не учитывает* зависимость массы от абсолютной скорости. По формуле (44) процесс разгона продолжается в γ раз дольше, чем в классическом случае. Замедление процесса очевидно, а причина замедления – увеличение мгновенной массы и инертности с ростом скорости.

Случай 2) ещё проще, уравнение (42), с учётом зависимости $\gamma(v)$, сразу даёт готовую формулу зависимости $dt(dt_0)$:

$$dt = \frac{m_0 dv}{F_n \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{dt_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (45)$$

где $dt_0 = m_0 dv/F_n$ – классическая зависимость, *не учитывающая* зави-

симость массы от скорости.¹ Интегрирование дифференциального уравнения (45) по переменным t и t_0 за один период обращения при условии $v = \text{const}$ даёт в γ раз больший период T обращения, в γ раз меньшую угловую скорость $\omega = 2\pi/T$ и частоту $f = 1/T$ в случае зависимости массы от скорости, по сравнению с классическим вариантом:

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad ; \quad \omega = \omega_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad ; \quad f = f_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (46)$$

Из формул (46) и (24) следует, что при сохранении v и F_n , круговое движение массы γm_0 даёт в γ раз меньшее центростремительное ускорение $a_n = F/m = v^2/R$ и в γ раз больший радиус R окружности, в сравнении с массой m_0 , не зависящей от скорости. Совокупность указанных причин снова даёт то же самое замедление процессов.

В обоих случаях обсуждаемый эффект не зависит от природы сил, которые вызывают ускорения. Таким образом, **в абсолютной динамике эффект замедления процессов оказывается динамическим следствием зависимости масс частиц от абсолютной скорости**, а потому объяснение замедления процессов не нуждается в измышлении гипотез.

Рост инертности механических систем с увеличением их инертных масс тоже очевиден. Продемонстрируем сказанное на простом *примере*. Пусть абсолютно твёрдое тонкое кольцо радиуса R свободно вращается с угловой скоростью Ω вокруг оси симметрии, перпендикулярной плоскости кольца, а центр кольца покоится в АКС. Затем, абсолютно упругим ударом параллельно оси симметрии, кольцу сообщается поступательное движение со скоростью $\mathbf{v} \uparrow \Omega$. Из-за увеличения абсолютной скорости частиц кольца его масса увеличится от величины m до M . По *теореме о сохранении кинетического момента*, увеличение массы кольца должно сопровождаться уменьшением его угловой скорости от значения Ω до значения ω :

$$m \mathbf{R} \times (\Omega \times \mathbf{R}) = M \mathbf{R} \times (\omega \times \mathbf{R}) \quad (47)$$

Обозначим линейные скорости частиц кольца $\Omega \times \mathbf{R} = \mathbf{u}_0$ и $\omega \times \mathbf{R} = \mathbf{u}$.

Тогда решение уравнения (47), с учётом зависимостей $m = m_0/\sqrt{1 - u_0^2/c^2}$ и $M = m_0/\sqrt{1 - (\mathbf{u} + \mathbf{v})^2/c^2}$, из-за увеличения массы, даёт уменьшение линейной скорости кольца при прямолинейном движении его центра с абсолютной скоростью \mathbf{v} :

$$u = u_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (48)$$

и соответствующее этому решению уменьшение угловой скорости:

$$\omega = \Omega \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (49)$$

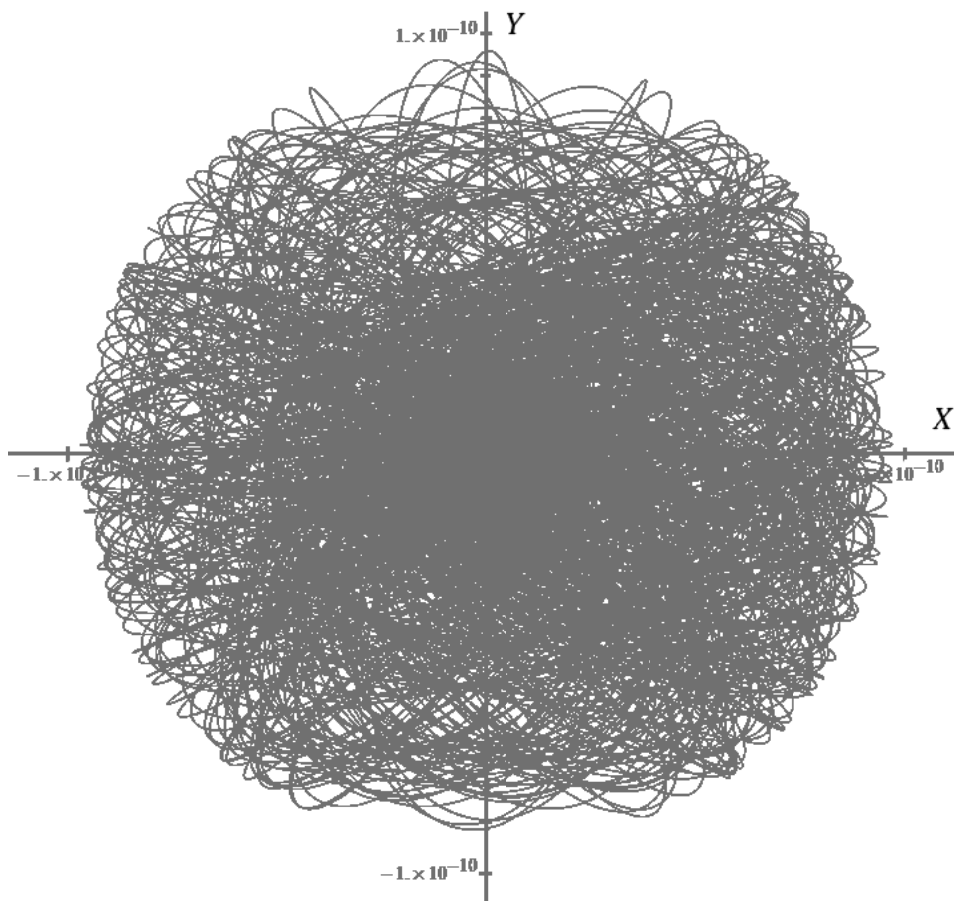
¹ Отношение коллинеарных векторов равно отношению их проекций на некоторую ось.

а значит и увеличение периода вращения $T = 2\pi/\omega$, по сравнению с исходным периодом $T_0 = 2\pi/\Omega$, аналогично формулам (46).

Не является гипотезой *ad hoc* и **субстанциальная контракция тел** (К-эффект). Для объяснения контракции вернёмся к поперечному эффекту АСД, определяемому формулой (21):

$$\frac{a_n}{a_\tau} = \gamma^2 \frac{F_n}{F_\tau} = \gamma^2 \operatorname{tg} \varphi$$

Нет никаких сомнений, что поперечный эффект должен проявлять себя *не только* при $\mathbf{v} \rightarrow \mathbf{c}$, когда $\gamma \gg 1$, но и в случае малых абсолютных скоростей \mathbf{v} , когда $\gamma \rightarrow 1$, хотя конечно слабее. Если атом движется относительно АКС, то согласно формуле (21), движения электронов с ускорениями внутри атома, *поперёк* вектора \mathbf{v} абсолютной скорости его ЦМ, оказываются *более вероятными*, чем *вдоль* этого вектора. Как следствие, данное явление должно приводить к *осесимметричной деформации* элек-



тронных оболочек атомов тела. Размер шароподобного тела будет сокращаться вдоль направления его абсолютного движения.

С целью иллюстрации действия поперечного эффекта на движение атома, выше изображён график траектории *классического* электрона в итоге более 400 оборотов вокруг кулоновского центра – протона, который, в свою очередь, движется относительно АКС с постоянной переносной скоростью v_e , равной половине планковской скорости: $v_e = c/2$ (переносный Лоренц-фактор $\gamma_e = 1/\sqrt{1 - v_e^2/c^2} \approx 1,15$). Столь высокая скорость выбрана в этом примере исключительно из соображения наглядности картины субстанциальной деформации. График получен в результате численного решения дифференциального уравнения движения, составленного согласно основной теореме субстанциальной динамики (16), преобразованной к подвижной КС (ДКС) по общей методике, изложенной в §11, п.2.

ДКС виртуально привязана к протону. Протон находится в ЦКС, а его переносная скорость v_e направлена вверх по оси Y . Субстанциальная деформация обнаруживает себя визуально при сравнении траекторий классического электрона на *краях* графика: густота линий *на краях* графика в верхнем и нижнем секторах вокруг оси Y в несколько раз меньше, чем густота линий *на краях* графика в левом и правом секторах вокруг оси X . Следовательно, электронная «оболочка» атома сжата вдоль оси Y , которая расположена параллельно вектору переносной скорости ДКС.

Аналогично сжимаются электронные оболочки у всех реальных атомов, так как явление субстанциальной контракции многократно проявляло себя в экспериментах Майкельсона, Морли, Миллера, Кеннеди и многих других (П2, п.5), как изменение длины плеча интерферометра при его поворотах в пространстве. *Отношение* длины плеча интерферометра L_{\parallel} , направленного вдоль вектора v_e , к длине того же плеча L_{\perp} (после его поворота перпендикулярно вектору v_e), даётся формулой Фитцджеральда-Лоренца (переносная скорость v_e равна абсолютной скорости v):

$$L_{\parallel} / L_{\perp} = \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (50)$$

В реальности субстанциальной контракции был уверен Лоренц [155, с.123] и многие экспериментаторы.

Нетрудно подсчитать, что в результате субстанциальной контракции идеальная окружность сжимается в эллипс с эксцентриситетом $e = v/c$, при этом вектор \mathbf{v} коллинеарен малой оси эллипса.

Поскольку субстанциальная контракция движущихся тел есть *внутриатомный динамический эффект*, экстраполированный на плотную среду, его точная теория должна основываться на *субстанциальной квантовой физике* твёрдого тела, освобождённой от релятивистских догм.

В главе 1 уже была показана пагубность релятивистского подхода к механике, который ведёт к неоднозначности теории. Возвращение АКС - 54 -

позволяет использовать для расчётов *абсолютные эталоны* длины и времени, устранив главную причину неоднозначности ТО. Другая причина неоднозначности ТО – релятивистская кинематика – устраняется возвратом к классической кинематике.

В отличие от строго выведенной формулы (3) для переменной массы, а также формулы контракции (50), подтверждённой точнейшими экспериментами 21 века [101], формулы замедления *некоторых* физических процессов (44), (45), (46), (48), (49), нельзя считать универсальными, так как не существует *общего* доказательства, охватывающего всё многообразие субстанциальных явлений такого рода. Поэтому результаты расчётов быстроты процессов могут зависеть от условий конкретных задач и экспериментов. Нетривиальный результат решения задачи №5 (§13) на вычисление периода и частоты колебаний математического маятника в ускоряемой ракете подтверждает эту мысль.

Релятивистская интерпретация субстанциальных эффектов для размеров физических тел и быстроты физических процессов как фантастическое “искривление *пространства*” и “замедление *времени*” – это поспешное индуктивное обобщение указанных явлений на все явления без исключения. Но по правилам логики, индуктивные обобщения опровергаются даже единственным контрпримером [160].

Пробежав глазами настоящий параграф, *знаток теории относительности непременно увидит много формул, внешне похожих на релятивистские формулы.*¹

Интересно, но именно эту ситуацию почти сто лет назад *предвидел* известный французский математик, механик и государственный деятель Поль Пенлеве:

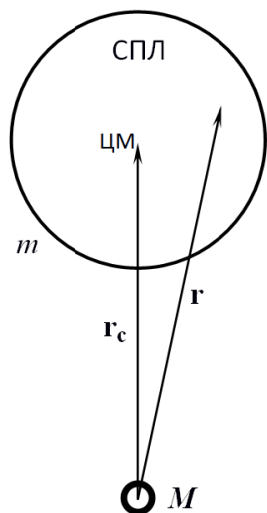
«Я полагаю, что от этого учения [теории относительности] останется много формул, которые *без труда* будут включены в классическую науку. Но принципы или научно-философские следствия, которые при различных мнениях представляются либо как скандал, либо как чудо теории относительности, не сохранятся». [58, с.187], [59]

Всё-таки без труда новые теории не рождаются, и это демонстрирует содержание 3-й главы книги, где из субстанциальной динамики выведены несколько принципиально новых явлений, *невозможных* в теории относительности, например, D-эффект и излучательная аберрация, которые подтверждаются экспериментами 60–90-х годов 20 века.

¹ В релятивистских формулах вместо абсолютных скоростей везде подразумеваются скорости относительные. Это обстоятельство обычно упрощает релятивистские вычисления. Но проще – не значит точнее. Результаты, изложенные в §18 и §21, – тому доказательство.

§10. Свободно падающие лаборатории.

Для перехода от явлений в АКС, описанных в §9, к явлениям в произвольно движущихся КС (ДКС), во многих случаях оказываются полезными, как связующие звенья, свободно падающие КС (*СПКС), которые были введены и описаны в §8. При этом центр *СПКС привязывается к



ЦМ *свободно и поступательно* падающей лаборатории, сокращённо СПЛ, собственное поля тяготения внутри которой равно нулю (§8).

Цель настоящего параграфа: 1) найти способ вычисления *абсолютного ускорения свободного падения*, входящего во многие формулы абсолютной динамики; 2) исследовать величины и особенности приливных эффектов, нарушающих инерциальность *СПКС.

Вначале исследуем *идеальный* случай – падение СПЛ, имеющей массу m , в поле тяготения *одной* точечной или сферически симметричной массы M планеты или звезды (см. рис.). Ускорение свободного падения $\mathbf{a}_п$, которое равно абсолютно-му ускорению \mathbf{a} СПЛ, получим из основной теоремы АСД (16), §9 и аксиомы тяготения (4), §7:

$$\mathbf{a}_п = \frac{\mathbf{\Gamma}}{m} + \mathbf{a}_i = -G \frac{M}{r_c^3} \mathbf{r}_c + \mathbf{a}_i \quad (1)$$

где $\mathbf{\Gamma}$ – сила гравитации (сила ТМ, §7); \mathbf{r}_c – переносный радиус-вектор, соединяющий центры масс M и СПЛ (см. рис.); радиус-вектор \mathbf{r}_c отслеживает движение ЦМ СПЛ. Введём **напряжённость поля тяготения** \mathbf{g}_c [44, с.76-91], создаваемую силой $\mathbf{\Gamma}$ притягивающей массы M в ЦМ СПЛ:

$$\mathbf{g}_c = \frac{\mathbf{\Gamma}}{m} = -G \frac{M}{r_c^3} \mathbf{r}_c \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) следует, что *ускорение свободного падения не равно напряжённости поля тяготения*, оно отличается от него на вектор индуктивного ускорения \mathbf{a}_i . Его можно вывести из формулы (13), §9:

$$\mathbf{a}_i = -\frac{\mathbf{v}}{c^2} \mathbf{g}_c \cdot \mathbf{v} \quad (3)$$

где \mathbf{a}_i – функция, которая зависит от напряжённости поля \mathbf{g}_c в ЦМ СПЛ и от абсолютной скорости \mathbf{v} СПЛ. Модуль \mathbf{a}_i зависит от угла $\mathbf{v} \wedge \mathbf{g}_c$ и составляет от модуля \mathbf{g}_c относительную долю в границах от 0 до v^2/c^2 .

Поскольку на ускорение свободного падения и напряжённость поля тяготения влияет не одна масса M , а массы всех тел наблюдаемого мира,

то полезно сравнить по формуле (2) различие величин g_c , создаваемых полями тяготения планет, Солнца и галактик, на разных расстояниях r_c от центров масс названных объектов до ЦМ СПЛ:

Притягивающая масса M	Расстояние r_c от M до СПЛ	g_c (Н/кг)	Расстояние r_c от M до СПЛ	g_c (Н/кг)
Земля	6700 км	8,88	$384 \cdot 10^3$ км	$2,70 \cdot 10^{-3}$
Луна	$356 \cdot 10^3$ км	$3,87 \cdot 10^{-5}$	$407 \cdot 10^3$ км	$2,96 \cdot 10^{-5}$
Венера	$40 \cdot 10^6$ км	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$260 \cdot 10^6$ км	$4,8 \cdot 10^{-9}$
Юпитер	$590 \cdot 10^6$ км	$3,6 \cdot 10^{-7}$	$965 \cdot 10^6$ км	$1,36 \cdot 10^{-7}$
Нептун	30 а.е.	$3,4 \cdot 10^{-10}$	60 а.е.	$8,5 \cdot 10^{-11}$
Солнце	1 а.е.	$5,93 \cdot 10^{-3}$	30 а.е.	$6,6 \cdot 10^{-6}$
Солнце	1 св. год	$1,5 \cdot 10^{-12}$	4,22 св. года	$8,3 \cdot 10^{-14}$
Наша Галактика	26 тыс. св. лет	$2 \cdot 10^{-10}$	1 млн. св. лет	$4,5 \cdot 10^{-13}$
М31 Андромеда	2,5 млн. св. лет	$2,4 \cdot 10^{-13}$	—	—
Полушарие Мира	Радиус полушария $R = 13$ млрд. св. лет			$2,6 \cdot 10^{-11}$

Пояснения к таблице. Для Луны, Венеры и Юпитера даны их наименьшее и наибольшее расстояния от Земли и вычислены экстремальные напряжённости полей **тяготения их масс (полей ТМ)** в ЦМ Земли. Интересно, что самая удалённая планета Нептун создаёт в центре Солнечной системы (30 а.е.) более сильное поле, чем вся наша Галактика.

Солнце на расстоянии 1 св. года создаёт поле тяготения $g_c = 1,5 \cdot 10^{-12}$ Н/кг, но такое же поле внутри Солнечной системы будет создано звездой, пролетающей на расстоянии 1 св. года около Солнечной системы и обладающей массой Солнца. В настоящее время ближайшая к Солнцу звезда находится на расстоянии около 4,22 св. года.

Для нашей Галактики поле $g_c = 2 \cdot 10^{-10}$ Н/кг вычислено **не** по формуле (2), а по формуле центростремительного ускорения тех звёзд, которые окружают Солнце и обращаются предположительно по круговой орбите с радиусом 26 тыс. св. лет вокруг ЦМ Галактики, имея скорости около 220 км/с.

Для $r_c = 1$ млн. св. лет в формулу (2) подставлялась оценочная масса нашей Галактики $\sim 6 \cdot 10^{41}$ кг, а для галактики М31 в созвездии Андромеды (находящейся на расстоянии 2,5 млн. км от нас) – масса $\sim 2 \cdot 10^{42}$ кг.

В последней строке таблицы вычислено поле тяготения масс одного *полушария* наблюдаемого мира, как половины *однородного* гравитирующего шара в его центре, при радиусе шара R , равным астрономическому

горизонту видимости ~ 13 млрд. св. лет, по формуле $g_1 = \pi G \bar{\rho} R$; где $\bar{\rho}$ – средняя плотность вещества, оцениваемая величиной приблизительно 10^{-27} кг/м³ [61]. Это поле слабее поля Галактики. Поскольку 2-е полушарие наблюдаемого мира создаёт в центре шара почти противоположное поле ТМ $g_2 \cong -2,6 \cdot 10^{-11}$ Н/кг, то оба полушария почти уничтожают поля ТМ друг друга в указанной точке. Следовательно, реальная напряжённость поля ТМ наблюдаемого мира внутри нашей Галактики (разумеется, без учёта поля ТМ Местной Группы галактик), безусловно, меньше даже табличного поля М31 Андромеды, равного лишь $\sim 2,4 \cdot 10^{-13}$ Н/кг.

Таким образом, в Солнечной системе, из всех внешних для неё полей, самым сильным оказывается поле нашей Галактики: $g_c = 2 \cdot 10^{-10}$ Н/кг. Оно искривляет траекторию движения барицентра Солнечной системы в невращающейся Галактической КС. В предположении круговой орбиты Солнечной системы, теоретическое *отклонение* траектории от прямой линии не превышает $0,6''$ за сто земных лет. Реально измерить его на фоне более значительных угловых смещений звёзд, вызванных как собственными движениями звёзд, так и множеством разнообразных движений внутри Солнечной системы, пока не удаётся. Следовательно, экспериментально измеримое влияние на движение СПЛ в Солнечной системе оказывают только поля ТМ самой Солнечной системы, а поля ТМ соседних звёзд, Галактики и даже всего наблюдаемого мира настолько малы, что при вычислениях ими можно пока пренебрегать.

Отсюда следует простое **практическое правило**: во всех задачах АСД, которые ограничены пространством Солнечной системы, **абсолютное ускорение свободного падения a_n** можно вычислять по формуле:

$$a_n = \sum_c g_c - \frac{v}{c^2} \left(v \cdot \sum_c g_c \right) \quad (4)$$

векторно суммируя поля ТМ *только* объектов Солнечной системы. Данное правило будет востребовано в последующих параграфах книги.

Абсолютное ускорение (4) свободного падения частицы вычисляется относительно АКС. При пересадке неподвижного наблюдателя в ДКС оно входит в левую часть уравнения (4) (П1) теоремы о сложении ускорений и пересчитывается в ДКС, оказываясь *относительным* ускорением свободного падения той же частицы согласно формуле (9) (П1).

Исследуем приливные эффекты в СПЛ, используя рисунок выше, на котором кроме СПЛ изображены два радиус-вектора: r – радиус-вектор неоднородного поля тяготения g

$$g(r) = -G \frac{M}{r^3} r \quad (5)$$

притягивающей массы M (внутри пространства СПЛ) и r_c – переносный радиус-вектор, определённый ранее формулой (2).

Как известно, свободное падение СПЛ создаёт в ней состояние *невесомости*. Чтобы описать это состояние математически, обратимся к первой аксиоме, подставив в правую часть (1), §7 вместо равнодействующей \mathbf{F} сил МГ её выражение, получаемое из основной теоремы АСД (16), §9:

$$\Phi = -m \mathbf{a}_F = m \mathbf{a}_i - m \mathbf{a} \quad (6)$$

Наряду с полем ТМ введём понятие **искусственной тяжести** [4, с.375] и его **поля** (поля ИТ). **Напряжённость** \mathbf{g}_Φ в некоторой точке **поля ИТ** логично определить – по аналогии с напряжённостью поля ТМ (2) – как отношение массовой силы инертности Φ , действующей на пробную частицу, ускоряемую в данной точке поля, к мгновенной массе m той же частицы. Тогда из формулы (6) получаем:

$$\mathbf{g}_\Phi = \frac{\Phi}{m} = -\mathbf{a}_F = \mathbf{a}_i - \mathbf{a} \quad (7)$$

Следовательно, напряжённость поля ИТ в ускоряемой КС равна векторной разности индуктивного и абсолютного ускорения частицы в той точке КС, в которой частица находится в интересующий нас момент времени. Необходимость включения индуктивного ускорения в состав поля ИТ становится очевидной при высоких скоростях КС. Ведь при $a_\tau \gg a_n$ & $v \rightarrow c$ модуль индуктивного ускорения больше абсолютного ускорения почти в γ^2 раз (формула (15), §9).

Состояние невесомости в СПЛ объясняется частичной компенсацией неоднородного поля ТМ однородным полем ИТ при их векторном сложении, что очевидно из их определений (2) и (7), с учётом $\Phi = -\Gamma$. Ясно, что полная компенсация происходит только в ЦМ СПЛ, то есть в точке, где радиус-вектор \mathbf{r} оказывается точно равен радиус-вектору \mathbf{r}_c (см. рис.). Поскольку из-за неоднородности поля $\mathbf{g}(\mathbf{r})$, компенсация указанных полей вне ЦМ СПЛ не полная, то возникает *остаточное* поле тяжести \mathbf{g}_f , которое назовём кратко **приливным¹ полем тяжести** (ППТ).

Формула для вычисления \mathbf{g}_f получается сложением полей \mathbf{g} и \mathbf{g}_Φ (правые части формул (5) и (7)). При этом абсолютное ускорение \mathbf{a} в формуле (7) следует заменить правой частью формулы (1):

$$\mathbf{g}_f = GM \left(\frac{\mathbf{r}_c}{r_c^3} - \frac{\mathbf{r}}{r^3} \right) \quad (8)$$

Структура приливного поля \mathbf{g}_f обладает аксиальной симметрией относительно прямой, на которой лежит вектор \mathbf{r}_c . Поэтому, для выяснения деталей структуры поля, введём цилиндрические координаты и запишем

¹ Индекс f в обозначении \mathbf{g}_f происходит от лат. fretum или англ. flow «прилив».

уравнение (8) в проекциях на ось z , продолжающую вектор \mathbf{r}_c , а также на полярную плоскость, перпендикулярную ему (с радиусом цилиндра ϱ и полярным углом φ). Данную плоскость назовём **барицентрической плоскостью**, она пересекает ЦМ СПЛ. В итоге получаем *радиальную и вертикальную* проекции вектора \mathbf{g}_f на оси ϱ и z , соответственно:

$$g_\varrho = -g_c \frac{r_c^2 \varrho}{[(r_c + z)^2 + \varrho^2]^{3/2}} \quad (9)$$

$$g_z = g_c \left\{ 1 - \frac{r_c^2 (r_c + z)}{[(r_c + z)^2 + \varrho^2]^{3/2}} \right\} \quad (10)$$

где напряжённость внешнего поля g_c в ЦМ СПЛ была дана формулой (2).

Обычно отображаемые координатами ϱ и z размеры СПЛ малы в сравнении с расстоянием r_c между ЦМ СПЛ и ЦМ притягивающей массы M , поэтому вместо формул (9) и (10) более наглядным будет разложение этих проекций в ряды Тейлора с приближением до членов первого и второго порядка по малым параметрам ϱ/r_c и z/r_c :

(11)	$g_\varrho \cong -g_c \frac{\varrho}{r_c} + 3g_c \frac{\varrho z}{r_c^2}$	$g_z \cong 2g_c \frac{z}{r_c} + 3g_c \left(\frac{\varrho^2}{2r_c^2} - \frac{z^2}{r_c^2} \right)$	(12)
------	---	---	------

Учитывая незначительность членов второго порядка для *малых* СПЛ, отметим в них следующие **свойства приливного поля тяжести \mathbf{g}_f** :

1. Поле \mathbf{g}_f в ЦМ СПЛ равно нулю, возрастая в каждом направлении практически пропорционально расстоянию от ЦМ СПЛ.

2. Радиальная проекция g_ϱ поля \mathbf{g}_f является осестремительной (*сжимающей*), она пропорциональна расстоянию ϱ от оси z , практически не зависит от вертикальной координаты z и не зависит от угла φ .

3. Вертикальная проекция g_z поля \mathbf{g}_f является *растягивающей*, она пропорциональна расстоянию z от барицентрической плоскости (то есть, обладает приближённой зеркальной симметрией), но при одинаковых z и ϱ в два раза сильнее сжимающей компоненты и практически не зависит от радиальной координаты ϱ .

Неоднородность ППТ \mathbf{g}_f внутри СПЛ порождает два важных следствия.

Следствие 1. В теле, неподвижно размещённом в области ЦМ СПЛ, из-за неоднородности приливного поля возникают *механические напряжения и деформации* двоякого рода: всюду сжимающие, направленные перпендикулярно к оси z , и всюду растягивающие, направленные параллельно оси z и наружу от барицентрической плоскости (вверх и вниз).

Приливными полями, создаваемыми Луной и Солнцем, объясняются океанские приливы и приливы в земной коре. Экстремальные значения приливных полей g_ρ и g_z будут вычислены ниже в примере 2.

Следствие 2. Свободная частица, расположенная *вне* ЦМ СПЛ, движется относительно СПЛ в приливном поле тяжести с ускорением¹ $\mathbf{a} \cong \mathbf{g}_f$, поэтому, строго говоря, *закон инерции не выполняется*.

Для иллюстрации 2-го следствия в таблице ниже рассчитаны приливные поля g_z внутри СПЛ по формуле (12) на расстоянии $z = 1$ м от ЦМ СПЛ, а также *перемещения* Δz пробного тела из состояния покоя в данной точке за время Δt с ускорением $a_z \cong g_z$ по формуле $\Delta z \approx a_z \Delta t^2 / 2$ для $\Delta z \ll z$. Чтобы ускоренное движение пробного тела было близким к прямолинейному движению, длительность Δt его движения выбиралась в десятки раз меньше периода обращения СПЛ по круговой орбите радиусом r_c вокруг притягивающей массы M . Расстояния от Луны и планет выбраны как минимально возможные (в нашу эпоху) расстояния от них до Земли.

Притягивающая масса M	Расстояние r_c до СПЛ	g_c (Н/кг)	g_z (Н/кг) ($z = 1$ м)	Длительность Δt движения	Перемещение Δz
Земля	6700 км	8,88	$2,65 \cdot 10^{-6}$	2 мин	1,9 см
Земля	42200 км	0,224	$1,06 \cdot 10^{-8}$	30 мин	1,7 см
Земля	1 млн. км	$3,99 \cdot 10^{-4}$	$7,98 \cdot 10^{-13}$	1 сутки	3,0 мм
Луна	$356 \cdot 10^3$ км	$3,87 \cdot 10^{-5}$	$2,17 \cdot 10^{-13}$	1 сутки	0,81 мм
Венера	$40 \cdot 10^6$ км	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-17}$	1 неделя	1,8 мкм
Юпитер	$590 \cdot 10^6$ км	$3,6 \cdot 10^{-7}$	$1,22 \cdot 10^{-18}$	1 неделя	0,22 мкм
Солнце	1 а.е.	$5,93 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-14}$	1 неделя	1,4 см
Солнце	30 а.е.	$6,6 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-18}$	3 года	1,3 см
Солнце	1 св. год	$1,5 \cdot 10^{-12}$	$3,2 \cdot 10^{-28}$	0,3 млн. лет	1,4 см
Галактика	26000 св. лет	$2 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-30}$	1 млн. лет	0,8 мм

Вывод. Таблица показывает, что реальная *неинерциальность* любых СПЛ, находящихся на околосолнечной земной орбите, обусловлена только тремя телами: во-первых, Землёй и, в меньшей степени, Луной и Солнцем. Все остальные космические массы не способны создать экспериментально обнаружимые приливные поля в СПЛ на указанной орбите.

Пример 1. Пусть обитаемая СПЛ обращается вокруг одиночной чёрной дыры (ЧД) массой 10 масс Солнца по круговой орбите радиусом 4

¹ Здесь мы пренебрегаем собств. индуктивным ускорением \mathbf{a}_{is} (формулы (32), (38), §13).
- 61 -

млрд. км. Получаем орбитальную скорость $v_o = 18$ км/с, период обращения $T_o = 44$ года (Ф-1, Ф-2), напряжённость поля тяготения ЧД на орбите СПЛ $g_c = 8,3 \cdot 10^{-5}$ Н/кг. Отсюда $g_z = 4,1 \cdot 10^{-17}$ Н/кг для $z = 1$ м, а перемещение пробной массы из состояния покоя составит $\Delta z = 2$ см через 1 год наблюдений.

Однако космонавт создаёт вокруг себя, в зависимости от расстояния, гравитационное поле порядка $10^{-8} \dots 10^{-11}$ Н/кг, то есть в миллионы раз большее, чем приливное поле ЧД. На этом фоне измерить перемещение пробного тела за счёт только приливного поля ЧД нереально. Поэтому данная СПЛ является *практически инерциальной* (ЭИКС, §8).

Пример 2. Используя астрономические данные о Солнечной системе, найдём теоретически максимальный и минимальный размах колебаний напряжённости ППТ, создаваемого *внешними* телами на поверхности Земли в процессе её суточного вращения. Обоснуем условия, при которых размах приливного поля¹ оказывается экстремальным.

Из предыдущей таблицы, используя колонку g_z и формулу (12), нетрудно подсчитать, что ППТ, создаваемые на *поверхности* Земли Луной и Солнцем, имеют порядок $g_z \sim 10^{-6}$ Н/кг на расстоянии радиуса Земли $z \sim 6 \cdot 10^6$ м от ЦМ Земли. Приливные поля остальных планет в десятки тысяч и сотни тысяч раз меньше, то есть реально не обнаружимы.

Запишем формулы (11) и (12) с точностью до первого порядка по координатам ϱ и z : сжимающее поле g_ϱ – только для барицентрической плоскости ($z = 0$), растягивающее поле g_z – только для оси симметрии ($\varrho = 0$), с учётом того, что g_c определяется формулой (2):

$$(13) \quad g_\varrho \approx -GM \frac{\varrho}{r_c^3} \quad ; \quad g_z \approx 2GM \frac{z}{r_c^3} \quad (14)$$

Формулы показывают, что *максимальному* приливному полю отвечает минимальное расстояние $r_c = 356,4 \cdot 10^6$ м между ЦМ Земли и ЦМ Луны, и минимальное расстояние $r_c = 147,1 \cdot 10^9$ м между ЦМ Земли и ЦМ Солнца. Поэтому, для получения максимальной напряжённости приливного поля, три тела – Земля, Луна и Солнце, должны оказаться на одной оси z в момент пребывания Луны в перигее её околоземной орбиты и одновременно пребывания Земли в перигелии её околосолнечной орбиты. При этом приливное поле *растянет* Землю *вдоль прямых*, параллельных оси z , и одновременно *сожмёт* Землю к оси z во всех *плоскостях*, перпендикулярных ей. Следовательно, для получения максимального *размаха* приливного поля ось z должна лежать в плоскости земного экватора, тогда

¹ Приливное поле g_f Луны и Солнца *деформирует* (растягивая и сжимая) не только тело Мирового океана, но и недра Земли. Это влечёт приливные изменения всего поля ТМ Земли, которые накладываются на приливные колебания g_f , усиливая их, аналогично Д-эффекту, подробно рассмотренному в §21 (п.1).

две противоположные точки земного диаметра, лежавшие на оси z , испытывавшие максимальное растяжение, окажутся через четверть лунных суток в барицентрической плоскости и получат максимальное сжатие.

Тип приливного поля	Луна	Солнце	Сумма
Растягивающее поле g_z	$1,38 \cdot 10^{-6}$	$5,32 \cdot 10^{-7}$	$1,91 \cdot 10^{-6}$
Сжимающее поле g_ϱ	$-0,69 \cdot 10^{-6}$	$-2,66 \cdot 10^{-7}$	$-0,96 \cdot 10^{-6}$
Размах поля $g_z - g_\varrho$	$2,07 \cdot 10^{-6}$	$7,98 \cdot 10^{-7}$	$2,87 \cdot 10^{-6}$

В таблице даны результаты расчёта в Н/кг для максимального растягивающего поля и соответствующего ему сжимающего поля – отдельно для поля Луны и для поля Солнца, а в правом столбце – их суммарное приливное поле при экстремальных условиях, указанных выше. В нижней строке вычислен максимальный *размах* колебания ППТ, создаваемого на земном экваторе отдельно Луной, Солнцем и их совместным действием, – в процессе суточного вращения Земли, как разность $g_z - g_\varrho$ между растягивающим и сжимающим приливным полем.

Для расчётов использовался экваториальный радиус Земли $z = 6,378 \cdot 10^6$ м, масса Луны $7,35 \cdot 10^{22}$ кг, масса Солнца $1,99 \cdot 10^{30}$ кг.

Итак, максимальный размах колебаний ППТ в одной и той же точке поверхности Земли теоретически возможен на её *экваторе* и равен $2,87 \cdot 10^{-6}$ Н/кг. Вследствие очень малой вероятности указанных выше *экстремальных условий*, реальные размахи ППТ заметно меньше.¹

Минимальный полусуточный размах колебаний ППТ равен нулю. Очевидно, что он реализуется на *полюсах* Земли, когда Луна и Солнце одновременно пересекают плоскость экватора Земли. Менее очевидно то, что полусуточные циклы изменения приливного поля на полюсах Земли вообще не возможны, зато возникают полумесячные и полугодовые циклы, обусловленные обращением Луны вокруг Земли и обращением Земли вокруг Солнца, которые изменяют поле g_f на полюсах.

В заключение данного параграфа уместно задать вопрос: чем полезны инерциальные КС (ЭИКС) в абсолютной субстанциальной динамике?

1. АСД исправляет заблуждение классиков и утверждает, что ЭИКС движутся с ускорениями относительно друг друга, как *СПКС.

2. Неизбежность свободного падения инерциальных КС в неоднородном поле ТМ наблюдаемого мира даёт возможность вычислять абсолютное ускорение свободного падения как ускорение виртуальной СПЛ

¹ Например, ждать совпадения равноденствия с прохождением Земли через перигелий придётся несколько тысяч лет, пока прецессия повернёт ось Земли на десятки градусов.

относительно АКС, а после сравнительного анализа напряжённостей полей тяготения, создаваемых космическими массами самого разного масштаба, вывести его формулу (4) и сформулировать практическое правило.

3. Детальный анализ механических явлений в СПЛ позволил ввести понятие поля искусственной тяжести с напряжённостью \mathbf{g}_Φ (7), как аналога поля тяготения масс. Суперпозиция полей с напряжённостью $\mathbf{g}(\mathbf{r})$ (5) и \mathbf{g}_c (2) в СПЛ даёт приливное поле тяжести \mathbf{g}_f (8) с компонентами (9) и (10), которое подчиняется приближённому закону (13) и (14) *обратных кубов* расстояний до притягивающих масс и почти пропорционально расстоянию от ЦМ СПЛ в любом конкретно заданном направлении. Поэтому заметный вклад в поле \mathbf{g}_f вносят только *ближайшие* космические массы.

4. Неоднородные поля ТМ и неоднородные поля тяжести вызывают **механические напряжения и деформации** в протяжённых телах. Поскольку неоднородность этих полей теоретически неустранима даже в ЭИКС, это позволяет сформулировать критерий реальности сил, *применение* которого будет продемонстрировано в §§11, 13, 14, 21.

Критерий различения реальных и фиктивных сил.

Реальные силы, действуя на реально существующие протяжённые тела, создают в них адекватные механические напряжения и деформации.

Фиктивные силы на это принципиально неспособны.

§11. Обобщение законов АСД на любые подвижные координатные системы (ДКС) с учётом специфики решаемых задач

Одновременное действие на частицу, ускоряемую относительно АКС, двух противоположных и реальных сил МГ и МС \mathbf{F} и Φ означает, что классический тезис динамики Ньютона об ускоряющей силе \mathbf{F} заменён в субстанциальной динамике новым принципом:¹

Принцип АСД

Абсолютное ускорение каждой частицы производится *уравновешенной* совокупностью сил гравитирующего мира и мировой среды.

1. Правила и методы решения основных задач динамики в ДКС.

Как в *классической*, так и в *релятивистской* механике принято деление всех координатных систем на инерциальные и неинерциальные.

В §8 и §10 было доказано, что инерциальными КС можно считать только ЭИКС, привязанные к СПЛ, да и те с оговорками, которые требуют

¹ Более подробно об этом – в §6 и в ответе на вопрос 17 (раздел 2).

экспериментальной **необнаружимости** приливных полей тяжести в СПЛ. Все остальные КС, где приливные поля обнаружимы в опытах, неинерциальны. Отсюда следует первое правило решения задач, радикально избавляющее нас от любых затруднений с неинерциальностью КС:

1) Правило ковариантности. В АСД необходимо применять методы решения задач, индифферентные к неинерциальности КС.

Трудности, обусловленные неинерциальностью, легко преодолеваются классической кинематикой, безразличной к понятию неинерциальности. *Ковариантность* теорем классической кинематики (П1), ответственных за связь параметров относительного и абсолютного движений, находится в гармонии с новой теорией.¹ Отвечающее данному правилу ковариантное уравнение АСД выведено в пункте 2.

2) Правило реальности сил. При решении задач АСД следует применять методы, автоматически исключающие появление фиктивных сил.

Споры механиков о реальности и фиктивности сил инерции [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68] не смолкают и в наше время [95], [96]. *Необходимым и достаточным* условием действия на тело реальных сил инертности является *ненулевое* ускорение тела относительно АКС (§6). Поэтому ускорения, дающие фиктивные силы,² *не могут появиться в собственных КС* (СКС, §8), так как каждая точка СКС тела движется *по определению* с переносным ускорением, *равным* абсолютному ускорению, относительно базовой АКС (П1). Принимая во внимание, что в *произвольно ускоряемой рабочей* ДКС, частица или тело может получить относительно этой ДКС *какое угодно* относительное ускорение, не равное абсолютному ускорению, – *слагаемые* относительного ускорения, умножаемые на массу, не гарантируют реальности всех вычисляемых сил, то есть сил, удовлетворяющих критерию их реальности (§10), и тем более – автоматическое исключение всех фиктивных сил. Для преодоления описываемой проблемы в АСД применяются достаточно очевидные методы.

А) Общий метод АСД. В качестве базовой КС, в которой вычисляются *абсолютные величины*,³ используется АКС.

Б) Методы динамистатики применяются для решения задач на *динамическое равновесие* всех сил МГ и МС, приложенных к частице (телу). *Основной метод* – использование СКС в качестве рабочей КС.

В) Методы кинетики применяются для *исследования движений* частиц (тел) в рабочих НеСКС.⁴ *Основной метод* – приведение уравнений движения к кинематическому виду путём исключения из них любых сил.

¹ Следует особо отметить *однозначность* классической кинематики, в сравнении с ТО (§3).

² Оставим для фиктивных сил прежний термин: «силы инерции».

³ Например, расстояния, углы, промежутки времени, переносные скорости и ускорения. Мгновенные массы и все реальные силы МГ и МС инвариантны к выбору любой КС.

⁴ Исследуемое тело (с учётом аксиомы затвердевания [68, с. 15]), по определению *покоится* относительно рабочей СКС, а относительно НеСКС оно *движется* (§8).

Основа динамистатики – 1-я аксиома АСД (§7). Она моделирует *динамическое равновесие* всех реальных сил МГ и МС, приложенных к частице или телу. Поскольку сумма проекций всех сил на любое направление равна нулю, метод динамистатики **неприменим** для составления уравнений движения. Основа кинетики – 2-я и 3-я аксиомы, которые моделируют движения частиц под действием только сил МГ. Попытки одновременного вовлечения сил МГ и МС в одно *уравнение движения* частицы терпят неудачу из-за **парадокса равновесия ускоряющих сил**, как следствия 1-й аксиомы: $\mathbf{F} + \Phi = 0$. Классическая механика тоже столкнулась с этим парадоксом в *уравнении Даламбера* $\mathbf{F} - m\mathbf{a} = 0$, когда оно применялось для вычисления *движений* с одновременным введением *сил инерции*, сумма которых считалась равной $-m\mathbf{a}$. См. разбор решений задач №1, №2 (§13).

Абсолютные физические величины не зависят от выбора рабочей КС, поэтому их можно использовать как *базовые инварианты*, или иначе – **инварианты АСД**, для **редукции** вычислений к другим КС. Это позволяет создавать абсолютные модели механических явлений.

В АСД необходимо различать два вида редукции параметров движения из одной КС в другую КС – *кинематическую* и *динамическую* – как следствие относительности¹ механических движений.

При **кинематической редукции** (редукции движений) преобразование параметров движения из ДКС в АКС осуществляется прямыми вычислениями по формулам кинематики (1)...(6) (П1). Задача обратного преобразования параметров из АКС в ДКС, использует эти же формулы, но в обратном преобразовании (7)...(9) (П1). Благодаря ковариантности уравнений кинематики, по тем же правилам решается и задача непосредственного преобразования кинематических параметров из одной ДКС в любую другую ДКС, если известно переносное движение этих ДКС относительно друг друга. В Приложении 1 приведён простейший пример преобразования параметров движения частицы с таблицей, отражающей результаты преобразования. Там же сформулирована *теорема о ковариантных преобразованиях*, полезная для контроля обсуждаемых вычислений.

Динамическая редукция, в дополнение к кинематической редукции, учитывает *различную динамику* одного и того же процесса в АКС и ДКС. Полезно помнить, что в АСД нет никаких «релятивистских эффектов». Зато есть *динамические эффекты АСД*, *автоматически* возникающие при высоких скоростях и исследованные в §9. Они обусловлены не относительными, а *абсолютными* скоростями частиц, тел и их совокупностей, а также эталонов массы, длины, времени и т.д. Например, если в АКС покоящиеся часы (линейки) идентичны, но при движениях они дают иные показания, то отсюда не следует *непреодолимая* относительность од-

¹ Относительность движений в абсолютной динамике есть *зависимость движений от выбора ДКС*. О двусмысленной релятивистской относительности в конце этого параграфа.

новременности или деформация пространства, ибо в распоряжении решающего задачу всегда есть *виртуальное* “хранилище” абсолютных эталонов, покоящихся в АКС. См. также ответ на вопрос 10.

2. Ковариантное уравнение субстанциальной динамики. Исследование относительных движений в НеСКС.

Движение в любой НеСКС характеризуется относительным ускорением \mathbf{a} (9), П1:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a} - (\mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c) \quad (1)$$

Здесь абсолютное ускорение \mathbf{a} является инвариантом АСД и выражается основной теоремой субстанциальной динамики (16), §9:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} + \mathbf{a}_i \quad (2)$$

Заменяя абсолютное ускорение \mathbf{a} в уравнении (1) его выражением из уравнения (2), получаем простейшую запись **ковариантного уравнения АСД**, пригодного для исследования механических явлений в *любой* КС:

$$\boxed{\mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c = \frac{\mathbf{F}}{m} + \mathbf{a}_i} \quad (3)$$

(В случае СКС приравниваем $\mathbf{a} = 0$ & $\mathbf{a}_c = 0$, и умножаем уравнение (3) на массу m). Равнодействующую \mathbf{F} всех сил МГ *полезно* представить здесь векторной суммой всех сил \mathbf{F} тяготения гравитирующих масс вне частицы и всех негравитационных сил \mathbf{N} , приложенных к ускоряемой частице:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F} + \mathbf{N} \quad (4)$$

а индуктивное ускорение \mathbf{a}_i выразить формулой (13) из §9:

$$\mathbf{a}_i = -\mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{m c^2} = -\mathbf{v} \frac{(\mathbf{F} + \mathbf{N}) \cdot \mathbf{v}}{m c^2} \quad (5)$$

С учётом указанных подстановок в уравнение (2) и определения напряжённости поля тяготения \mathbf{g}_m гравитирующих масс наблюдаемого мира (или Солнечной системы – практическое правило (§10)) – поля ТМ:

$$\mathbf{g}_m = \frac{\mathbf{F}}{m} = \sum_M \mathbf{g}_k \quad (6)$$

получаем обобщающее выражение для **абсолютного ускорения** частицы:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{N}}{m} + \mathbf{g}_m - \left(\frac{\mathbf{N}}{m} + \mathbf{g}_m \right) \cdot \mathbf{v} \frac{\mathbf{v}}{c^2} \quad (7)$$

После подстановки абсолютного ускорения \mathbf{a} из формулы (7) в

уравнение (1), получаем более подробную запись ковариантного уравнения АСД, которое является уравнением движения частицы массой m :

$$\mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c = \left(\frac{\mathbf{N}}{m} + \mathbf{g}_m \right) - \left(\frac{\mathbf{N}}{m} + \mathbf{g}_m \right) \cdot \mathbf{v} \frac{\mathbf{v}}{c^2} \quad (8)$$

Здесь в левой части, как и в уравнении (3), абсолютное ускорение \mathbf{a} раскрыто в виде суммы относительного \mathbf{a} , переносного \mathbf{a}_e и поворотного \mathbf{a}_c ускорений частицы; \mathbf{a}_e и \mathbf{a}_c выражаются теоремами кинематики (П1) (5) и (6); абсолютная скорость частицы \mathbf{v} – теоремой (1), П1, а мгновенная масса частицы m – формулой Лоренца (3), §9.

Поскольку напряжённость \mathbf{g}_m поля ТМ и отношение силы \mathbf{N} к массе m являются ускорениями, задача анализа движения частицы в НеСКС сводится к системе кинематических дифференциальных уравнений.

При условии $\mathbf{N} = 0$ из формулы (7) получаем **абсолютное ускорение свободного падения** частицы:

$$\mathbf{a}_\Pi = \mathbf{g}_m - \mathbf{g}_m \cdot \mathbf{v} \frac{\mathbf{v}}{c^2} \quad (9)$$

а из формулы (8), при этом же условии $\mathbf{N} = 0$, после замены $\mathbf{a}_c = -\mathbf{a}_k$:

$$\mathbf{a}_\Pi = \mathbf{g}_m - \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_k - \mathbf{g}_m \cdot \mathbf{v} \frac{\mathbf{v}}{c^2} \quad (10)$$

– **относительное ускорение свободного падения** частицы. Оба ускорения свободного падения отличаются от классических ускорений учётом индуктивного ускорения $\mathbf{a}_i = -\mathbf{v}(\mathbf{g}_m \cdot \mathbf{v})/c^2$.

Ковариантными уравнениями движения (3) и (8) опровергается распространённое **заблуждение**, согласно которому *причиной любого ускорения якобы должна быть сила*. Обратите внимание: даже в том случае, когда на частицу не действуют какие-либо силы (при $\mathbf{N} = 0$ и $\mathbf{\Gamma} = 0$, из первой аксиомы получаем и $\mathbf{\Phi} = 0$), то и тогда, строго равная нулю правая часть формулы (8), влечёт равенство нулю и её левой части:

$$\mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c = 0 \quad (8')$$

Однако, хотя уравнение (8') не содержит реальных сил, оно естественным образом, свойственным кинематике, может описывать **бессилевое явление** – ненулевой вектор $\mathbf{a} = -\mathbf{a}_e - \mathbf{a}_c$ – *относительное ускорение частицы в ускоренной НеСКС. Ускорение в НеСКС, причина которого – только движение самой НеСКС, будем называть бессилевым ускорением.*

Общий вывод. Ускоряющая сила необходима только для **абсолютного ускорения** частицы или тела. Поэтому *относительное ускорение* частицы требует ускоряющей силы МГ лишь в той мере, в которой абсолют-

ное ускорение содержится в относительном ускорении (1) как его часть.

Тот, кто умножит уравнение вида (8') на минус m , получит таким приёмом ещё и даламберову «силу инерции», разложенную на три слагаемых: относительную, переносную и кориолисову “силы”, кстати, с *нулевой* общей суммой. Разложение в этой сумме переносной “силы” даёт ещё три слагаемых. Поскольку происхождение таких “сил” – есть *чисто математический приём* умножения произвольного относительного ускорения на массу, такие “силы” не могут закономерно породить механических напряжений и деформаций в ускоряемых телах, то есть фиктивны (§10). Для анализа *движений* фиктивные силы бесполезны и вредны: они загромождают уравнения движения, порождая в умах решающих *иллюзию* присутствия сил, которая опровергается отсутствием механических напряжений в ускоряемых телах (см. разбор задачи №1 (§13) и ответ на вопрос 18).

3. Равновесие сил в собственных координатных системах.

В пункте 1 обоснован метод *выбора собственных КС* для автоматического исключения фиктивных сил и выявления всех реальных сил инертности в уравнениях **динамистатики**.¹ Преобразуем ковариантное уравнение (8) субстанциальной динамики к СКС исследуемого тела. В СКС это тело неподвижно в течение всего времени исследования, поэтому его относительная скорость \mathbf{v} и относительное ускорение \mathbf{a} равны нулю, а значит нет и поворотного ускорения \mathbf{a}_c ((6), П1). В итоге исключения ускорений \mathbf{a} , \mathbf{a}_c и умножения уравнения (8) на массу, получаем:

$$\mathbf{N} + m \mathbf{g}_m + m \mathbf{a}_i - m \mathbf{a}_e = 0 \quad (11)$$

Выразим из основной теоремы (2) равнодействующую \mathbf{F} всех сил МГ и подставим это выражение в первую аксиому $\Phi = -\mathbf{F}$ (§7), учитывая, что в СКС абсолютное ускорение \mathbf{a} некоторой точки тела равно переносному ускорению СКС: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_e$ в той же точке:

$$\Phi = -m \mathbf{a}_e + m \mathbf{a}_i \quad (12)$$

В АСД сила Φ , выражаемая формулой (12), есть **полная сила инертности**. В классической механике произведение $-m \mathbf{a}_e$ есть **переносная сила инертности** (важное отличие от классической механики: \mathbf{a}_e вычисляется в АСД по формуле (5), П1, *относительно базовой АКС*):

$$\Phi_e = -m \mathbf{a} = -m \mathbf{a}_e \quad (13)$$

Произведение $m \mathbf{a}_i$ в формуле (12) обозначим буквой \mathbf{I} и назовём

¹ Определение *динамистатики* и происхождение термина дано в Предисловии. В *статике*, как частном случае динамистатики, силы инертности отсутствуют или несущественны.

формулу работы силы на элементарном перемещении $d\mathbf{r}$: $\delta A = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$:

$$\delta A = m \mathbf{a}_n \cdot d\mathbf{r} + m \gamma^2 \mathbf{a}_\tau \cdot d\mathbf{r} \quad (17)$$

Работа $m \mathbf{a}_n \cdot d\mathbf{r} \equiv 0$, поэтому движение под действием только нормальной компоненты \mathbf{F}_n силы \mathbf{F} , например, движение планеты по круговой орбите, происходит без затрат энергии и может продолжаться сколько угодно долго. Круговое обращение планет и их спутников стало бы невозможным, если бы вдруг исчезло явление инертности, которое порождает противодействие ускоряющей силе. Ведь при этом исчезла бы полная сила инертности Φ , уравнивающая силу тяготения \mathbf{F} центрального тела, согласно 1-й аксиоме, и тогда все планеты со спутниками немедленно притянулись бы к своим звездам, а звёзды – к ядрам своих галактик, не сделав вокруг них даже оборота. Без явления инертности наблюдаемый мир космоса существовать совершенно не приспособлен.

Элементарная работа $\delta A_\phi = m \gamma^2 \mathbf{a}_\tau \cdot d\mathbf{r}$ касательной компоненты \mathbf{F}_τ силы \mathbf{F} производится против противоположной ей силы инертности Φ и равна, по определению, изменению кинетической энергии частицы.

Полную работу A_ϕ можно вычислить, замечая, что $m = \gamma m_0$; $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$; $\mathbf{a}_\tau \cdot d\mathbf{r} \equiv v dv$. И тогда, интегрируя δA_ϕ в пределах от начальной скорости v_0 до конечной скорости v , получаем:

$$A_\phi = m_0 \int_{v_0}^v \frac{v dv}{(1 - v^2/c^2)^{3/2}} = m_0 c^2 (\gamma - \gamma_0) \quad (18)$$

где $\gamma_0 = 1/\sqrt{1 - v_0^2/c^2}$. Частный случай (29) этой формулы для $\gamma_0 = 1$ был выведен в §9.

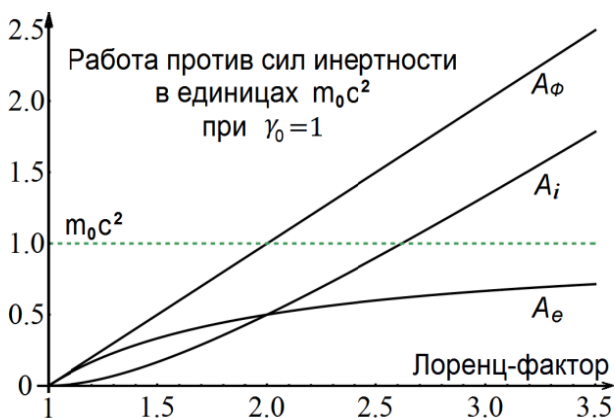
Найдём в A_ϕ долю работы A_e против *переносной силы инертности* $\Phi_e = -m \mathbf{a}_e$, где $\mathbf{a}_e = \mathbf{a}$. Следовательно, $\delta A_e = m_0 \gamma \mathbf{a} \cdot d\mathbf{r} = m_0 \gamma \mathbf{a}_\tau \cdot d\mathbf{r} = m_0 \gamma v dv$. Заменяя: $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, вычисляем искомую работу, интегрируя δA_e в тех же пределах, от v_0 до v :

$$A_e = m_0 \int_{v_0}^v \frac{v dv}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\gamma_0} - \frac{1}{\gamma} \right) \quad (19)$$

Чтобы вычислить работу A_i силы \mathbf{F} против силы *индуктивного сопротивления* \mathbf{I} , проще всего найти разность $A_\phi - A_e$. В итоге получаем:

$$A_i = m_0 c^2 (\gamma - \gamma_0) \left(1 - \frac{1}{\gamma \gamma_0} \right) \quad (20)$$

Благодаря *множителю* $1 \leq \gamma < \infty$, величины работ A_ϕ , и A_i , производимых силой \mathbf{F} против полной силы инертности Φ и против индуктив-



ного сопротивления I , практически не ограничены. Однако работа A_e силы F против переносной силы инертности Φ_e ограничена сверху величиной энергии покоя частицы $m_0 c^2$. Графики зависимости работ A_ϕ , A_e и A_i от Лоренц-фактора γ (при условии $\gamma_0 = 1$) демонстрируют их связанность.

Физический смысл сил инертности в том, что механическая работа разгона и торможения частиц относительно АКС производится против сил инертности, противодействующих этим процессам, и идёт на включение или выключение гравитационных свойств в изменяемой кинетической массе dm этих частиц, подчиняясь закону ВГСМ для кинетической энергии: $dE_k = F \cdot dr = c^2 dm$, закону индукции масс: $dm/dt = F \cdot v/c^2$ и первой аксиоме абсолютной динамики: $F = -\Phi = -\Phi_e - I$. ГК-переход (§6) порождает не только индуктивное сопротивление, но и переносную силу инертности, а также кинетическую энергию, равную работе A_ϕ .

Уравнение (11) при помощи формулы (12), а также формулы (7) из §10, которая определяет *напряжённость поля искусственной тяжести* (ИТ): $g_\phi = \Phi/m$, преобразуется к более простому виду, которое назовём **основным уравнением динамистатики**:

$$N + m(g_m + g_\phi) = 0 \quad (21)$$

Вектор $m(g_m + g_\phi) = -N$ равен **силе тяжести**, она задаёт **направление отвесной линии** в данной точке СКС. Подставляя в формулу (7), §10 силу Φ из формулы (16), получаем вектор g_ϕ *напряжённости поля ИТ*:

$$g_\phi = \frac{\Phi}{m} = \frac{\Phi_e + I}{m} = -a_e + a_i \quad (22)$$

Индуктивное ускорение вычисляется здесь по формуле (13) из §9: $a_i = -v(a \cdot v) \gamma^2/c^2$, где v и a — абсолютные скорость и ускорение точки; переносное ускорение a_e — по формуле (5), П1, там же раскрыт кинематический смысл трёх слагаемых переносного ускорения.

Выбор СКС¹ в основном методе исключения фиктивных сил для записи уравнения равновесия сил (11) узаконивает деление сил инертности на два вида: переносные и индуктивные.² Но метод этот не единственный.

Второй метод основан на применении 1-й аксиомы АСД $\Phi = -F$.

Третий метод использует формулу (13) $\Phi_e = -ta$ для вычисления переносной силы инертности Φ_e после предварительного вычисления абсолютного ускорения a , например, по теореме сложения ускорений (4), П1. Эта теорема предполагает применение НеСКС, поэтому содержит, кроме переносного a_e , ещё два ускорения: относительное a и поворотное a_c , которые могут “проникнуть” в выражение для переносной силы инертности Φ_e обходным путём – через её первое слагаемое – *поступательную силу* инертности: $\Phi_0 = -ta_0$, когда в качестве СКС выбирают невращаемую КС. Поскольку абсолютное ускорение a есть *инвариант* для любой КС, то *инвариантны* и вычисленные третьим методом через абсолютное ускорение a пары сил МГ–МС вида $\pm ta$, либо $\pm ta_c$, с которыми в классической механике были проблемы с их фиктивностью, ибо “демократический” *принцип Даламбера* [68, с.360-361], как чисто математический приём, принципиально не содержал внятных рекомендаций по отсеиванию фиктивных сил и не позиционировался для этой цели.

Критерий реальности сил, сформулированный в §10, положил начало *физическому подходу* к решению данной проблемы. Это главная причина отказа от термина «кинетостатика»³ в пользу *динамистатики*.

Необходимо отличать реальность сил от их востребованности в уравнениях динамики. Хотя равнодействующая F сил МГ и полная сила инертности Φ действуют при $a \neq 0$ *реально и одновременно*, **востребованность указанных сил в уравнениях АСД** зависит от решаемой задачи. В задачах на равновесие все силы МГ и МС востребованы в уравнениях равновесия, записанных в СКС, но в уравнениях движения, записываемых в НеСКС, востребована лишь *равнодействующая* F сил МГ (если $F \neq 0$), или ньютоново ускорение $a_F = F/m$ (§9). По этой причине, для равнодействующей F сил МГ можно сохранить классическое название *ускоряющей силы*, но только в АКС или в ЭИКС. В остальных ДКС относительное ускорение, не имея чисто силового происхождения, не равно абсолютному ускорению, поэтому говорить об ускоряющей силе нет смысла.

¹ СКС можно использовать не только в задачах на равновесие сил, приложенных к телу, но попутно и в задачах анализа *движения* того же тела, рассматривая это движение как *переносное* движение СКС данного тела относительно НеСКС (АКС, ЭИКС или *ЗКС). Например, когда линии действия сил МГ и МС, приложенных к телу, образуют ненулевое плечо, возникает опрокидывающий момент пары сил МГ и МС, который может породить вращательное движение данного тела вместе с его СКС (см. задачи №3 и №5 в §14).

² Даже если переносная сила совпадает по формуле с кориолисовой силой (см. далее п.4). В земных условиях индуктивные сопротивления обнаруживаются в ускорителях частиц.

³ Вторая причина указана в ответе на вопрос 26.

4. Причинность в явлениях с силами инертности.

Согласно §6, любые силы инертности Φ порождаются только абсолютными ускорениями материальных объектов, а последние – силами МГ. Схема: $F \Rightarrow a \Rightarrow \Phi$ отображает суть *причинности* в АСД, где F – равнодействующая сил гравитирующего мира, приложенных к объекту ускорения, a – абсолютное ускорение данного объекта.

В 1835 году Гаспар Кориолис доказал чисто *силовую* теорему [207], введя силу $\Phi_k = -2m\omega \times v$, с целью объяснить роль этой силы в деформации узлов быстро *вращаемых* механизмов из-за давления на них *подвижных* деталей. Ускорений в эту знаменитую теорему он не вводил, поскольку ускорения не требовались для решаемой прикладной задачи. И только через четверть века в трудах Анри Резаля силовая теорема Кориолиса приобретает чисто кинематическую форму, как теорема о сложении ускорений (П1). Поэтому *поворотное ускорение* $a_c = 2\omega \times v$ (6), П1, как слагаемое *абсолютного* ускорения a в теореме (6), П1, заслуживает имя Резаля, но не Кориолиса, принятое большинством механиков.

Научные истины не зависят от демократических процедур. Согласно причинности и принципу АСД, *поворотное ускорение* a_c относительно АКС порождается ускоряющей силой МГ – *поворотной силой* $F_c = ma_c$, а сила инертности $\Phi_k = -ma_c$, носящая имя Кориолиса, *противодействует* этому ускорению деформацией ускоряемого тела.

В отличие от поворотного ускорения, ускорение $a_k = -2\omega \times v$ может *возникать во вращаемой ДКС*, когда отсутствуют какие-либо препятствия и силы, противодействующие свободному движению тела в направлении абсолютной скорости v и в направлении искривления относительной траектории ускорением a_k . То есть a_k – *бессиловое ускорение* (п.2), (см. задачу №7 (§14) и подборку примеров в ответе на вопрос 19).

Если же свободное движение тела в направлении скорости v возможно, но движение во вращаемой ДКС в направлении искривления относительной траектории ускорением a_k преграждается препятствием, то такое препятствие действует на тело, движущееся вдоль него, поворотной силой F_c , порождая *поворотное ускорение* тела $a_c = F_c/m$ относительно АКС, как слагаемое абсолютного ускорения. (См. рисунок к задаче №9 (§14), где тело, имеющее ускорение a_c относительно *ЗКС, – поезд, а препятствием для движения поезда с ускорением a_k служат правые рельсы).

В ряде стран Западной Европы бессиловое ускорение $a_k = -2\omega \times v$ не без основания называют *кориолисовым* [206], ибо формально $a_k \uparrow \Phi_k$, а условия возникновения/исчезновения ускорения a_k и силы $\Phi_k = ma_k$ (см. задачу №6 (§14)) весьма *сходны* с аналогичным поведением *относительного* ускорения a и *относительной* “силы” ma , а точнее, поступательной силы инертности $\Phi_0 = -ma$, где $a = -a$ (см. задачу №1 (§14)). Пока *лучшее* название бессиловому ускорению $-2\omega \times v$ не придумано,

будем называть его *кориолисовым ускорением*, чтобы отличать от поворотного ускорения. Именно $-2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ (но не сила Кориолиса) объясняет искривление вправо или влево трасс полярных спутников Земли (см. ответ на вопрос 19), вращение плоскости колебаний маятника Фуко и направления поворотов глобальных течений в атмосферах вращающихся планет.

5. Отказ от релятивистских принципов.

Неожиданный удар по **принципу эквивалентности** (ПЭ) был нанесён в середине 20 века, когда обнаружилась его полная несостоятельность в микромире (§1). Но не всё было гладко с ПЭ и в *макромире*. Хотя количество разных формулировок ПЭ зашкаливает, все они страдают *необоснованностью обобщений* и опровергаются *контрпримерами*. Время от времени изобретаются менее общие варианты, но и новые варианты постигает такая же судьба. Разберём основные формулировки.

Эйнштейновский вариант ПЭ [126, с.189]: *«Все физические процессы в истинном поле тяготения, с одной стороны, и в ускоренной системе в отсутствие тяготения, с другой, протекают по одинаковым законам»*.

Заметим, что “все физические процессы” происходят в пространстве и времени. Векторное поле ТМ любой космической массы обладает пространственной структурой, которая имеет *сходящийся центральный* характер. Однако, никаким ускорением КС невозможно создать поле ИТ с такой структурой – даже в сколь угодно малом, но не равном нулю объёме пространства. Следовательно, *не все физические процессы 1) в поле тяготения и 2) в ускоренной КС, протекают по одинаковым законам*. Утверждение Эйнштейна оказалось неточным даже для ускоренных лифтов.

В учебнике [151] для учителей физики, под редакцией Ландсберга, читаем: *«Наблюдая в данной системе отсчёта за движением тела под действием сил и не зная, является ли данная система инерциальной, нельзя различить, имеем ли мы дело с силой тяготения или с силой инерции»*.

Общезначимый вариант Эйнштейна – «сильный» ПЭ, как и механический вариант Ландсберга – «слабый» ПЭ, опровергаются *невозможностью искусственной имитации центральных структур векторных полей ТМ*. Даже если силовое поле имеет просто *сильную неоднородность*, невозможную для полей ТМ реальных космических масс, то и этот простейший признак немедленно устанавливает его принадлежность полю ИТ, где поле ТМ возможно только как дополнение. Пример: поле ИТ сильной неоднородности мы легко создаём вращением центрифуги или вращением сосуда с жидкостью (§14, задача №4). Ну а *аксиальная структура* таких полей и рост напряжённости поля с увеличением расстояния от оси вращения однозначно раскрывает их искусственную природу, ибо создание таких полевых структур *невозможно исключительно полями ТМ*.

Исправляя оплошности в указанных выше вариантах ПЭ, сторонни-

ки ТО заменили эти варианты принципом *локальной* эквивалентности [159, с.176]. Новизна здесь в том, что законы *физических процессов* в полях ТМ и в полях ИТ якобы одинаковы не в объёме пространства, как *подразумевалось* прежде, а *локально*, то есть в геометрической точке.

Однако новаторы не учли, что «точечная» эквивалентность полей ТМ и ИТ *неполноценна*, ведь ею нельзя объяснять *процессы движений*, совершаемые не в математической точке с нулевыми размерами, а в *пространстве с ненулевыми* размерами. Например, именно по этой причине закон инерции не соблюдается в свободно падающей лаборатории (СПЛ), так как в любой, сколько угодно малой *окрестности* ЦМ СПЛ, возникает приливное поле сложной, не имитируемой структуры (§10), которое *ускоряет* движение свободных частиц, делая закон инерции *теоретически невыполнимым* в реальных полях ТМ, которые принципиально неоднородны. Строго говоря, по этой же причине, релятивистский термин “*локально инерциальная система отсчёта*” (§8) не имеет физического содержания.

В 90-е годы усовершенствованный вариант ПЭ дан в физической энциклопедии Л.П. Питаевским: «*Принцип эквивалентности – аналогия между свободным движением тел, наблюдаемым в неинерциальной системе отсчёта, и движением тел в поле тяготения. Ускорение тела в обоих случаях не зависит от его массы и других свойств, так что все тела при одинаковых начальных условиях движутся одинаковым образом. В этом смысле всякое гравитационное поле в малой области пространства эквивалентно некоторой неинерциальной системе отсчёта*». [158]

Данный вариант ПЭ уже предыдущих определений, так как утверждается об эквивалентности только *механических движений* и в *малой* области пространства. Но и этот вариант имеет дефект. Закон Галилея, который постулирует независимость ускорения свободного падения от масс падающих тел, хотя и выполняется приближённо для очень *малых падающих масс в поле тяготения близкой космической массы* (относительно последней), однако **в классической задаче двух тел, относительные ускорения космических масс закону Галилея не подчиняются**. Причина – 3-й закон Ньютона (см. теорему, доказанную в конце §13).

Кроме классического эффекта, здесь возникает эффект АСД: зависимость ускорения свободного падения от *абсолютной скорости* тела, из-за появления индуктивного ускорения (§9). Однако абсолютные скорости для коррекции теории относительности категорически противопоказаны.

Наконец, самые узкие формулировки ПЭ, как *эквивалентность массы и энергии*, а также *эквивалентность гравитационной и инертной массы*, были рассмотрены и *опровергнуты* в §6. Там же было показано, что от принципа эквивалентности остаётся только *прямая пропорциональность инертной и гравитационной масс* [126, с.189], *но не всюду, а только в гравитирующем мире*. Однако эта пропорциональность строго следует из теории Ньютона и подтверждается маятниковыми экспериментами (§6),

поэтому в специальном постулате не нуждается.

Разбор разных формулировок ПЭ показывает, что физическим явлениям под названием *механические напряжения и деформации*, в теории относительности не уделялось *должного* внимания.¹ Это упущение устранено субстанциальной динамикой.

Но ещё Ньютон обратил внимание на возможность доказать истинность (абсолютность) вращения в космосе двух шаров, соединённых нитью и свободно обращающихся вокруг их общего центра тяжести, путём *измерения натяжения* нити и *вычисления угловой скорости* обращения по известным массам шаров и длине нити [34, с.35-37], [62]. Описываемый ниже пример из космонавтики не менее поучителен, он наглядно иллюстрирует применение критерия реальности сил, сформулированного в §10.

Пример. В космической невесомости свободно падают, не вращаясь, два одинаковых космических аппарата цилиндрической формы: КА1 и КА2, не имея механического контакта друг с другом. Их продольные оси всё время точно совпадают, а космонавты каждого КА видят всё происходящее в соседнем КА через иллюминаторы. Ближайшие космические тела – не планеты, и не звёзды, а галактики, которые не видны невооружённым глазом. Поэтому визуальные ориентиры по небесным телам отсутствуют.

Внезапно КА1 начинает быстро вращаться вокруг продольной оси (например, из-за отказа в системе угловой стабилизации). Центробежные силы инертности (ЦБСИ) вполне реальны, они, совместно с осестремительными силами, порождают растягивающие напряжения и деформации корпуса КА1, а в телах, прижатых к корпусу изнутри, – наоборот, сжимающие напряжения и деформации, характерные для явлений перегрузки. Во вращаемой КС возникают и расстройства вестибулярного аппарата, весьма неприятные для космонавтов при любых движениях головой. Поэтому, *сидящие в креслах* космонавты КА1, увидев вращение чужого КА2 относительно своего КА1, тем не менее, не поддадутся зрительному *обману относительности* вращения, и даже без приборов поймут, что вращается не соседний КА2, а их собственный КА1, и неисправность нужно устранять в своём КА.

Поле ИТ в СКС КА1 правильно объяснит ошутимое действие ЦБСИ на тела, закреплённые в КА1. Однако незакреплённые тела таких *перегрузок* не испытают. Их движение в НеСКС КА1 описывается кинематическим уравнением (8'), где в данном случае абсолютное ускорение $\mathbf{a} = 0$, относительное ускорение $\mathbf{a} = -\mathbf{a}_e - \mathbf{a}_c = -\omega^2 \mathbf{h}$, где ω – угловая скорость, \mathbf{h} – вектор-расстояние от оси вращения. Космонавт, *свободно парящий в невесомости* внутри КА1, увидит начавшееся вращение своего КА, но чужой КА2 останется для него в покое. Состояние невесомости для парящего космонавта будет продолжаться сколько угодно долго при усло-

¹ Исключением был учебник [191]. Но и в нём (§42) делается ошибочное обобщение о ПЭ.

вии вакуума внутри КА1. Поле ИТ, прижавшее к вращающемуся корпусу *закреплённые* тела, оказывается бессильным для *свободных* тел, оно не отбрасывает парящего космонавта к корпусу КА, а движение головы парящего космонавта не вызывает у него вестибулярных нарушений. Собственной координатной системой для парящего космонавта стал чужой космический аппарат КА2, а свой космический аппарат, из-за вращения, оказался **несобственной** КС.

В свою очередь, космонавты КА2, заметив вращение соседнего КА1, вначале могут поддаться *обману относительности* вращения, предположив, что начал вращаться их собственный КА2. Но, взглянув на свои акселерометры, закреплённые на корпусе КА и показывающие нули, они поймут, что ошиблись и спасать нужно соседей. Следовательно, поле ИТ соседнего КА1 не повлияло на процессы в своём космическом аппарате.

На вопрос: **относительно чего должно вращаться тело, чтобы в нём немедленно возникали механические напряжения?** *Физический* и теоретически проработанный ответ даёт только субстанциальная динамика: **относительно мировой среды**. Для появления механических напряжений вращение тела должно быть *абсолютным*.

Меж тем классическая механика утверждает, что тело должно вращаться относительно среднего расположения удалённых звёзд (как в примере с шарами Ньютона, но в интерпретации Беркли-Маха). Но тогда без ответа остаётся вопрос – как звёзды, удалённые на миллионы и миллиарды световых лет, могут повлиять на мгновенное возникновение переносных сил инертности в наших опытах? Успешно проверенных физических теорий, объясняющих указанное влияние звёзд, не существует, но после создания и подтверждения субстанциальной динамики, потребность в фантастических теориях такого рода отпадает.

Подведём итог. Вопреки высказываниям Эйнштейна (см. например, цитату из сочинений Эйнштейна, приведённую в §3), *несобственные КС не равноправны* собственным, и как доказало наше исследование, полезно *ограничить применение полей ИТ, как силовых полей, вычислениями только в собственных КС, ускоренных относительно мировой среды*.

Поскольку силовая характеристика полей ТМ и ИТ – напряжённость поля, равная отношению силы к массе, имеет *размерность ускорения*, нетрудно сформулировать дополнительное правило, раскрывающее особенности применения методов динамистатики и кинетики (см. пункт 1) к полям ТМ и ИТ.

3) Правило интерпретации полей. Поля ТМ и поля ИТ в задачах динамистатики необходимо интерпретировать как *силовые* поля с соответствующими *напряжённостями*, а в задачах кинетики названные напряжённости следует интерпретировать как *ускорения*. (Практическое применение данного правила демонстрируется решением задач в §13 и §14.)

В новой формулировке нет ни слова об «эквивалентности» двух об-

- 78 -

суждаемых полей, ведь поля ТМ и ИТ различаются принципиально¹ и в их искусственном отождествлении субстанциальная теория не нуждается.

Более того, будущая квантовая теория тяготения не сможет опереться на релятивистский принцип эквивалентности, поскольку он не работает в микромире (§1).

Контрпримерами, приведёнными выше, опровергается также и *общий* принцип относительности, понимаемый Эйнштейном как равноправие ускоренных КС (§2 и §3). В теории относительности **отсутствуют теоретические основания** для существования такой КС, вращение относительно которой могло бы считаться абсолютным, порождая однозначно вычисляемые механические напряжения и деформации в ускоряемых телах.²

Поэтому, завершая изложение теоретических оснований АСД, уместно определиться с драгоценным для релятивизма термином *принцип относительности*. По мнению автора, в механике имеет смысл говорить об **относительности движений**, а не о релятивистском принципе «общей относительности», который в природе не работает (§2).

Относительность механических движений подразумевает необходимость преобразований всех зависимых от движений физических параметров, при их пересчёте из одной КС в любую другую КС, то есть *редукцию*, методика которой изложена в пункте 1, а практическое использование – в главе 3. Поэтому, область определения и применения такого термина уже, чем релятивистского принципа. Но это то, что нужно механике.

Поскольку в динамике (в отличие от кинематики) координатные системы не равноправны (пункт 1), то *относительность* движений не тождественна *равноправию* КС. Эти разные понятия, соединённые авторами принципа относительности в одно целое, необходимо разъединить, чтобы успешно различать.



¹ Дополнительные сведения о различии свойств полей ТМ и ИТ см. в ответе на вопрос 22.

² Все попытки апеллировать к принципу Маха оказались неудачными, так как явление *инертности* остаётся реальностью и в частной теории относительности, которая оказывается предельным случаем ОТО, когда все массы Вселенной (за исключением исследуемых масс) чисто математически удаляются в бесконечность [115, с.586]. Ну а ссылки на инерциальные системы отсчёта (ИСО) просто постулируют их “существование” [40] без указания причины – мировой среды.

ГЛАВА 3

Применение АСД

Цель настоящей главы – показать на конкретных примерах и решениях практических задач преимущества субстанциональной динамики перед классической и релятивистской механикой.

§12. Области аппроксимации математических моделей

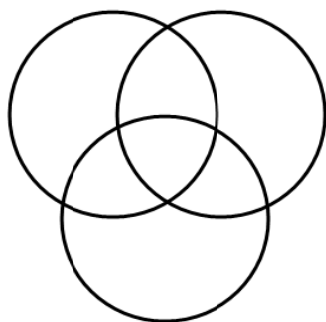
В самом начале главы 1 было дано определение области компетенции (ОК) теории как сферы её применения, где теория даёт правильные прогнозы.

Дальнейшая детализация понятия ОК приводит к необходимости выделения в ОК множества всех экспериментов, которые подтверждают теорию фактами, причём с обязательным учётом условий проведения каждого эксперимента, описанием применяемых приборов и обоснованием достигнутой точности измерений. Множество, определённое таким способом, физически конкретно, оно характеризует точность использованной в теории математической модели и может быть названо её **областью аппроксимации (ОАП)**.

Термин «аппроксимация» призван напоминать теоретика о том, что *математическая модель практически всегда **не**тождественна реальным явлениям природы*, она описывает реальные явления только с меньшим или бóльшим приближением.¹ Сказанное подтверждает и история физики: даже в самых удачных физических теориях прошлого, обладавших обширными ОАП, дальнейший прогресс в измерениях неожиданно выявлял *отклонения* от теоретической модели – **аномалии**. В итоге эти теории приходилось уточнять, либо заменять более удачными теориями.

Поэтому разумно говорить **не** об *открытии* новых теорий, ибо в исследовании природы разуму человека внезапно *открываются* только неизвестные ранее факты и самые очевидные закономерности, а об *изобретении* теорий людьми, так как каждая успешная теория должна объединить многочисленные и разрозненные научные факты в логически непротиворечивую и математически стройную систему. Изобретение теорий требует несопоставимо большего интеллектуального труда, чем открытие новых явлений природы [164]. Успех этой работы во многом зависит от исторического фона, удачи и, разумеется, от личных качеств теоретика.

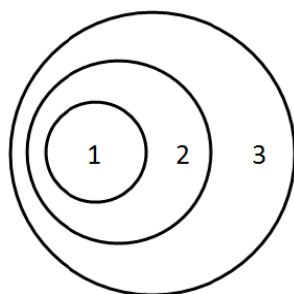
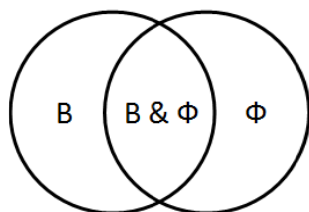
¹ От некоторых математиков можно услышать, что фундаментальные законы физики абсолютно точны. На самом деле они будут “точные” только до той поры, пока новые и более точные эксперименты не обнаружат их приближённость.



Как бы совершенна ни была теория, но с течением времени всё более точные эксперименты будут не только расширять её ОАП, но могут начать и «отрезать» от её ОАП кусок за куском, пока новая, ещё *более точная* теория, полностью не поглотит предыдущую и устаревшую. Отсюда следует *множественность* возможных математических моделей конкурирующих теорий с одинаковыми или перекрывающимися ОАП (см. рисунок трёх ОАП сле-

ва, изображённых в виде кругов Эйлера [161, с.102-110]).

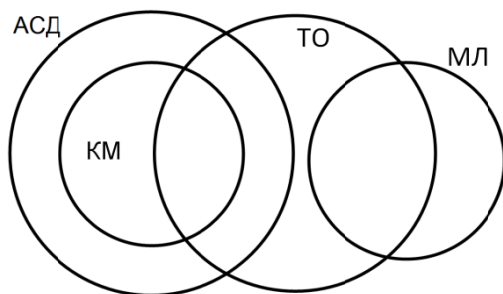
Хороший пример множественности легитимных математических моделей – открытый в начале 20 века **дуализм волна-частица** для света. Однако, на самом деле, **двойственна не природа света, двойственны наши математические модели** для правильного описания света: в одних явлениях – в виде волн (В), а в других – в качестве фотонов (Ф). Но некоторые оптические явления можно с успехом описывать обеими моделями (В&Ф) – как волнами, так и фотонами (П2).



Эволюция физической теории может включать в себя от одного до нескольких этапов: от открытия первого подтверждающего факта до их многократного умножения и признания теории большинством специалистов, а затем последующего *регресса* и замены старой теории более совершенной теорией. На рисунке слева схематически показан процесс расширения ОАП теории в направлении $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$. Но этот же рисунок может означать и регресс теории в направлении $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 0$, либо связь ОАП *трёх* теорий, обладающих разной

широтой охвата, однако имеющих общую область компетенции внутри круга 1.

На последнем рисунке представлена современная логическая связь ОАП классической теоретической механики (круг КМ), ОАП субстанциональной динамики (круг АСД), ОАП теории Максвелла-Лоренца (круг МЛ) и ОАП теории относительности (пересекающий их круг ТО).



Абсолютная субстанциальная динамика включает в себя классическую механику, как предельный случай. Но ОАП АСД шире. Во-первых, благодаря большей точности при высоких скоростях частиц и тел относительно мировой среды (МС) (§9, §15), а во-вторых, благодаря критерию различения истинных сил инертности и фиктивных сил инерции (§10, §11, §14).

ОАП теории относительности (ТО) охватывает только ту часть теоретической механики и только ту часть субстанциальной динамики, где отсутствуют вращения астрономических координатных систем (КС) относительно МС (§3). Но ОК релятивистской теории включает в себя и релятивистскую электродинамику, за которую субстанциальная динамика отвечать не должна. Зато субстанциальная теория Максвелла-Лоренца (МЛ), использующая классическую кинематику, основанную на классическом законе сложения скоростей, справляется с обоснованием электродинамических экспериментов значительно лучше теории относительности, повысив точность вычислений на несколько порядков (§§17-19 и П2).

В итоге от ОАП теории относительности осталась пока не «отрезанной» только та часть, которую академик В.А. Фок называл теорией тяготения (§2). Автор надеется, что *субстанциальная теория тяготения масс*, отвечающая концепции близкодействия, не заставит себя долго ждать.

Начало избавления физики микромира от релятивистских догматов положено абсолютной субстанциальной динамикой, которая развивает понятие мировой среды и уточняет в §§6, 7, 9, 15 множество формул, используемых в теории частиц высоких энергий, интерпретируя их иначе, и вкладывая в них *субстанциальный* смысл. Заинтересованный читатель может познакомиться с *нерелятивистской моделью квантовой механики*, изложенной в последней работе В.А. Котельникова [199], к сожалению, незаконченной.

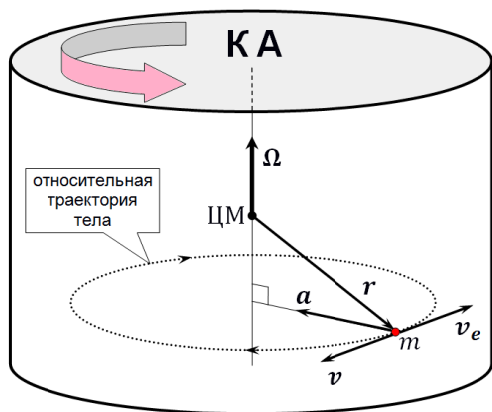
В следующих двух параграфах демонстрируется применение уравнений АСД, её методов и критерия реальности сил (§§10-11) к решению задач *теоретической механики*.

§13. Решение задач на абсолютное и относительное движение

Для данного параграфа подобраны задачи, решения которых на простых примерах проясняют физические различия между субстанциальной динамикой, классической динамикой и релятивистской теорией.

Три первые задачи на исследование *движений* демонстрируют возможность обходиться без введения сил инерции, как и сил инертности.

Задача 1. (См. пример в §11, п.5). Вначале КА и *незакреплённое* тело массой m , находящееся внутри КА в вакууме, покоились. Положение тела относительно ЦМ КА определяется радиус-вектором \mathbf{r} . Затем КА стал вращаться вокруг оси, проходящей через *его* ЦМ, с *постоянной* угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega}$ относительно АКС (см. рисунок). Вычислить ускорение \mathbf{a} данного



тела *относительно* КА и предложить способ экспериментального доказательства того, что это ускорение – *бессилковое* (§11, п.2).

Решение. Выбрав вращаемый КА в качестве рабочей НеСКС, воспользуемся уравнением (8'), §11, как следствием уравнения (8), §11, сразу получая разложение относительного ускорения \mathbf{a} тела на его части:

$$\mathbf{a} = -\mathbf{a}_e - \mathbf{a}_c \quad (1)$$

где $\mathbf{a}_e = \boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) = \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}_e$ – переносное ускорение НеСКС, оно является *осеостремительным*; $\mathbf{v}_e = \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}$ – переносная линейная скорость НеСКС; $\mathbf{a}_c = 2 \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}$ – поворотное ускорение тела по своему направлению оказывается *центробежным*, так как в этой задаче $\mathbf{v} = -\mathbf{v}_e$. Подставляя выражения \mathbf{a}_e и \mathbf{a}_c в уравнение движения (1), получаем относительное ускорение: $\mathbf{a} = -\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}$. Разумеется, относительное ускорение \mathbf{a} является *центростремительным* ускорением – в полном соответствии с законом равномерного движения по окружности. Введение в абсолютной динамике во вращаемых координатах **центробежного ускорения** [94], как малого вклада $-\mathbf{a}_e = -\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}_e$ в радиальное ускорение на *криволинейной* траектории, не противоречит классической кинематике, так как *полное* ускорение направлено здесь в сторону вогнутости траектории.

Поля искусственной тяжести, создаваемые вращением планет, имеют векторную структуру, направленную *наружу* от оси вращения, поэтому вклады ускорений свободного падения, обусловленные вращением

планет, тоже будем называть центробежными (см. задачу №6).

Решение любителя сил инерции. Поскольку вращаемый КА – система неинерциальная, используется уравнение Даламбера: $\mathbf{F} - m\mathbf{a} = 0$. Раскрывая абсолютное ускорение \mathbf{a} по закону сложения ускорений (4), (П1): $\mathbf{a} = \mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c$, и подставляя его в уравнение Даламбера, любитель получает целый букет сил инерции: $\mathbf{F} - m\mathbf{a} - m\mathbf{a}_e - m\mathbf{a}_c = 0$. Но по условию $\mathbf{F} = 0$, следовательно: $-m\mathbf{a} - m\mathbf{a}_e - m\mathbf{a}_c = 0$, то есть даламберова сила инерции равна нулю. Налицо **парадокс равновесия сил**, ведь исследуемое тело не покоится, а движется с ускорением в данной системе отсчёта. Это обстоятельство не останавливает любителя сил инерции, и он обозначает *две из трёх сил*: $\mathbf{J}_e = -m\mathbf{a}_e$ – центробежная сила инерции, $\mathbf{J}_k = -m\mathbf{a}_c = m\mathbf{a}_k$ – кориолисова сила инерции, получая уравнение: $\mathbf{a} = \frac{1}{m}(\mathbf{J}_e + \mathbf{J}_k)$ [169]. Сложение двух “сил” формально даёт верный ответ (1). Однако игнорирование третьей “силы” инерции $\mathbf{J}_r = -m\mathbf{a}$ (относительной) означает *подгонку* “сил” под заранее известное ускорение, выражаемое формулой (1).

Остаётся лишь добавить, что **введение любых сил в рассмотренное явление, как и принцип Даламбера, противоречат критерию реальности сил** (§10) и опровергаются простым опытом с размещением на исследуемом теле акселерометров и тензодатчиков. Эти приборы не обнаружат ни абсолютного ускорения исследуемого тела, ни его деформации.

В следующей задаче, заимствованной из задачника [39], центробежное ускорение тела во вращаемой КС оказывается не малым вкладом, а *полным* ускорением. Сила, порождающая это ускорение, не очевидна, поэтому решение задачи нередко вызывает *методические* трудности.

Задача 2. Прямую горизонтальную трубу вращают с угловой скоростью $\Omega = \text{const}$ вокруг вертикальной оси, пересекающей её конец. Внутри трубы на расстоянии $r_0 \neq 0$ от оси вращения удерживается тело, которое освобождают без толчка. Найти скорость v тела относительно трубы на расстояния $r \geq r_0$ от указанной оси вращения. Трением пренебречь.

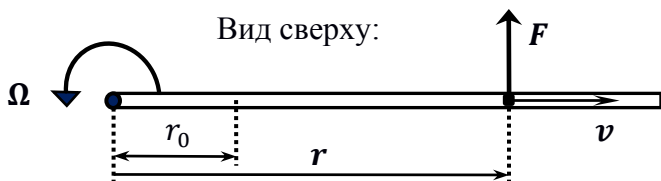
Решение. Любитель сил инерции, ложно уверенный в том, что *любое* ускорение вызывается силой, введёт в СКС трубы центробежную силу инерции $m\Omega^2 r$, написав такое уравнение движения:

$$m\mathbf{a}(t) = m\Omega^2 r(t) \quad (2)$$

И решение этого уравнения даёт верный ответ! Тем не менее, *такое обоснование ошибочно* – не только с точки зрения абсолютной динамики (оно противоречит общему уравнению (3), §11, где нет центробежной силы и других сил инерции или инертности), но и с точки зрения принципа Да-

ламбера классической динамики, где центробежная сила есть: это одна из составных частей полной силы инерции $-m\mathbf{a}$.

В классической динамике принцип Даламбера, в сочетании с теоремой о сложении ускорений (4), (П1), даёт в СКС трубы уравнение:



$$\mathbf{F} - m(\mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c) = 0 \quad (3)$$

где \mathbf{F} – равнодействующая всех сил МГ (§6), действующих на тело в трубе. Поскольку сумма силы тяжести $m\mathbf{g}$ и *вертикальной* реакции трубы $\mathbf{N} = -m\mathbf{g}$ равна нулю, сила \mathbf{F} равна горизонтальной реакции трубы, направленной перпендикулярно оси трубы (см. рис.). Три разновидности даламберовой силы инерции: $-m\mathbf{a}$ – относительная сила инерции, $-m\mathbf{a}_e = m\Omega^2\mathbf{r}$ – центробежная сила инерции, $-m\mathbf{a}_c = -2m\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} = m\mathbf{a}_k$ – кориолисова сила. После проецирования всех сил уравнения (3) на ось \mathbf{r} трубы исчезают силы: \mathbf{F} – горизонтальная реакция трубы и кориолисова сила $-2m\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}$ (они всё время перпендикулярны трубе). Остаются только две силы, которые *уравновешивают* друг друга, и действительно, согласно уравнению (3) их векторная сумма равна нулю:

$$-m\mathbf{a} + m\Omega^2\mathbf{r} = 0 \quad (4)$$

По этой причине выбор для разгоняющего действия на тело вдоль трубы только одной из двух уравновешенных сил – центробежной силы, как и относительной силы инерции, одинаково нелеп: “силовой приём” классической динамики в НеСКС ускоряемого тела (в собственной КС трубы) снова привёл к **парадоксу равновесия сил**, как и в задаче №1.

Чтобы устранить классический парадокс равновесия сил, абсолютная динамика привлекает для решения задач на движение не силы инертности или силы инерции, а силы гравитирующего мира. Выпишем ковариантное уравнение субстанциальной динамики¹ (3) из §11, которое применяется для НеСКС и изначально не содержит сил инертности:

$$\mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad (5)$$

Движущееся тело превращает СКС трубы в рабочую НеСКС ускоряемого тела. Проецирование всех векторов уравнения (5) на ось \mathbf{r} трубы даёт

¹ Пренебрегая индуктивным ускорением из-за его малости.

уравнение без сил только с двумя ускорениями: относительным \mathbf{a} и переносным \mathbf{a}_e :

$$\mathbf{a} + \mathbf{a}_e = 0 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{a} = -\boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) \quad \Rightarrow \quad a = \Omega^2 r \quad (6)$$

где проекцию a вектора \mathbf{a} на ось трубы запишем как функцию от проекции r радиус-вектора \mathbf{r} на ту же ось:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dr} \frac{dr}{dt} = \frac{dv}{dr} v \quad (7)$$

Подстановка правой части (7) в левую часть уравнения (6) даёт искомое дифференциальное уравнение для вычисления функции скорости $v(r)$:

$$v \frac{dv}{dr} = \Omega^2 r \quad (8)$$

Его решение, при начальном условии $v(r_0) = 0$, даёт правильный ответ:

$$v(r) = \Omega \sqrt{r^2 - r_0^2} \quad (9)$$

Относительное ускорение \mathbf{a} в уравнении (6) противоположно *осе-стремительному* ускорению $\mathbf{a}_e = -\Omega^2 \mathbf{r}$, поэтому, как и в задаче №1, это радиальное ускорение назовём *центробежным* ускорением. Но в отличие от задачи №1, здесь оно – *полное* ускорение тела, а не его малая часть. Тем не менее, и тут нет противоречия данному названию и законам движений по траекториям, так как траектория тела в рабочей HeCKC *прямолинейна*, а вектор ускорения $\Omega^2 \mathbf{r}$ направлен *наружу* от оси вращения.

Данная задача – пример преобразования динамической задачи в кинематическую задачу путём выбора такой КС, где проекция реальной силы \mathbf{F} на направление *относительного* движения всё время равна нулю. В АСД решение этой задачи обошлось без введения фиктивных сил и без парадокса равновесия сил и тем самым показало преимущество правил, методов и уравнений АСД перед принципом Даламбера.

В учебниках можно прочесть, что центробежное ускорение вызвано фигурирующей в уравнениях (2) и (4) центробежной силой [210, с.393]. Для опровержения этой ошибки сменим СКС трубы на земную КС, точнее *ЗКС, относительно которой труба равномерно вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega}$, затем вычислим траекторию тела в *ЗКС, и по проекции силы \mathbf{F} на касательную к траектории, выясним причину увеличения скорости тела после его освобождения.

Сначала *удерживаемое* тело движется в *ЗКС по окружности радиусом r_0 с круговой скоростью $\mathbf{v}_0 = \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}_0$, а после освобождения оно по закону инерции должно продолжить движение со скоростью \mathbf{v}_0 , но по касательной, проведённой к окружности в точке освобождения. Чтобы стенки вращаемой трубы не мешали прямолинейному вылету тела наружу,

форма трубы должна быть эвольвентой (развёрткой) окружности, то есть спиралью, изогнутой против вращения трубы. Поскольку труба прямая, освобождённое тело разгоняется её стенками относительно *ЗКС по другой спирали, которая изгибается *по направлению* вращения трубы силой \mathbf{F} реакции трубы. Нелишне напомнить, что сила \mathbf{F} направлена перпендикулярно оси трубы, ибо трением пренебрегаем по условию задачи.

Но прежде чем перейти в *ЗКС, учтём, что в СКС трубы радиус r и скорость v есть функции времени t движения тела по трубе: $r = r(t)$; $v(t) = dr/dt$. Благодаря этому уравнение (9) удастся преобразовать к дифференциальному виду относительно неизвестной функции $r(t)$:

$$dr/dt = \Omega \sqrt{r^2(t) - r_0^2} \quad (10)$$

Разделяя переменные r и t , и интегрируя (10) с учётом начального условия $r(0) = r_0$, получаем формулу связи текущего радиуса и времени:

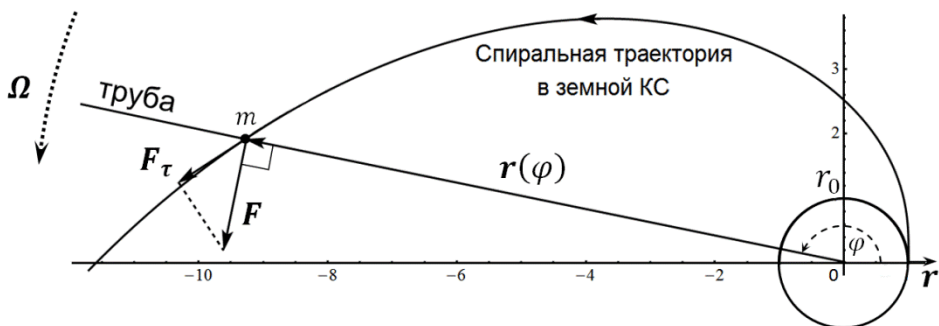
$$\ln \frac{r + \sqrt{r^2 - r_0^2}}{r_0} = \Omega t \quad (11)$$

где произведение Ωt равно углу поворота φ вращаемой трубы от момента освобождения тела, то есть от начала его разгона. С учётом названной замены получаем из формулы (11) уравнение в *полярных координатах* r, φ , то есть *траекторию* тела в *ЗКС:

$$r_0 e^\varphi - r = \sqrt{r^2 - r_0^2} \quad (12)$$

После возведения левой и правой частей уравнения (12) в квадрат, формула траектории тела приводится к явному виду, её график изображён ниже:

$$r(\varphi) = r_0 \operatorname{ch} \varphi \quad (13)$$



Криволинейное движение тела в *ЗКС требует действия силы, искривляющей траекторию тела и увеличивающей его скорость. Поскольку трение здесь не учитывается, этой ускоряющей силой (*инвариантной* для любой КС – §11) оказывается горизонтальная реакция трубы \mathbf{F} , которая в

любой момент времени перпендикулярна оси трубы r . На графике показана стартовая окружность радиусом r_0 и траектория тела $r(\varphi)$ при повороте трубы на 180° после освобождения тела. Несмотря на то, что в *ЗКС $F \perp r$, проекция F_τ силы F на касательную к спиральной траектории $r(\varphi)$, при $\varphi > 0$, не равна нулю.

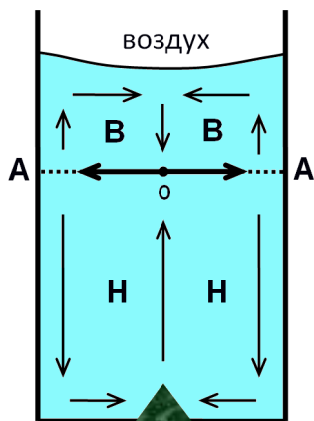
Поэтому сила F_τ как компонента полной силы реакции трубы, оказывается той не очевидной силой, которая увеличивает скорость тела вдоль его спиральной траектории в *ЗКС, и как *кинематическое следствие – относительно трубы*, в её СКС.

Подробно обо всех силах, действующих на тело, разгоняемое вращаемой трубой, а также о принципе действия центробежного насоса и способе увеличения его КПД, можно узнать из решения задачи №6 (§14).

Задача 3. Если с помощью ложки заставить чай в стакане вращаться вокруг вертикальной оси, то когда вращательное движение чая успокоится, тонущие чайники окажутся в *центре* дна стакана. Объяснить причину такого поведения чайников.

Решение. Ключ к правильному ответу даёт динамика вязких жидкостей, которая основывается на экспериментально установленном факте *нулевой скорости* движения жидкости на омываемой ею твёрдой поверхности из-за вязкого трения [70]. Хотя вращаемая жидкость покоится на стенках стакана, однако быстро увеличивает свою угловую скорость вращения ω в *пограничном слое* по мере удаления от стенок в направлении оси симметрии стакана. Если дополнительно учесть вязкое трение жидкости снизу о дно стакана, а сверху – о воздух,¹ то максимальная угловая скорость вращения жидкости оказывается не просто на оси симметрии, но в некоторой точке О горизонтального сечения А–А, расположенного ниже поверхности жидкости (см. рисунок).

Полное давление в каждой точке жидкости равно сумме гидростатического давления ρgh и динамического давления, пропорционального ρv^2 , где h – глубина, ρ – плотность жидкости, $v = \omega r$ – линейная скорость её вращения на текущем радиусе r . Очевидно, что наибольшее динамическое давление $\sim \rho \omega^2 r^2$ создаётся в сечении А–А около пограничного слоя у стенок стакана. Стенки воспринимают силы как гидростатического, так и динамического давления жидкости, и по третьему закону Ньютона противодействуют динамическому давлению осеостремительными силами, необхо-



¹ Тормозящее влияние оказывают и силы поверхностного натяжения жидкости.

димыми для вращения жидких масс. *Движение жидкости по вертикали порождается разностью динамических давлений на различных высотах.* Поскольку выше и ниже сечения А–А динамическое давление меньше, чем в сечении А–А, жидкость устремляется от мест с наибольшим динамическим давлением – кольца в сечении А–А около стенок – в места вдоль стенок с меньшими динамическими давлениями, то есть вверх и вниз от сечения А–А.

Другими словами, возникает *эффект центробежного насоса*,¹ который перекачивает жидкость от сечения А–А вниз и вверх вдоль стенок, в направлении вертикальных стрёлок. Жидкость, вращаемая в сечении А–А со скоростью, большей, чем в остальных сечениях, выполняет функцию рабочего тела центробежного насоса. Поскольку рабочее тело расходуется, оно непрерывно пополняется новым притоком к центру О сверху и снизу от сечения А–А, *вдоль оси* вращения. На рисунке показано – как указанные потоки замыкаются около дна и около верхней поверхности горизонтальными движениями жидкости от стенок стакана *к оси* вращения.

В результате работы такого «насоса» **появляются два тороидальных водяных вихря** – верхний **В** и нижний **Н**, которые *переносят* жидкость и взвешенные в ней чаинки в направлении стрёлок, показанных на рисунке. Следует уточнить: так было бы, если вихри вращались *только* в направлении данных стрёлок. На самом деле вихри продолжают вращаться по инерции и вокруг вертикальной оси симметрии стакана.²

Кинематическое сложение указанных вращений преобразует радиальное движение жидкости во вращаемой КС, показанное горизонтальными стрелками, в движение по *спиральным* траекториям в неподвижной КС стакана. Преобразование радиального движения в одной КС в спиральное движение в другой КС происходит без силового воздействия, то есть является *кинематическим* эффектом теоремы сложения скоростей (1), П1.

Всплывающие чаинки переносятся верхним вихрем по спиральным траекториям сначала в центр верхней поверхности, но к концу процесса они разбрасываются хаотически из-за подавления верхнего вихря более мощным нижним вихрем.³

Однако если чаинки *тонущие*, они постепенно переносятся нижним вихрем по спиральным траекториям, медленно сходящимся к центру дна стакана. Там они и скапливаются, не обладая нужной плавучестью, чтобы всплыть вверх, и по этой причине образуют на дне стакана растущий остроконечный холмик.

¹ Лопастью «насоса» служит чайная ложка, потом процесс идёт по инерции, затухая. Принцип действия центробежного насоса кратко описан в решении задачи №6 (§14).

² Пока кинетическая энергия вихрей не рассеется в теплоту.

³ Этому способствуют и силы поверхностного натяжения жидкости, которые останавливают вращение верхней поверхности жидкости *раньше* остановки вращения водного объёма.

Задача 4. Тело массой покоя $m_0 = 1$ кг разгоняется от нулевой начальной скорости относительно АКС при помощи *постоянной* силы \mathbf{N} , модуль которой $N = 10$ Н. Вычислить траекторию, найти расстояние от центра КС и время, через которое данное тело преодолеет “световой барьер” скорости в равномерно вращаемой относительно звёзд КС, центр которой совпадает с началом траектории тела, если вектор угловой скорости вращаемой КС $\boldsymbol{\Omega} \perp \mathbf{N}$, а её модуль равен $7,29 \cdot 10^{-5}$ рад/с.

Решение. На первый взгляд, может показаться, что в условии задачи мало данных, ибо не задано вездесущее поле тяготения масс, влияющее на движение всех тел. Тем не менее, задача имеет ясное решение *вдали от звёзд*. Действительно, удалившись от Солнца на 1 св. год, мы не сможем измерить его поле тяготения на фоне поля ТМ нашей Галактики, которое равно всего лишь $2 \cdot 10^{-10}$ Н/кг (см. §10), то есть на одиннадцать порядков меньше начального ускорения тела, равного $a_0 = N/m_0 = 10$ м/с².

Поэтому в уравнениях движения можно смело принять $\mathbf{G} = m\mathbf{g} = 0$, $\mathbf{F} = \mathbf{N}$. Решение упрощается, если разбить его на два этапа: 1) найти зависимость параметров движения тела относительно АКС; 2) редуцировать найденные параметры из базовой АКС во вращающуюся НеСКС, как рабочую КС, получив относительную траекторию и зависимость относительной скорости тела от времени $\mathbf{v}(t)$, затем выразить из неё время.

1-й этап был уже частично пройден в §9 в процессе доказательства теоремы о существовании предела абсолютной скорости поступательных движений частиц, и вывода в §9 формулы (9):

$$\mathbf{v}(t) = \frac{c \mathbf{F} t}{\sqrt{m_0^2 c^2 + (\mathbf{F} t)^2}} \quad (14)$$

Заменяя $\mathbf{F} = \mathbf{N}$, деля затем числитель и знаменатель формулы (14) на cm_0 , и вводя вектор: $\mathbf{N}/m_0 = \mathbf{a}_0$, получаем зависимость абсолютной скорости тела от времени движения на прямолинейной траектории в АКС:

$$\mathbf{v}(t) = \frac{\mathbf{a}_0 t}{\sqrt{1 + (a_0 t/c)^2}} \quad (15)$$

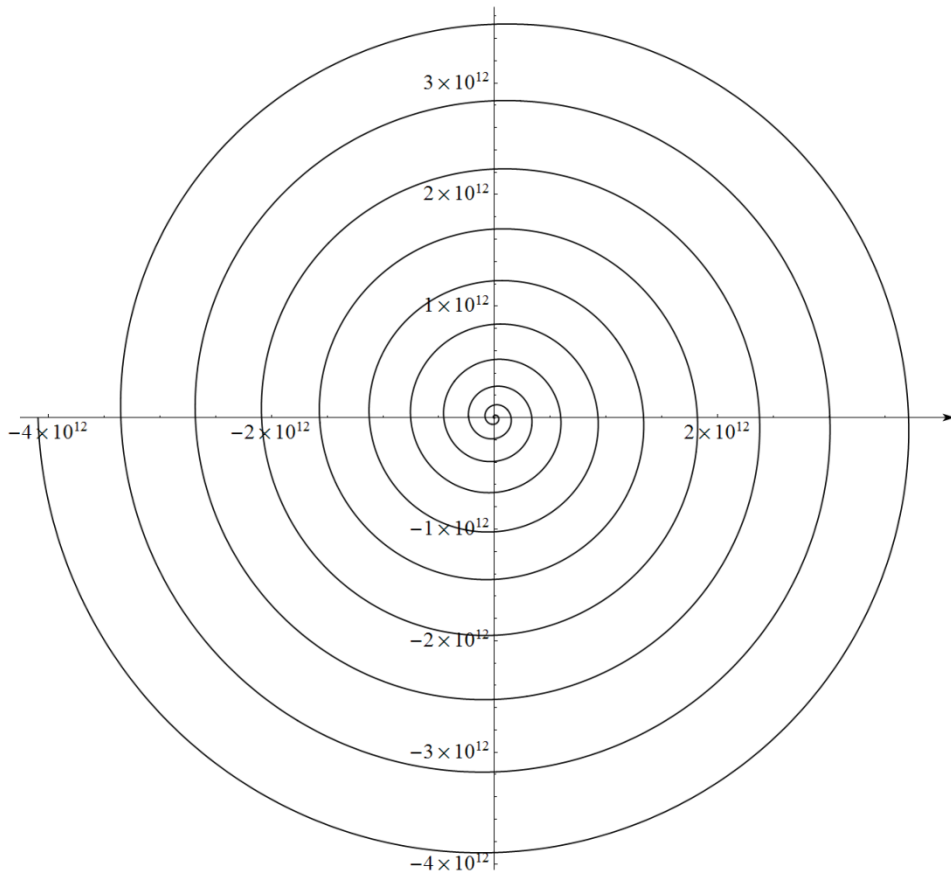
При $a_0 < \infty$, $\mathbf{v}(t)$ не превышает планковскую скорость c . Если $\mathbf{v}(0) = \mathbf{v}_0 = 0$ и $\mathbf{N} = \text{const}$, то $\mathbf{v}(t) \uparrow \mathbf{a}_0$. Тогда замена $\mathbf{v}(t) = d\mathbf{R}/dt$ в левой части уравнения (15) и интегрирование полученного дифференциального уравнения при начальном условии $\mathbf{R}(0) = 0$, даёт простую зависимость от времени текущего расстояния R тела от точки старта в АКС:

$$R(t) = \frac{c^2}{a_0} \left[\sqrt{1 + (a_0 t/c)^2} - 1 \right] \quad (16)$$

2-й этап – чисто кинематическая редукция к рабочей КС. В плоской

вращаемой НеСКС удобны полярные координаты с радиусом r и полярным углом φ [68, с.122-124]. Здесь $r(t) = R(t)$; $\varphi(t) = \Omega t$. Тогда, исключая время из уравнения (16) заменой $t = \varphi/\Omega$, получаем уравнение спиральной траектории в рабочей КС и её график:

$$r(\varphi) = \frac{c^2}{a_0} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a_0 \varphi}{c \Omega} \right)^2} - 1 \right] \tag{17}$$



Для вычисления времени и расстояния, выражение правой части формулы (15) для $\mathbf{v}(t)$ подставляем в левую часть формулы (1), (П1): $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_e$ вместо абсолютной скорости \mathbf{v} , выражая из неё относительную скорость $\mathbf{v} = \mathbf{v} - \mathbf{v}_e$:

$$\mathbf{v}(t) = \frac{a_0 t}{\sqrt{1 + (a_0 t/c)^2}} - \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}(t) \tag{18}$$

Согласно формуле (2), (П1), переносная скорость $\mathbf{v}_e = \mathbf{v}_0 + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}$, где начальная скорость $\mathbf{v}_0 = 0$, по условию данной задачи. Тогда $\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}(t)$ в

формуле (18) оказывается трансверсальной скоростью тела, модуль которой равен $\dot{\varphi}(t)r(t) = \Omega R(t)$.

Левое слагаемое в правой части формулы (18) есть радиальная скорость тела в рабочей КС, выражаемая формулой (15) с модулем $\dot{r}(t) = v(t)$. Следовательно, квадрат модуля относительной скорости $v^2(t)$ в формуле (18) есть сумма квадратов модулей указанных компонент по теореме Пифагора:

$$v^2(t) = \frac{(a_0 t)^2}{1 + (a_0 t/c)^2} + c^4 \frac{\Omega^2}{a_0^2} \left[\sqrt{1 + (a_0 t/c)^2} - 1 \right]^2 \quad (19)$$

Приравняв в уравнении (19) $v^2(t) = c^2$ при $t = t_c$, и заменяя переменную $(a_0 t_c/c)^2 = x$, решаем алгебраическое уравнение 4-й степени. Выбираем среди всех решений единственное решение $x > 0$ и вычисляем искомое время t_c :

$$t_c = \frac{c}{a_0} \sqrt{\frac{a_0}{c \Omega} + \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4a_0}{c \Omega}} - 1 \right)} \quad (20)$$

Ответ. $t_c = 10,5$ суток; $r(t_c) = 4,11 \cdot 10^{12}$ м. Выше показан график спиральной траектории по формуле (17), он содержит 10,5 оборотов.



Отличие абсолютной динамики от классической динамики в том, что при постоянной разгоняющей силе, из-за наличия индуктивного ускорения, абсолютное ускорение тела в АКС непрерывно снижает-

ся по формуле (24), §9, из которой, при $F_n = 0$ и $m = \gamma m_0$, получаем: $a = a_0/\gamma^3$, где $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. (См. график выше). Индуктивное ускорение направлено против абсолютной скорости v , поэтому разгон тела во вращаемой рабочей КС до планковской скорости c требует большего времени, чем в классической механике.

На следующем графике справа показано преодоление телом «светового барьера» в рабочей КС по формуле (19) на 11-е сутки. В релятивист-

ской теории невозможна даже постановка такой задачи, так как кинематика теории относительности, принципиально отвергая саму возможность сверхсветовых скоростей, демонстрирует свою *непрактичность* (§3).

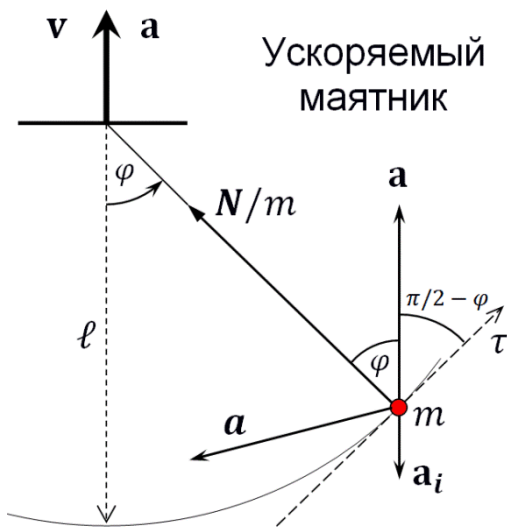


Задача 5. Межзвёздная ракета разгоняется прямолинейно и поступательно, с привычным для землян постоянным ускорением \mathbf{a} относительно АКС, начиная с нулевой абсолютной скорости. Найти *абсолютный* период T малых колебаний математического маятника длиной ℓ , подвешенного в ракете, как функцию Лоренц-фактора γ (считая абсолютную скорость ракеты $v \ll c$), если при скорости ракеты, близкой к нулю, указанный период был равен T_0 , а длина маятника ℓ_0 .

Решение. На схеме, кроме маятника с грузом массой m на нити, отклонённой от местной вертикали на угловое перемещение φ , показаны направления абсолютной скорости \mathbf{v} ракеты и всех ускорений груза – переносного \mathbf{a} , относительного \mathbf{a} и индуктивного \mathbf{a}_i в рабочей КС ракеты, которая для груза маятника оказывается *несобственной* КС (HeКСК). Абсолютная скорость колебаний груза отличается от весьма большой абсолютной скорости \mathbf{v} ракеты на ничтожно малую величину, поэтому при вычислении индуктивного ускорения груза можно приближённо принять: $\mathbf{a}_i \uparrow \mathbf{v}$. В сравнении с \mathbf{a} , поле \mathbf{g} Галактики (§10) тоже очень мало, поэтому считаем, что $\mathbf{g} = 0$. В итоге, уравнение (8) из §11, приобретает для нашей задачи более простой вид:

$$\mathbf{a} + \mathbf{a} = \frac{\mathbf{N}}{m} - \mathbf{v} \frac{\mathbf{N} \cdot \mathbf{v}}{m c^2} \quad (21)$$

где \mathbf{N} – сила натяжения нити, приложенная к грузу m . Для малых ускорений ракеты \mathbf{a} , скоростью $\dot{\ell}$ лоренцевой контракции, как и её ускорением $\ddot{\ell}$,



для интервалов, равных одному колебанию маятника, можно полностью пренебречь. Поэтому траектория маятника практически дуга окружности, радиус которой *медленно* уменьшается вместе с увеличением скорости \mathbf{v} .

Спроецируем все векторы-слагаемые уравнения (21) на два направления: 1) на направление вектора \mathbf{N} ; 2) на направление касательной $\boldsymbol{\tau}$ к дуге траектории в точке мгновенного положения груза, замечая, что $\mathbf{N} \cdot \mathbf{v} = N v \cos \varphi$; $a_F = N/m$ – ньютоново ускорение (17), §9. В итоге получаем:

$$\ell \dot{\varphi}^2 + a \cos \varphi = a_F - a_F \frac{v^2}{c^2} \cos^2 \varphi \quad (22)$$

$$\ell \ddot{\varphi} + a \sin \varphi = -a_F \frac{v^2}{c^2} \sin \varphi \cos \varphi \quad (23)$$

где $\dot{\varphi} = d\varphi/dt$ – угловая скорость груза ω ; $\ddot{\varphi} = d\omega/dt$ – его угловое ускорение; $\ell \ddot{\varphi}$ – его вращательное ускорение [68, с.124,185], направленное по касательной к дуге окружности в сторону уменьшения модуля угла φ , отсчитываемого от местной вертикали (на рисунке $\varphi > 0$, $\ddot{\varphi} < 0$); $\ell \dot{\varphi}^2$ – модуль центростремительного ускорения груза. Выразим ньютоново ускорение a_F из уравнения (22):

$$a_F = \frac{a \cos \varphi + \ell \dot{\varphi}^2}{1 - \frac{v^2}{c^2} \cos^2 \varphi} \quad (22')$$

и подставим выражение a_F в уравнение (23), получив дифференциальное уравнение движения математического маятника относительно неизвестной функции $\varphi(t)$ для произвольной скорости \mathbf{v} ускоряемой ракеты:

$$\ell \ddot{\varphi} + a \sin \varphi = - \frac{a \cos \varphi + \ell \dot{\varphi}^2}{1 - \frac{v^2}{c^2} \cos^2 \varphi} \left(\frac{v^2}{c^2} \sin \varphi \cos \varphi \right) \quad (24)$$

При интегрировании уравнения (24) можно полностью пренебречь *переменностью* скорости v и Лоренц-фактора $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ в течение одного колебания. С учётом того, что при малых колебаниях $\cos \varphi \approx 1$, $\sin \varphi \approx \varphi$, а длина подвеса маятника $\ell = \ell_0/\gamma$ (50), §9, громоздкое уравнение (24) существенно упрощается:

$$\ddot{\varphi} \approx - \frac{a}{\ell_0} \gamma^3 \varphi \left(1 + \frac{v^2 \dot{\varphi}^2 \ell_0}{c^2 \gamma a} \right) \quad (25)$$

Второе слагаемое в скобках уравнения (25) на много порядков меньше 1, так как $v \ll c$, к тому же при малых колебаниях $\dot{\varphi}^2 \ell_0/a \approx \varphi_A^2$ – это квадрат амплитуды колебаний, выраженный в радианах: но $\varphi_A \ll 1$ по условию задачи. Поэтому итоговое дифференциальное уравнение:

$$\ell_0 \ddot{\varphi} = -a \gamma^3 \varphi \quad (26)$$

выглядит просто, отличаясь от классического уравнения только множителем γ^3 . Его точным решением для начальных условий $\varphi(0) = \varphi_A$ и $\dot{\varphi}(0) = 0$, является формула:

$$\varphi(t) = \varphi_A \cos\left(\sqrt{\gamma^3 a / \ell_0} t\right) \quad (27)$$

из которой получаем абсолютный период T и абсолютную частоту f малых колебаний маятника:

$$(28) \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell_0}{a \gamma^3}} = \frac{T_0}{\gamma^{3/2}} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{1}{T} = \frac{\gamma^{3/2}}{T_0} \quad (29)$$

Формулы (27)...(29) подтверждаются с хорошей точностью численными проверками по исходному дифференциальному уравнению (24). Они предсказывают **особый эффект АСД**: *абсолютная частота* малых колебаний математического маятника в КС, движущейся прямолинейно с постоянным абсолютным ускорением, *возрастает* с увеличением абсолютной скорости данной КС пропорционально $\gamma^{3/2}$. Маятниковые часы в такой КС должны забегать, в сравнении с идентичными, но неускоренными часами, работающими в поле ТМ с напряжённостью $\mathbf{g} = \mathbf{a}$. Поэтому говорить об эквивалентности полей тяготения и ускорения не приходится. **Вывод:** *быстрота механических процессов в зависимости от абсолютной скорости системы не подчиняется единой и общей закономерности.*

Хотя масса m груза маятника возрастает в γ раз, но она не влияет на период колебаний, если эта масса ничтожно мала в сравнении с массой ускоряемой ракеты (как и в классическом случае, в сравнении с массой планеты). Исключение массы m из уравнения движения (21) происходит одновременно с исключением ньютонова ускорения a_F из системы уравнений (22) и (23).

Физические причины вычисленного ускорения колебаний математического маятника: 1) индуктивное ускорение в КС ракеты даёт прирост силы натяжения \mathbf{N} подвеса в γ^2 раз (22'), по сравнению с силой натяжения в поле ТМ $\mathbf{g} = \mathbf{a}$; 2) Лоренцево сокращение длины маятника $\ell = \ell_0 / \gamma$.

Впрочем, подвес маятника, под действием растущей со скоростью \mathbf{v} силы \mathbf{N} и деформации растяжения, на самом деле станет длиннее, чем ℓ_0 / γ , поэтому частота колебаний будет меньше, чем по формуле (29).

Поскольку наибольший интерес для инженеров представляет **движение** не в пренебрежимо слабых полях ТМ далёкого космоса, а **в полях тяготения планет**, как правило, **относительно произвольных ДКС** (используемых как рабочих КС), полезно вывести соответствующее уравне-

ние движения из ковариантного уравнения (8), §11. Для этого векторы напряжённости \mathbf{g}_m поля тяготения всех масс (§10) и абсолютного ускорения \mathbf{a}_0 центра ДКС разложим на следующие составные части (вклады):

$$(30) \quad \mathbf{g}_m = \mathbf{g}_E + \mathbf{g}_s \quad ; \quad \mathbf{a}_0 = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_o \quad (31)$$

Здесь \mathbf{g}_E – поле ТМ *внешнего* Мира, \mathbf{g}_s – *собственное*¹ поле ТМ данной планеты, определяемое законом тяготения Ньютона (§7). После разложения \mathbf{g}_m по формуле (30), подстановкой в формулу (5), §11, индуктивное ускорение раскладывается тоже на два вклада: $\mathbf{a}_i = \mathbf{a}_{iE} + \mathbf{a}_{is}$:

$$\mathbf{a}_{iE} = -\mathbf{g}_E \cdot \mathbf{v} \frac{\mathbf{v}}{c^2} \quad ; \quad \mathbf{a}_{is} = -\left(\frac{N}{m} + \mathbf{g}_s\right) \cdot \mathbf{v} \frac{\mathbf{v}}{c^2} \quad (32)$$

где \mathbf{a}_{iE} – индуктивное ускорение ЦМ планеты во внешнем поле \mathbf{g}_E ТМ, или кратко – *переносное* индуктивное ускорение; \mathbf{a}_{is} – индуктивное ускорение частицы, обусловленное её взаимодействием с планетой, или кратко – *собственное* индуктивное ускорение.

Входящее в уравнение (8), §11 переносное ускорение ДКС: $\mathbf{a}_e = \mathbf{a}_0 + \boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) + \mathbf{a}_C$ (П1), где абсолютное ускорение \mathbf{a}_0 центра ДКС – есть векторная сумма (31) *абсолютного* ускорения свободного падения \mathbf{a}_n центра свободно падающей *ИБКС (привязанного к ЦМ планеты) и произвольно задаваемого *относительного* ускорения \mathbf{a}_o центра ДКС. Остальные слагаемые переносного ускорения ДКС: $\boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r})$ – осестремительное и $\boldsymbol{\varepsilon} \times \mathbf{r}$ – вращательное ускорение. Они зависят от абсолютной угловой скорости ДКС $\boldsymbol{\Omega}$ и от абсолютного углового ускорения $\boldsymbol{\varepsilon}$ ДКС, которые тоже могут задаваться произвольно; \mathbf{r} – радиус-вектор частицы, движущейся относительно ДКС.

Произведя указанные разложения, а также подстановки в уравнение (8), §11, замечаем, что векторная сумма $\mathbf{g}_E - \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_{iE}$, согласно результатам §10, эквивалентна сумме $\mathbf{g}_E + \mathbf{g}_\phi$, которая даёт напряжённость приливного поля тяжести \mathbf{g}_f в свободно падающей *ИБКС планеты, создаваемого космическими массами, окружающими данную планету:

$$\mathbf{g}_f = \mathbf{g}_E + \mathbf{g}_\phi = \mathbf{g}_E - \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_{iE} \quad (33)$$

Результатом преобразований ковариантного уравнения (8), §11 оказывается *субпланетное уравнение движения частицы в поле тяготения планеты относительно произвольной ДКС* (HeCKC):

$$\mathbf{a} + \mathbf{a}_0 + \boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) + \boldsymbol{\varepsilon} \times \mathbf{r} + \mathbf{a}_C = \frac{N}{m} + \mathbf{g}_s + \mathbf{g}_f + \mathbf{a}_{is} \quad (34)$$

¹ Индексы s и E происходят от лат. suus – «свой», и лат. Exter – «внешний», «наружный».

Здесь, величины \mathbf{g}_s и \mathbf{g}_f следует рассматривать как *ускорения* (§11, п.5).
 Уравнение (34) – субпланетный аналог (*s-аналог*) основной теоремы (16),
 §9: $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m + \mathbf{a}_f$. Поэтому можно записать (34) в виде уравнения (35):

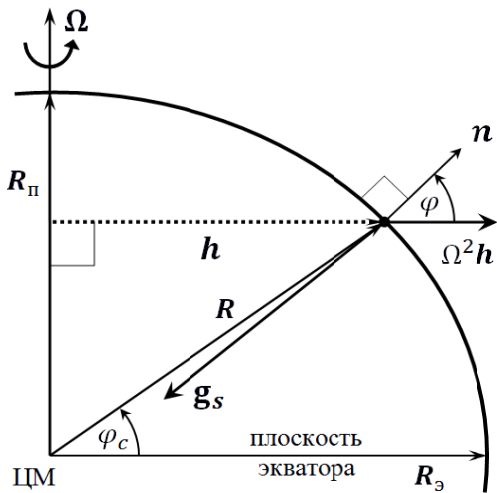
$$(35) \quad \mathbf{a}_s = \mathbf{F}_s/m + \mathbf{a}_{is} \quad ; \quad \mathbf{a}_s = \mathbf{a} + \mathbf{a}_0 + \boldsymbol{\Omega} \times (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) + \boldsymbol{\varepsilon} \times \mathbf{r} + \mathbf{a}_c \quad (35')$$

$$(36) \quad \Phi_s = -F_s = \Phi_{es} + m\mathbf{a}_{is} \quad ; \quad \Phi_{es} = -m\mathbf{a}_s \quad (37)$$

где: \mathbf{a}_s – *s-аналог* абсолютного ускорения; $\mathbf{F}_s = \mathbf{N} + m(\mathbf{g}_s + \mathbf{g}_f)$ – *s-аналог* равнодействующей всех сил МГ; $\Phi_s, \Phi_{es}, m\mathbf{a}_{is}$ – *s-аналоги* сил инертности – полной, переносной сил и индуктивного сопротивления.

Задача 6. Планета имеет форму эллипсоида вращения с экваториальным радиусом $R_{\text{э}}$ и полярной полуосью $R_{\text{п}}$, равномерно вращаясь с угловой скоростью Ω вокруг вектора $\mathbf{R}_{\text{п}}$. Найти относительное ускорение свободного падения $\mathbf{a}_{\text{п}}$ на поверхности планеты в зависимости от астрономической широты φ , как угла между плоскостью экватора и нормалью \mathbf{n} к поверхности эллипсоида, если напряжённость собственного поля тяготения массы планеты на её поверхности задана зависимостью $\mathbf{g}_s(\varphi)$. В общем случае вектор $\mathbf{g}_s(\varphi)$ не направлен в ЦМ планеты и не коллинеарен местной вертикали \mathbf{n} . (См. рис.)

Решение. Воспользуемся субпланетным уравнением движения (34), в котором рабочую ДКС привяжем к данной планете. Тогда поступательное ускорение ДКС относительно планеты $\mathbf{a}_0 = 0$, угловое ускорение ДКС $\boldsymbol{\varepsilon} = 0$, относительное ускорение свободно падающей частицы $\mathbf{a} = \mathbf{a}_\Pi$, негравитационные силы на частицу не действуют: $\mathbf{N} = 0$. В итоге из уравнения (34) выражаем относительное ускорение свободного падения:



$$\mathbf{a}_\Pi = \mathbf{g}_s + \mathbf{g}_f + (\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}) \times \boldsymbol{\Omega} + 2 \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega} + \mathbf{a}_{is} \quad (38)$$

Здесь Ω – угловая скорость вращения планеты, $2 \mathbf{v} \times \Omega = -\mathbf{a}_C = \mathbf{a}_k$ – кориолисово ускорение (П1), оно раскрыто через скорость \mathbf{v} свободного падения тела относительно ДКС планеты. На поверхности планеты радиус-вектор $\mathbf{r} = \mathbf{R}$ (см. рис.), собственное поле $\mathbf{g}_s = \mathbf{g}_s(\varphi)$. Ускорение $(\Omega \times \mathbf{R}) \times \Omega = \Omega^2 \mathbf{h}$, как слагаемое ускорения свободного падения, оказывается *центробежным* ускорением, где вектор \mathbf{h} перпендикулярен поляр-

ной оси, а его модуль равен расстоянию от этой оси до поверхности планеты в точке измерения искомого ускорения. Таким образом, относительное ускорение свободного падения *на поверхности* планеты равно:

$$\mathbf{a}_n(\varphi) = \mathbf{g}_s(\varphi) + \mathbf{g}_f + \Omega^2 \mathbf{h} + 2 \mathbf{v} \times \Omega - \frac{\mathbf{v}}{c^2} \cdot \mathbf{g}_s(\varphi) \quad (39)$$

где длину вектора \mathbf{h} найдём через радиус экватора $R_э$, длину полярной полуоси $R_п$ и астрономическую широту φ из геометрии эллипсоида вращения (φ_c – планетоцентрическая широта (см. свойства эллипса на Φ -1)):

$$h = R \cos \varphi_c; \quad R = \frac{R_э R_п}{\sqrt{R_э^2 \sin^2 \varphi_c + R_п^2 \cos^2 \varphi_c}}; \quad \operatorname{tg} \varphi_c = \frac{R_п^2}{R_э^2} \operatorname{tg} \varphi \quad (40)$$

Решение системы уравнений (40) даёт искомые величины $h(\varphi)$ и $R(\varphi)$:

$$(41) \quad R(\varphi) = \sqrt{\frac{R_э^4 + R_п^4 \operatorname{tg}^2 \varphi}{R_э^2 + R_п^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad ; \quad h(\varphi) = \frac{R_э^2}{\sqrt{R_э^2 + R_п^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}} \quad (42)$$

Формула (40) даёт для Земли разность углов $|\varphi - \varphi_c| < 0,2^\circ$. Как и большинство задач на движение, уравнения (38) и (39) содержат индуктивное ускорение. Но здесь $\mathbf{a}_{is} = -\mathbf{v}(\mathbf{g}_s \cdot \mathbf{v})/c^2$ обусловлено не абсолютным ускорением тела, а его ускорением под действием только собственного поля тяготения планеты $\mathbf{g}_s(\varphi)$. Зато входящая в индуктивное ускорение \mathbf{a}_{is} скорость падающего тела $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_0 + \Omega \times \mathbf{R}$ (П1) абсолютна, абсолютна и \mathbf{v}_0 – скорость ЦМ планеты относительно АКС.

Уравнения движения (38) и (39) не содержат никаких сил, а только ускорения (в том числе ускорения \mathbf{g}_s (собственное) и \mathbf{g}_f (приливное) – согласно правилу интерпретации полей из §11, п.5).

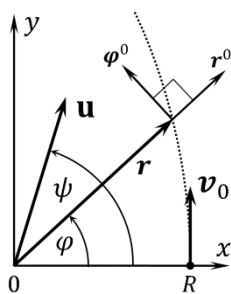
Задача 7. Навигационные КА (НКА) ГЛОНАСС выводятся на круговые орбиты с периодом обращения $T_0 = 40544$ с. [90] Используя идеальную модель сферически симметричной Земли с гравитационным параметром $\mu = GM = 3,986004418 \cdot 10^{14} \text{ м}^3/\text{с}^2$, вычислить параметры круговой орбиты НКА в *ЗКС, и выяснить эволюцию данной орбиты, возмущаемую индуктивным ускорением, когда вектор абсолютной скорости \mathbf{u} ЦМ Земли равен 60 км/с (§21) и параллелен вектору \mathbf{v}_0 начальной скорости НКА в завершающий момент вывода НКА на круговую орбиту.

Решение. Радиус орбиты НКА при отсутствии возмущений определяется формулой (Ф2): $R = \sqrt[3]{\mu T_0^2 / (2\pi)^2} = 25508039,165 \text{ м.} \Rightarrow v_0 = 2\pi R / T_0 = 3953,032185 \text{ м/с.}$ Субпланетное уравнение (34), применённое к *ЗКС, сокращается в условиях данной задачи до трёх ускорений:

$$\mathbf{a} = \mathbf{g}_s + \mathbf{a}_{is} \quad (43)$$

где: \mathbf{a} – относительное ускорение ЦМ НКА в *ЗКС; $\mathbf{g}_s = -\mu \mathbf{r}/r^3$ – напряжённость идеального поля ТМ Земли в точке траектории НКА с радиус-вектором \mathbf{r} ; $\mathbf{a}_{is} = -\mathbf{v}(\mathbf{v} \cdot \mathbf{g}_s)/c^2$ – причина возмущённого движения – собственное индуктивное ускорение ЦМ НКА (формула (32)). Согласно теореме сложения скоростей: $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{u}$ – абсолютная скорость ЦМ НКА, \mathbf{v} – его относительная скорость в *ЗКС, \mathbf{u} – переносная скорость поступательно движущейся *ЗКС относительно АКС, которая равна абсолютной скорости ЦМ Земли. В итоге подстановок всех слагаемых в формулу (43), получаем развёрнутое выражение векторного уравнения движения:

$$\mathbf{a} = -\frac{\mu}{r^3} \left[\mathbf{r} - \frac{\mathbf{r} \cdot (\mathbf{v} + \mathbf{u})}{c^2} (\mathbf{v} + \mathbf{u}) \right] \quad (44)$$



Реализуем *ЗКС в виде полярных координат, плоскость которых совпадает с плоскостью орбиты НКА, а полярная ось – с осью абсцисс прямоугольной КС. Полярная ось начинается в ЦМ Земли и проходит через исходную точку орбиты НКА, где НКА получает скорость \mathbf{v}_0 перпендикулярно полярной оси на расстоянии R от ЦМ Земли. По условию, вектор \mathbf{u} лежит в той же плоскости и в общем случае образует с полярной осью произвольный угол ψ (см. рисунок слева).

Разложение относительной скорости \mathbf{v} и относительного ускорения \mathbf{a} по ортам \mathbf{r}^0 и $\boldsymbol{\varphi}^0$ полярной КС даёт общие формулы [68, с.122–124]:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_r + \mathbf{v}_\varphi ; \quad v_r = \dot{r} ; \quad v_\varphi = r \dot{\varphi} \quad (45)$$

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_r + \mathbf{a}_\varphi ; \quad a_r = \ddot{r} - r \dot{\varphi}^2 ; \quad a_\varphi = r \ddot{\varphi} + 2 \dot{r} \dot{\varphi} \quad (46)$$

Запишем векторное уравнение (44) в виде двух уравнений в проекциях на орты \mathbf{r}^0 и $\boldsymbol{\varphi}^0$, замечая, что скалярное произведение векторов в формуле (44): $\mathbf{r} \cdot (\mathbf{v} + \mathbf{u}) = r (v_r + u \cos(\psi - \varphi))$ инвариантно к указанной процедуре, как и положено скалярной функции. Подстановки формул (45) и (46) в уравнения проекций придадут последним форму системы дифференциальных уравнений (СДУ) с искомыми функциями $r(t)$ и $\varphi(t)$:

$$\begin{cases} \ddot{r} - r \dot{\varphi}^2 = -\frac{\mu}{r^2} \left[1 - \frac{1}{c^2} (\dot{r} + u \cos(\psi - \varphi))^2 \right] \end{cases} \quad (47)$$

$$\begin{cases} r \ddot{\varphi} + 2 \dot{r} \dot{\varphi} = \frac{\mu}{c^2 r^2} (\dot{r} + u \cos(\psi - \varphi)) (r \dot{\varphi} + u \sin(\psi - \varphi)) \end{cases} \quad (48)$$

с начальными условиями: $r(0) = R$; $\dot{r}(0) = 0$; $\varphi(0) = 0$; $\dot{\varphi}(0) = v_0/R$.

После ввода числовых данных, с учётом условия $\psi = \mathbf{u} \wedge \mathbf{v}_0 = \pi/2$, решаем СДУ численно при помощи СКМ Wolfram Mathematica [187]:

```

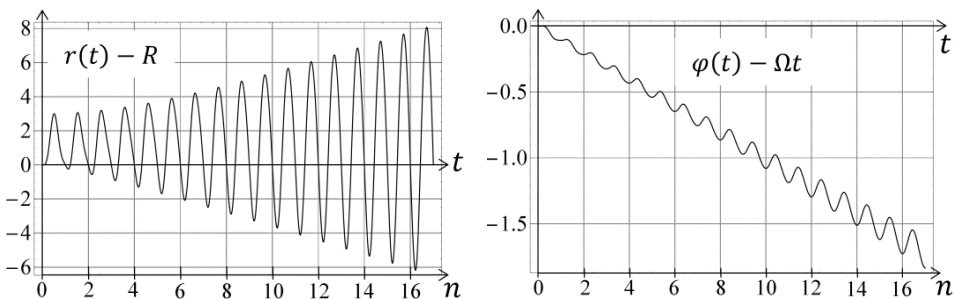
n = 17; Clear[r, ϕ, t, s]; μ = 3986004418 * 105; c = 299792458; u = 6 * 104; T0 = 40544;
R =  $\sqrt[3]{\mu T_0^2 / (4 \pi^2)}$ ; v0 = 2 π R / T0; tk = n T0 + 103 (*время полёта на n витков с запасом*);
s = NDSolve[{{r'[t] - r[t] ϕ'[t]2 = -  $\frac{\mu}{r[t]^2} \left(1 - \frac{1}{c^2} (r'[t] + u \sin[\phi[t]])^2\right)$ ,
r[t] ϕ''[t] + 2 r'[t] ϕ'[t] =  $\frac{\mu}{c^2 r[t]^2} (r'[t] + u \sin[\phi[t]]) (r[t] \phi'[t] + u \cos[\phi[t]])$ ,
r[0] = R, r'[0] = 0, ϕ[0] = 0, ϕ'[0] = v0 / R}, {r, ϕ}, {t, tk}, PrecisionGoal → 15,
WorkingPrecision → 40, MaxSteps → Infinity]
r[t_] := Evaluate[r[t] /. s] (*расстояние от ЦМ Земли до ЦМ НКА*)
ϕ[t_] := Evaluate[ϕ[t] /. s] (*угловое перемещение ЦМ НКА*)

```

По результатам вычислений, *модуль* индуктивного ускорения совершает почти гармонические колебания $A|\sin \varphi(t)|$, с амплитудой $A = \max |a_{is}| = 2,464 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$, достигаемой при $\varphi_1 = 86,3^\circ$ и $\varphi_2 = 273,7^\circ$.

При $\varphi(t) = 0^\circ$ и $\varphi(t) = 180^\circ$ индуктивное ускорение переходит через нуль, и поведение вектора \mathbf{a}_{is} на двух противоположных участках траектории $0^\circ < \varphi(t) < 180^\circ$ и $180^\circ < \varphi(t) < 360^\circ$ оказывается практически симметричным. Размах *угловых* колебаний вектора \mathbf{a}_{is} на каждом из этих участков равен $\arctg(v/u) = 3,77^\circ$. (См. рисунок слева, где на траектории НКА через каждые 30° изображены векторы $\mathbf{a}_{is}(\varphi)$ в одном масштабе).

Влияние индуктивного ускорения на расстояние между ЦМ Земли и НКА, а также на замедление обращения по орбите рассчитано и показано на графиках ниже для $n = 0 \dots 17$ оборотов (витков) НКА в *ЗКС. Отличия $r(t)$ и $\varphi(t)$ от идеально круговой траектории очень малы, поэтому на графиках показаны только их *отклонения*, как разности между рассчитанными по СДУ и аналогичными величинами для круговой орбиты: $r(t) - R$ (в метрах) и $\varphi(t) - \Omega t$ (в угловых секундах), где $\Omega = 2\pi/T_0$:



В таблице ниже представлены более точные расчёты эволюции перигея и апогея возмущённой орбиты, а также приращения длительности обращения НКА по этой орбите в зависимости от целого числа витков n :

n	φ_{Π}	$r_{\Pi} - R$	$v_{\Pi} - v_0$	φ_A	$r_A - R$	$v_A - v_0$	$t_n - nT_0$
1	0°	0	0,0000	184,44°	3,002	-0,4439	3,377
2	45,295°	-0,2386	0,0801	193,27°	3,067	-0,4506	6,754
3	54,748°	-0,5646	0,1447	201,91°	3,195	-0,4640	10,131
5	64,499°	-1,298	0,2716	217,87°	3,618	-0,5121	16,885
10	74,650°	-3,288	0,5909	243,55°	5,282	-0,7400	33,770
17	80,114°	-6,181	1,0433	256,03°	8,076	-1,1640	57,409
34	84,701°	-13,314	2,1512	263,68°	15,170	-2,2611	114,82

Обозначения: φ_{Π} и φ_A – угловые положения перигея и апогея возмущённой орбиты НКА; $(r_{\Pi} - R)$ и $(r_A - R)$ (метры) – приращения перигейного и апогейного расстояний НКА; $(v_{\Pi} - v_0)$ и $(v_A - v_0)$ (мм/с) – приращения модуля относительной скорости НКА в перигее и апогее; $(t_n - nT_0)$ (миллисекунды) – разница между длительностями возмущённого t_n и идеально кругового nT_0 движений НКА на целом числе витков n .

Угол между направлениями на апогей и перигей возмущённой орбиты не равен 180° и меняется от витка к витку. Поэтому орбиты, возмущённые индуктивным ускорением, – не эллипсы, а скорости НКА в точках апогея и перигея не являются экстремумами. Читатель может вычислить экстремумы скоростей с помощью функций FindMaximum и FindMinimum.

В статье [209, с.915] даны оценки около двух десятков различных видов ускорений, возмущающих движение НКА. Индуктивное ускорение превышает по своей величине половину ускорений из названного списка. Очевидно, что возмущения орбит НКА, вызванные индуктивным ускорением, не могли остаться незамеченными и, скорее всего, были *ошибочно* распределены по нескольким видам давно известных, но более сильных возмущений. Вероятные кандидаты: вторая зональная гармоника поля тяготения Земли (поля ТМ Земли) и приливные поля тяжести (ППТ) Луны и Солнца, ибо они на несколько порядков превышают субстанциальный возмущающий эффект индуктивного ускорения.

Теорема. Доказать приближённость закона Галилея о независимости относительного ускорения свободного падения тела от его массы.

Доказательство. Рассмотрим задачу двух сферически симметричных тел в АКС. Согласно общей формуле (9), §11, тело массы m_1 движется в поле ТМ тела массы m_2 напряжённостью \mathbf{g}_2 с ускорением \mathbf{a}_1 и абсолютной скоростью \mathbf{v}_1 , а тело массы m_2 движется в поле ТМ тела массы m_1 напряжённостью \mathbf{g}_1 с ускорением \mathbf{a}_2 и абсолютной скоростью \mathbf{v}_2 :

$$(43) \quad \mathbf{a}_1 = \mathbf{g}_2 - \mathbf{g}_2 \cdot \mathbf{v}_1 \frac{\mathbf{v}_1}{c^2} \quad ; \quad \mathbf{a}_2 = \mathbf{g}_1 - \mathbf{g}_1 \cdot \mathbf{v}_2 \frac{\mathbf{v}_2}{c^2} \quad (44)$$

По закону всемирного тяготения: $\mathbf{g}_2 = -\mathbf{r}Gm_2/r^3$; $\mathbf{g}_1 = \mathbf{r}Gm_1/r^3$; (§7), где \mathbf{r} – радиус-вектор, соединяющий ЦМ m_2 с ЦМ m_1 . Следовательно, в задаче двух тел *абсолютное* ускорение каждого тела определяется в любой момент времени полем ТМ другого тела, не зависит от собственной массы падающего тела, однако *зависит от его абсолютной скорости* из-за тормозящего влияния индуктивного ускорения. Индуктивное ускорение влияет сильнее всего на движение сверхплотных звёзд при их сближении перед столкновением, когда их скорости свободного падения приближаются к планковской.

Вычислим в общем случае ускорение \mathbf{a}_1 тела массы m_1 относительно тела массы m_2 по формуле (9), П1, в *ИБКС тела массы m_2 , учитывая, что в данной формуле $\mathbf{a} = \mathbf{a}_1$; $\mathbf{a} = \mathbf{a}_1$; $\mathbf{a}_e = \mathbf{a}_2$; $\mathbf{a}_c = 0$. Подставляя в формулу (9), П1, выражения (43) и (44) для \mathbf{a}_1 и \mathbf{a}_2 , получаем *искомое* ускорение:

$$\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}_1 - \mathbf{a}_2 = -G \left[(m_2 + m_1) \frac{\mathbf{r}}{r^3} - \frac{m_2}{r^3} (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}_1) \frac{\mathbf{v}_1}{c^2} - \frac{m_1}{r^3} (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}_2) \frac{\mathbf{v}_2}{c^2} \right] \quad (45)$$

и убеждаемся, что *относительное* ускорение тела, обладающего массой m_1 , зависит **не** только от величины притягивающей его массы m_2 , но и симметрично – от собственной массы m_1 свободно падающего тела. Ускорение $\mathbf{a}_2 = \mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_1$ отличается от \mathbf{a}_1 противоположным знаком.

Теорема доказана. Она оказалась полезной для опровержения одной из формулировок принципа эквивалентности ОТО в §11, п.5.

Влияние массы свободно падающего тела на его относительное ускорение (относительно притягивающего тела) ничтожно малò только тогда, когда его масса m_1 ничтожно мала по сравнению с массой m_2 притягивающего тела. Например, ни относительное ускорение, ни период обращения высокоорбитальных ИСЗ (где сопротивлением земной атмосферы можно пренебречь) *практически* не зависят от массы ИСЗ.

Однако даже небольшое увеличение массы Луны, например на 1/100 долю, сдвинуло бы среднее положение барицентра системы Земля-Луна в направлении Луны на 46 км, увеличило бы ускорение Луны относительно Земли и уменьшило бы абсолютный период её обращения вокруг Земли (звёздный месяц) на 2,4 минуты, заставив астрономов вносить значительные поправки в большинство астрономических наблюдений.

Закон Галилея о независимости относительного ускорения свободного падения тела от его массы выполнялся бы точно, если бы масса, притягивающая падающее тело, сама не ускорялась его притяжением. Но такое поведение тел противоречило бы классическому закону Ньютона о *равноправии* действия и противодействия и закону *всемирного* тяготения.

§14. Силы инертности в динамистатике

Определение динамистатики дано в Предисловии, а понятие сил инертности (сил МС) и механизм их возникновения изложен в §6 и §7. Энергетика этих сил дополнительно исследована в §11, п.3. Внешнее проявление названных сил впервые было отмечено ещё в «Началах» Ньютона [34, с.25], как *противодействие изменению состояния движения тела*. Ньютон понимал: если бы указанное противодействие исчезло, то любое тело можно было бы ускорить мгновенно, то есть без малейших усилий,¹ и тогда основной закон его механики превратился бы в *фикцию*.

Критерий различения реальных и фиктивных сил (§10) устанавливает связь динамистатики с явлениями механических напряжений и деформаций. Отметим важную **закономерность**: как в статике, так и в динамистатике, деформация тела всегда требует *равновесия нескольких сил*, действующих на тело в его *разных* местах. В случае статики, все уравновешенные силы – силы мира гравитирующего (МГ), а в случае динамистатики, часть из названных сил (но не все) принадлежит к классу сил инертности.² В классической механике силы инертности считаются фиктивными – из-за *отрицания* мировой среды, навязанного теорией относительности. В субстанциальной динамике существование МС (§1), а значит и сил инертности (§6, §11), является установленным фактом.

Классиков механики смущало не только “отсутствие” тела, порождающего силу инертности, но и одновременность действия *уравновешенных* сил на ускоряемое тело [133]. Равновесие сил противоречило второму закону Ньютона, который подразумевал возможность ускорения тела одной силой, либо равнодействующей, *не равной нулю*. Данный *парадокс* (см. вопрос 17) устраняется в АСД строгим разграничением методов решения задач двух видов – на движение и на динамическое равновесие сил; этому служит новая методика, изложенная в §11. В отличие от задач на движение (§13), в задачах на равновесие сил учитываются *все* настоящие силы, приложенные к телу в его собственной КС: силы МГ и силы МС.

Силы индуктивного сопротивления и порождающие их индуктивные ускорения существенны в физике частиц высоких энергий, а при высокоточных измерениях – в геофизике, небесной механике и космической динамике. Переносные силы инертности порождаются переносным ускорением (5), П1 и направлены противоположно ему. Их разновидности: поступательная сила инертности, вращательная сила инертности и центробежная сила инертности. Кориолисовы силы порождаются поворотным ускорением, либо поступательным ускорением – в зависимости от наличия/отсутствия вращения рабочей координатной системы – КС, либо *КС.

¹ И не затрачивая никакой энергии, в современном понимании этого явления.

² См. краткую классификацию сил на Ф-4 самоучителя, а также §11 (п.3, п.4).

Задача 1. В ракете, ускоряемой, как описано в задаче №5 (§13), маятник заменён свободно падающим в невесомости телом массой m . Определить, согласно классификации АСД, силы, действующие на данное тело.

Решение. В случае отсутствия силовых контактов с другими телами,

свободное тело, согласно закону инерции, сохраняет состояние равномерного и прямолинейного движения относительно ЭИКС, а в КС ракеты оно будет двигаться с относительным ускорением $\mathbf{a} = -\mathbf{a}$, – противоположным абсолютному ускорению \mathbf{a} ракеты (см. рисунок фрагмента ракеты со свободно падающим и покоящимся телами).

Если даже учесть силовое действие атмосферы внутри ракеты, а также внутреннее поле ТМ ракеты и приливные поля ближайших космических масс (§10), то вызванные ими деформации в падающем теле будут очень малы по сравнению с деформацией, которую получит тело при неизбежном ударе о препятствие П-П внутри ракеты.

В случае абсолютно упругого удара исследуемое тело начнёт периодически отскакивать от неподвижного препятствия и падать обратно с относительным ускорением $\mathbf{a} \approx -\mathbf{a}$, если масса тела пренебрежимо мала в сравнении с массой препятствия и ракеты.

Но после *неупругого* и неразрушительного удара, исследуемое тело неизбежно прижмётся к препятствию *однородным* полем ИТ $\mathbf{g}_\Phi = \mathbf{a}_i - \mathbf{a} = -\gamma^2 \mathbf{a}$ (§10), которое возникает в КС ракеты вследствие её поступательного движения с абсолютным ускорением \mathbf{a} . Поверхностная сила \mathbf{N} давления препятствия П-П на тело и противоположная ей *массовая* сила инертности $\Phi = m\mathbf{g}_\Phi = -\mathbf{N}$ возникают *синхронно* (по 1-й аксиоме), вызывая в исследуемом теле механические напряжения и деформацию сжатия. Напряжение в любом промежуточном сечении В-В в поле ИТ порождается давлением *веса* массы, лежащей *выше* сечения В-В, следовательно, напряжения в исследуемом теле нарастают от нуля – в сечении А-А, до максимума – в сечении П-П препятствия.

Для уменьшения деформаций полезно развернуть тело так, чтобы увеличить площадь его опоры. Этот способ применяют в космонавтике и военной авиации, подбирая наклон кресел космонавтов и пилотов при сильных перегрузках так, чтобы в итоге поле \mathbf{g}_Φ ИТ, вызывающее перегрузки, было ориентировано в направлении грудь → спина человека.

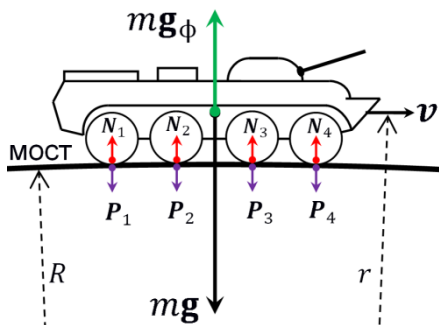
В данной задаче $\Phi = -\gamma^2 m \mathbf{a}$ – есть полная сила инертности. Согласно §11 (п.3), у неё 2 составляющие: $\mathbf{I} = m \mathbf{a}_i$ – индуктивное сопротивление, и $\Phi_e = -m \mathbf{a}_e$ – *переносная сила инертности*, которая из-за отсутствия вращений равна здесь *поступательной силе инертности*: $\Phi_e = \Phi_0 = -m \mathbf{a}_0$, где $\mathbf{a}_0 = \mathbf{a}$ (П1). Следовательно, $\Phi_0 = -m \mathbf{a} = m \mathbf{a}$.

Последняя формула $\Phi_0 = m\mathbf{a}$ интересна с исторической точки зрения, так как она ведёт к классическому понятию “относительной силы” инерции, которая является якобы причиной *относительного ускорения* свободного тела в неинерциальной СО. Но после введения *критерия реальности сил* (§10) физический подход одерживает верх над математическим формализмом: реальными являются только те силы, которые вызывают в телах адекватные механические напряжения и деформации.

Действительно, свободное тело, падающее в ускоряемой ракете с относительным ускорением \mathbf{a} , не испытывает деформации, адекватной силе $\Phi_0 = m\mathbf{a}$. Как раз наоборот, для того, чтобы эта сила начала деформировать исследуемое тело, тело необходимо остановить препятствием, тогда, в момент *обнуления относительного ускорения* \mathbf{a} , сила Φ_0 появится. Неудачность термина *относительная сила инерции* очевидна. Похожая, но более сложная ситуация исследована с силой Кориолиса в задачах 6, 7 и 9.

Задача 2. Радиус R кривизны дорожного полотна на выпуклом мосту равен 100 м. Какова масса m бронетранспортёра (БТР), движущегося по этому мосту, если вес БТР на верхушке моста на скорости $v = 80$ км/ч равен весу неподвижного БТР массой $M = 8$ тонн?

Решение. Разумеется, масса БТР зависит от его абсолютной скорости, но меняется лишь на *микрограммы*. В то же время на наших “выпуклых весах” – тонны, “исчезающие” из-за кривизны траектории. Причина – *разница между динамическим и статическим весом тела*. Следуя основному методу динамистатики, представим рабочую СКС БТР, как равномерно вращающуюся вокруг прямой – геометрического места центров кривизны дорожного полотна. Затем воспользуемся основным уравнением динамистатики (21), §11, как следствием принципа АСД, узаконивающего равновесие ускоряющих сил:



$$\mathbf{N} + m(\mathbf{g}_m + \mathbf{g}_\phi) = 0 \quad (1)$$

Здесь равнодействующая сил МГ $\mathbf{F} = \mathbf{N} + m\mathbf{g}_m$ направлена вниз и уравновешена силой МС $\Phi = m\mathbf{g}_\phi$ – центробежной силой инертности, направленной вверх, где: $m\mathbf{g}_m \approx m\mathbf{g}$ – сила притяжения БТР к Земле, \mathbf{g} – напряжённость поля тяжести Земли ($g \approx 9,8$ Н/кг). Напряжённость поля искусственной тяжести (ИТ) в СКС $\mathbf{g}_\phi = \omega^2 \mathbf{r}$ направлена наружу от оси вращения СКС и порождается переносным (осеостремительным) ускорением $-\omega^2 \mathbf{r}$, где \mathbf{r} – радиус-вектор траектории барицентра (БЦ) БТР с полюсом

на оси вращения СКС ($r \approx R$, так как высота БЦ БТР над дорогой ~ 1 м); $\omega = v/r$ – угловая скорость вращения СКС. Суммарное поле тяжести $\mathbf{g} + \mathbf{g}_\phi$, действуя на БТР вниз, практически по вертикали, передаётся дорожному покрытию под шинами БТР как сила \mathbf{P} – динамический вес БТР. По условию задачи динамический вес равен весу покоящейся массы $M = 8$ т: $\mathbf{P} = M\mathbf{g}$. По закону Ньютона о действии и противодействии возникает поверхностная сила реакции моста $\mathbf{N} = -\mathbf{P}$, приложенная к шинам БТР и направленная вверх (см. рисунок, где $\mathbf{N} = \sum \mathbf{N}_i$; $\mathbf{P} = \sum \mathbf{P}_i$). Подстановки названных величин в уравнение (1) дают уравнение равновесия (2), из которого после проецирования векторов \mathbf{g} и \mathbf{r} выражаем массу БТР (3):

$$(2) \quad -M\mathbf{g} + m(\mathbf{g} + \frac{v^2}{r^2}\mathbf{r}) = 0 \quad \Rightarrow \quad m = \frac{M}{1 - v^2/(r g)} \quad (3)$$

Ответ: $m = 16$ тонн (16-тонный БТР давит на мост как 8-тонный).

Согласно критерию реальности сил (§10), каждая из названных выше сил участвует в деформации тел: динамический вес \mathbf{P} участвует в деформации моста, а силы \mathbf{N} , $m\mathbf{g}$ и $m\mathbf{g}_\phi$ – в деформации колёс, всей конструкции БТР, его груза и экипажа. Чем выше скорость БТР, тем сильнее поле ИТ, которое приподнимает БТР и всё его содержимое вверх, уменьшая деформации всех тел, в том числе людей и шин.

Из формулы (3) следует, что при скоростях $v > \sqrt{r g}$, то есть $v > 113$ км/ч, динамический вес БТР будет нулевым, а его груз и экипаж окажутся в состоянии невесомости. Данная задача показывает преимущество выпуклых мостов и пользу проектирования *скоростных моделей* для тяжёлого военного транспорта, способного преодолевать различные, даже неприступные преграды, буквально перелетая через них.

Задача 3. Вычислить опасную высоту h центра масс (ЦМ) автомобиля, которая создаёт риск его опрокидывания на горизонтальном повороте дороги радиусом $R = 50$ м, на скорости $v = 60$ км/ч, если ширина колеи L автомобиля равна 1,5 м. Определить причину опрокидывания. Считать, что крепление груза в кузове надёжно и не нарушает поперечную симметрию положения ЦМ автомобиля при боковых перегрузках.

Решение. Борцы с центростремительными силами объясняют опрокидывание, доказывая его: 1) действием *осеостремительной силы трения* \mathbf{F} на поворачивающийся автомобиль картинками деформации его шин [72] (на рис. ниже деформированный низ шины показан крупным планом); 2) *явлением инерции* – стремлением ЦМ автомобиля двигаться в *ЗКС прямолинейно.

Однако, *инерция – явление бессильное*, оно не способно совершить работу опрокидывания. Не совершает работу и сила \mathbf{F} , так как $\mathbf{F} \perp \mathbf{v}$.

Реальный момент силы, способный начать ускоренное вращение автомобиля, приподнимая его ЦМ и совершая работу опрокидывания против

работы силы тяжести mg , порождает не инерция, а **инертность** – силовое явление противодействия МС абсолютному ускорению a (§6). Внимательный взгляд обнаруживает дополнительную закономерность: при повороте на горизонтальной дороге деформация внутренних шин (правых шин при правом повороте и левых шин при левом повороте) всегда меньше, чем деформация шин наружных.

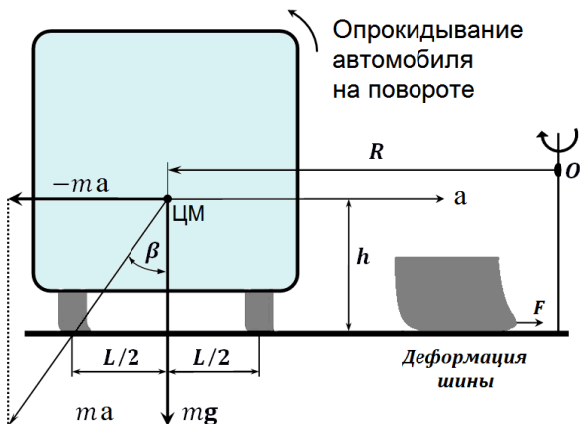
Закономерное различие в деформациях левых и правых шин указывает на наличие **момента** пары сил, который стремится опрокинуть автомобиль в сторону, противоположную направлению поворота. Опрокидывающий момент возникает на сколько угодно малой скорости поворота одновременно с появлением осеостремительной силы трения F , приложенной к шинам со стороны дороги, и равен по величине Fh . Следовательно, вторая сила данной пары равна $-F = -ma$, но она рассредоточена по всей массе автомобиля и закреплённого груза (см. рисунок). Согласно 1-й аксиоме, $\Phi = -ma$ – **центробежная сила инертности** (ЦБСИ), создаваемая осеостремительным ускорением $a = v^2/R$. Она вполне реальна, поскольку во время поворота увеличивает деформацию наружных колёс, уменьшая деформацию колёс внутренних, фиктивные силы инерции на такие *действия* принципиально не способны.

Равнодействующая массовых сил $mg - ma$ приложена к ЦМ автомобиля с грузом, если $R \gg L$. Из прямоугольного треугольника, образованного векторами силы тяжести mg и ЦБСИ $-ma$, учитывая то, что в момент начала опрокидывания равнодействующая этих сил пересекает наружную колею автомобиля на расстоянии $L/2$ от линии действия вектора mg , получаем искомое решение для опасной высоты ЦМ:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{L/2}{h} = \frac{a}{g} = \frac{v^2/R}{g} \quad \Rightarrow \quad h = \frac{g L R}{2v^2} \quad (4)$$

Ответ: $h = 1,3$ м. Из формулы (4) следует, что на астероидах и спутниках планет со слабым полем тяжести g , проектировать горизонтальные скоростные дороги, по типу земных, проблематично.

Теоретически можно компенсировать уменьшение поля g противоположным увеличением ширины колеи L во столько же раз. Однако даже



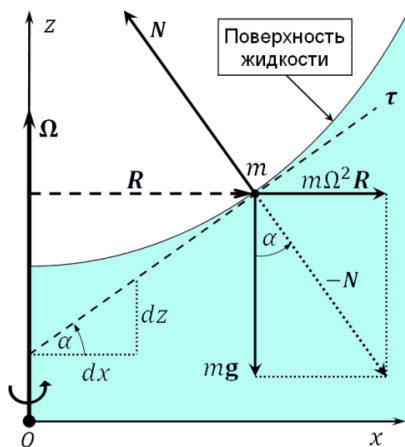
на Луне, где поле \mathbf{g} только в 6 раз меньше земного, вряд ли уширение колеи в 6 раз целесообразно, поэтому *скоростной режим* по дорогам Луны потребует существенного ограничения по сравнению с земным режимом.

Следующая задача ещё убедительнее связывает ЦБСИ с деформациями, которые легко наблюдаются в жидкости.

Задача 4. Вычислить установившуюся форму открытой поверхности жидкости в закрытом сосуде, который вращается с постоянной угловой скоростью Ω вокруг вертикальной оси в однородном поле тяжести с напряжённостью \mathbf{g} . Поверхностное натяжение жидкости и индуктивное сопротивление не учитывать.

Решение. Благодаря вязкому трению, макроскопические движения жидкости относительно вращаемого сосуда постепенно затухают, и любая жидкая частица начинает обращаться вокруг оси вращения с одной и той же угловой скоростью Ω вместе с сосудом.

На рисунке изображено сечение вращаемой жидкости полуплоскостью, которая начинается на вертикальной оси вращения сосуда Oz . Оси Ox и Oy декартовой КС тоже привязаны к сосуду. Применим основное уравнение динамики статики (21), §11 в рабочей КС сосуда к произвольной жидкой частице, имеющей массу m и расположенной на *поверхности* жидкости:



$$\mathbf{N} + m(\mathbf{g} + \mathbf{g}_\phi) = 0 \quad (5)$$

где, согласно формуле (22), §11, $\mathbf{g}_\phi = -\mathbf{a}_e$ – напряжённость центробежного поля ИТ противоположна переносному ускорению СК: $\mathbf{a}_e = -\Omega^2 \mathbf{R}$, где \mathbf{R} – индивидуальный радиус круговой траектории жидкой частицы ($R = x$). Поэтому в данной задаче уравнение равновесия сил, приложенных к жидкой частице, приобретает вид:

$$\mathbf{N} + m\mathbf{g} + m\Omega^2 \mathbf{R} = 0 \quad (6)$$

где \mathbf{N} – негравитационная сила реакции окружающей жидкости, находящейся в контакте с исследуемой жидкой частицей. Сила \mathbf{N} везде направлена по нормали к свободной поверхности жидкости,¹ в том числе по нор-

¹ Так как сила тяжести $m(\mathbf{g} + \mathbf{g}_\phi)$ задаёт направление местной отвесной линии в каждой точке свободной поверхности жидкости.

мали к касательной τ , пересекающей ось вращения сосуда: $N \perp \tau$ (см. рис.). Уравновешивающая её сила $m(\mathbf{g} + \mathbf{g}_\phi) = -N$ есть сила тяжести.

Спроецируем все векторы уравнения (6) на касательную τ :

$$-mg \sin \alpha + m \Omega^2 x \cos \alpha = 0 \quad (7)$$

а затем выразим из уравнения (7) угловой коэффициент касательной:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dz}{dx} = \frac{\Omega^2 x}{g} \quad (8)$$

Формула (8) даёт дифференциальное уравнение:

$$g dz = \Omega^2 x dx \quad (9)$$

решением которого, при начальном условии $z(0) = z_0$, является парабола в плоскости zOx , а в пространстве – параболоид вращения с осью симметрии, совпадающей с осью вращения сосуда:

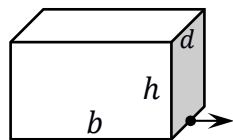
$$z(x) = \frac{\Omega^2}{2g} x^2 + z_0 \quad ; \quad z(x, y) = \frac{\Omega^2}{2g} (x^2 + y^2) + z_0 \quad (10)$$

где Ω^2/g есть кривизна поверхности жидкости в её нижней точке. Кривизна растёт квадратично с увеличением угловой скорости вращения Ω .

Опыты Ньютона с вращением воды вокруг вертикальной оси доказали, что поверхность воды деформируется только при *абсолютном* вращении. Это открытие помогло Ньютону ввести новые понятия абсолютно-го и относительного пространства [34, с.30-37], как координатных систем.

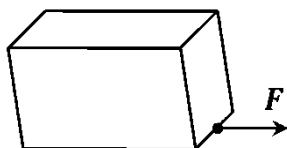
В следующей задаче тело, ускоряемое *поступательно* горизонтальной силой, неожиданно начинает *вращаться*, если указанная сила превышает предельную величину. Причина – поступательная сила инертности.

Задача 5. Однородный прямоугольный брусок весом $P = mg$, высотой h , длиной b и шириной d лежит на горизонтальной плоскости. Брусок начинают ускорять постепенно возрастающей *горизонтальной* силой F , приложенной к середине нижнего ребра бруска шириной d , перпендикулярно этому ребру.



Вычислить ускоряющую силу F , при которой к прямолинейному поступательному движению бруска добавится вращение. Трение и сопротивление окружающей среды не учитывать.

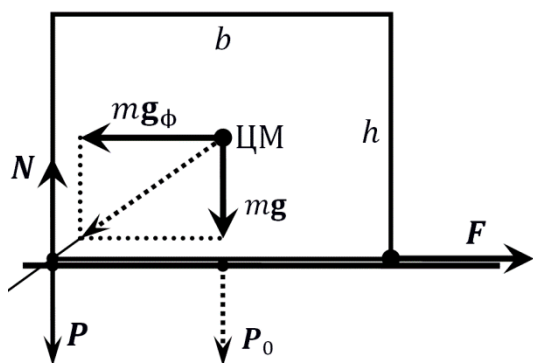
Решение. Практическая горизонтальность ускоряющей силы обеспечивается, например лёгкой гибкой тягой, длина которой на много порядков превосходит исследуемое перемещение бруска. Если брусок резиновый, то даже небольшое ускорение вызовет его заметную деформацию в



однородном поле ИТ напряжённостью $\mathbf{g}_\Phi = -\mathbf{a}_e$: брусок растянется по длине, верхняя грань сместится назад относительно нижней грани против ускорения \mathbf{a} бруска. В результате совместных деформаций растяжения и сдвига прямоугольный

брусок превратится в наклонный параллелепипед, у которого две боковые грани превратятся в параллелограммы.

В динамистатике, как и в статике, добавление единственной силы, \mathbf{F} нарушающей прежнее равновесие механической системы, является ошибкой (§11). Исправляя эту ошибку, на следующем рисунке указываем векторы всех сил, действующих на брусок, а также силу веса бруска, действующую на опорную горизонтальную плоскость. В состоянии покоя вектор веса \mathbf{P}_0 расположен под ЦМ бруска и вектором силы тяжести $m\mathbf{g}$, а противоположная ему реакция опоры \mathbf{N}_0 (на рисунке она не поместилась) приложена к середине нижней грани бруска и направлена в его ЦМ.



Переносная сила инертности $\Phi = m\mathbf{g}_\Phi = -\mathbf{F}$ — есть равнодействующая всех массовых сил инертности, действующих на все частицы ускоряемого бруска. При его поступательном движении сила Φ приложена к ЦМ бруска и уравнивает силу \mathbf{F} в проекции на горизонталь. Силы $m\mathbf{g}$ и \mathbf{N} уравнивают друг друга в проекции на вертикаль.

При ускорении бруска силы \mathbf{F} и $m\mathbf{g}_\Phi$ образуют пару сил, которая стремится повернуть брусок против часовой стрелки. Поскольку при малых ускорениях брусок всё же не вращается, указанная пара сил уравнивается противоположной ей парой сил $m\mathbf{g}$ и \mathbf{N} , которая стремится повернуть брусок по часовой стрелке. Очевидно, что ненулевой момент пары сил $m\mathbf{g}$ и \mathbf{N} появится только при смещении точки приложения сил \mathbf{P}_0 и \mathbf{N}_0 влево от вертикали, проходящей через ЦМ бруска. Причиной указанного смещения оказывается равнодействующая сил тяжести и сил инертности $m\mathbf{g} + m\mathbf{g}_\Phi$, показанная на рисунке, как диагональ параллелограмма данных сил. Пока ускорение \mathbf{a} не велико, сила $m\mathbf{g}_\Phi = -m\mathbf{a}$ тоже мала, и линия действия равнодействующей сил $m\mathbf{g} + m\mathbf{g}_\Phi$ пересекает нижнюю грань бруска, как площадь его опоры. Благодаря этому брусок не вращается, двигаясь только поступательно.

Очевидно, что показанное на рисунке крайнее левое положение двух точек приложения сил \mathbf{P} и \mathbf{N} , оказывается критическим, так как равнодей-

ствующая сил $mg + mg_\phi$ пересекает в этот момент заднее нижнее ребро бруска, как левую границу площади его опоры. После этого, при малейшем увеличении ускорения, *неуравновешенный* момент сил $mg + mg_\phi$ начнёт поворачивать брусок вокруг заднего ребра, как линии опоры и мгновенной оси вращения, следовательно, передняя грань бруска начнёт подниматься над горизонтальной плоскостью, а сила инертности mg_ϕ становится вращающей силой. Поворот бруска увеличивает или уменьшает опрокидывающий момент, в зависимости от отношения размеров h/b .

В модели абсолютно твёрдого тела, брусок испытывает только напряжения без деформаций, в этом случае решение оказывается элементарным. На рисунке для критического момента из подобных прямоугольных треугольников получаем отношения сил, как отношения размеров бруска:

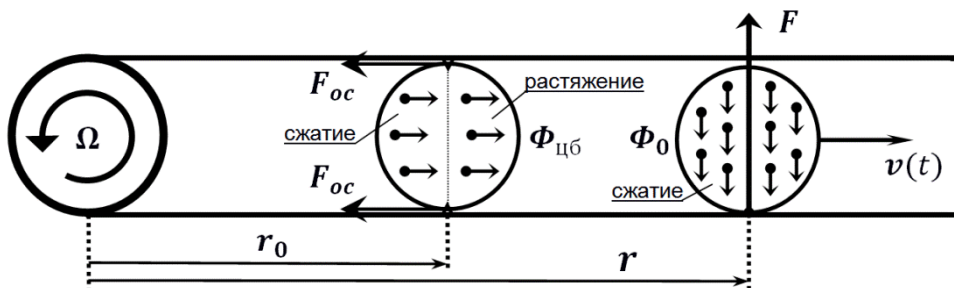
$$\frac{mg}{F} = \frac{mg}{mg_\phi} = \frac{h}{b} \quad \Rightarrow \quad F = mg \frac{b}{h} \quad (11)$$

Из формулы (11) следует: чтобы повалить высокий, но узкий брусок ($b/h \ll 1$), достаточно очень малой силы. Если $b > h$ – наоборот, брусок поворачивается на определённый угол, не опрокидываясь.

Данная задача может иметь много вариантов. Можно, например, найти угол поворота бруска после стабилизации модуля ускоряющей силы на уровне nF (F вычисляется по формуле (11), $n > 1$) и затухания возникших колебаний. Можно добавить силу трения и исследовать устойчивость приподнятого бруска в зависимости от соотношения его длины и высоты. Можно изменить направление ускоряющей силы на противоположное, то есть направить силу под брусок, тогда результаты будут иными. Любознательному читателю будет интереснее самому исследовать предложенные варианты, чем читать готовые решения.

Задача 6. В условиях задачи №2 (§13) вычислить все силы, деформирующие тело, которое удерживается в трубе, затем освобождается и разгоняется её вращением. Идентифицировать названия этих сил по классификации АСД. Вычислить мощность силы, разгоняющей тело.

Решение. ЦМ тела, удерживаемого в трубе, движется в *ЗКС равномерно по горизонтальной окружности радиусом r_0 , с ускорением $\mathbf{a}_{oc} = -\Omega^2 \mathbf{r}_0$ и, по закону Ньютона, на тело действует удерживающая осе-стремительная сила $\mathbf{F}_{oc} = -m\Omega^2 \mathbf{r}_0$ (полагаем размеры тела $\ll r_0$). Принцип АСД (§11) утверждает, что ньютонова сила \mathbf{F}_{oc} уравновешена массовой силой инертности $\Phi_{цб} = m\Omega^2 \mathbf{r}_0$, приложенной к частицам тела, материализуя центробежное поле ИТ, направленное от оси вращения. Согласно критерию реальности сил (§10) совокупность двух названных сил деформирует тело, однако характер деформации зависит от места приложения



поверхностной силы F_{oc} . Если сила F_{oc} приложена в среднем поперечном сечении тела (см. рис.), то части тела, расположенные по разные стороны от этого сечения, испытают под действием поля ИТ $g_\phi = \Omega^2 r_0$ противоположные деформации – сжатия и растяжения, а также изгиба.

После освобождения тела обе силы исчезают: $F_{oc} = 0$ & $\Phi = 0$, причём, синхронно – согласно 1 аксиоме АСД, и как следствие (возможно после ряда колебаний), исчезают и вызванные этими силами деформации.

Для вычисления ньютоновой силы $F = ma$, приложенной к разгоняемому в трубе телу, нужно знать абсолютное ускорение a , и все его слагаемые a , a_e , a_c , согласно теореме о сложении ускорений (4), П1:

$$(12) \quad a = a + a_e + a_c \quad ; \quad a = dv/dt \quad (13)$$

$$(14) \quad a_e = a_0 + \varepsilon \times r + \Omega \times (\Omega \times r) \quad ; \quad a_c = 2 \Omega \times v \quad (15)$$

Для вычисления относительной скорости $v = dr/dt$ тела и его относительного ускорения $a = dv/dt$ в СКС трубы, центр СКС выберем на оси вращения, воспользуемся формулой (13), §13, предварительно заменив в ней $\varphi = \Omega t$, и в итоге её дифференцирования по времени t имеем:¹

$$(16) \quad v(t) = \Omega r_0 \operatorname{sh}(\Omega t) \quad \Rightarrow \quad a(t) = \Omega^2 r_0 \operatorname{ch}(\Omega t) \quad (17)$$

Подставляя $v(t)$ из формулы (16) в формулу (15), получаем в СКС трубы вектор поворотного ускорения тела и его модуль:

$$(18) \quad a_c(t) = 2\Omega \Omega \times r_0 \operatorname{sh}(\Omega t) \quad \Rightarrow \quad a_c(t) = 2\Omega^2 r_0 \operatorname{sh}(\Omega t) \quad (19)$$

В формуле (14) $\varepsilon = 0$, ибо $\Omega = \text{const}$; $a_0 = 0$, так как ЦКС в покое. Следовательно, *переносное* ускорение a_e равно осестремительному ускорению с радиус-вектором $r(t) = r_0 \operatorname{ch}(\Omega t)$ (см. формулу (13), §13):

$$a_e(t) = -\Omega^2 r_0 \operatorname{ch}(\Omega t) \quad (20)$$

Подставляя найденные слагаемые абсолютного ускорения $a(t)$ в

¹ В последующих формулах определяем вектор r_0 как сонаправленный векторам r , v и a .

формулу (12), обнаруживаем, что $\mathbf{a}(t) + \mathbf{a}_e(t) \equiv 0$, следовательно, *абсолютное ускорение* тела, разгоняемого вращением трубы, при условии нулевого трения и $\Omega = const$, равно ускорению (18) $\mathbf{a}_C(t)$ в СКС трубы, которое перпендикулярно трубе и направлено в сторону её вращения – непрерывного *поворота*. Это оправдывает название \mathbf{a}_C как **поворотного ускорения** (П1), которое порождено силой МГ, а не силой инертности:

$$\mathbf{a}(t) = \mathbf{a}_C(t) = 2 \Omega \times \mathbf{v} = 2\Omega \Omega \times \mathbf{r}_0 \operatorname{sh}(\Omega t) \quad (21)$$

По этой причине **ньютонову силу** $\mathbf{F}(t) = m\mathbf{a}(t)$, выраженную через *поворотное* ускорение, логично назвать (§11, п.4) **поворотной силой**:

$$(22) \quad \mathbf{F}(t) = 2m \Omega \times \mathbf{v}(t) \quad \Rightarrow \quad F(t) = 2m \Omega^2 r_0 \operatorname{sh}(\Omega t) \quad (23)$$

Поворотная сила $\mathbf{F}(t)$ (сила МГ) определяет характер спиральной траектории тела в *ЗКС по формуле (13), §13 (задача №2): $r(\varphi) = r_0 \operatorname{ch}(\varphi)$.

Чтобы идентифицировать силу *инертности*, которая противодействует ускорению, деформируя тело, разгоняемое трубой, вернёмся к основному методу динамистатики (§11, п.1), рекомендующему использовать **СКС** исследуемого **тела** в качестве рабочей КС. Пусть центр рабочей СКС совпадает с ЦМ разгоняемого тела, тогда формула (12) даёт равенство $\mathbf{a} = \mathbf{a}_e$, так как в этой СКС $\mathbf{a} = 0$ & $\mathbf{a}_C = 0$ (§11). В СКС тела формула (14) для ЦМ тела даёт равенство $\mathbf{a}_e = \mathbf{a}_0$, так как $\mathbf{r} = 0$. Таким образом, переносное ускорение ЦМ разгоняемого тела \mathbf{a}_0 оказывается поступательным, равным абсолютному ускорению \mathbf{a} , которое даётся формулой (21), откуда находим *переносную силу инертности* $\Phi(t) = -m \mathbf{a}_0$:

$$\Phi(t) = \Phi_0(t) = -2m \Omega \times \mathbf{v}(t) = -2m \Omega \Omega \times \mathbf{r}_0 \operatorname{sh}(\Omega t) \quad (24)$$

Формула (24) совпадает с известной из классической механики силой инерции под названием *сила Кориолиса*. Как и в задаче №1, данная *сила инертности* возникает при *отсутствии* соответствующего ей ускорения $-2 \Omega \times \mathbf{v}$. Но поскольку здесь сила $-2m \Omega \times \mathbf{v}$ *именная*, её имя не обязывает непременно появление ускорения $-2 \Omega \times \mathbf{v}$ одновременно с сонаправленной силой (§11, п.4). Сила Кориолиса появляется здесь согласно 1-й аксиоме АСД как реакция мировой среды на *абсолютное* поворотное ускорение $2 \Omega \times \mathbf{v}$ (21), порождённое силой гравитирующего мира $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ (22). Сила Кориолиса $\Phi(t) = \Phi_0(t)$ противоположна силе $\mathbf{F}(t)$ (см. рисунок выше), то есть тоже перпендикулярна оси трубы. Совместное действие сил $\mathbf{F}(t)$ и $\Phi_0(t)$ порождает деформацию сжатия разгоняемого тела: оно прижимается внутри вращаемой трубы к её задней стенке силой инертности (24) $\Phi_0(t)$, экспоненциально растущей со временем.

Мощность $P(t)$ силы $\mathbf{F}(t)$ определяется произведением $\mathbf{F}(t) \cdot \mathbf{v}(t)$ в *ЗКС, где абсолютную \mathbf{v} и переносную \mathbf{v}_e скорости тела выпишем из П1:

$$(25) \quad \mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_e \quad ; \quad \mathbf{v}_e = \mathbf{v}_0 + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r} \quad (26)$$

Вычисляем $P(t)$ по формулам (22), (23), (25), (26), учитывая, что относительная скорость $\mathbf{v} \perp \mathbf{F}$, а поступательная скорость \mathbf{v}_0 (как составная часть переносной скорости \mathbf{v}_e) равна нулю (центр *ЗКС на оси вращения):

$$P(t) = F(t) \cdot \mathbf{v}(t) = m \Omega^3 r_0^2 \operatorname{sh}(2\Omega t) \quad (27)$$

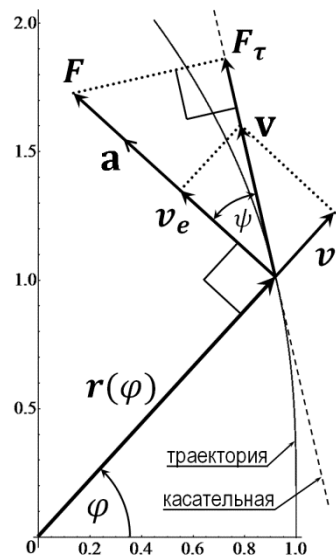
В задаче №2 (§13) было доказано, что ускоряющей силой, которая увеличивает скорость тела вдоль его спиральной траектории в *ЗКС, служит касательная компонента F_τ поворотной силы \mathbf{F} (рис. ниже), в то время как нормальная компонента F_n силы $\mathbf{F} = \mathbf{F}_n + \mathbf{F}_\tau$ превращает прямую траекторию тела (в СКС трубы) в криволинейную траекторию (в *ЗКС).

Проекция касательной компоненты $F_\tau = F \cos \psi$, где угол $\psi = \mathbf{F} \wedge \mathbf{F}_\tau$, вычисляется из параллелограмма скоростей по формулам (25), (16), (26) и формулам преобразования гиперболических функций [174, с.215]:

$$(28) \quad \cos \psi = \frac{|\mathbf{v}_e|}{|\mathbf{v}|} = \frac{\Omega r}{\sqrt{v^2 + (\Omega r)^2}} \Rightarrow \cos[\psi(\varphi)] = \frac{\operatorname{ch} \varphi}{\sqrt{\operatorname{ch}(2\varphi)}} \quad (29)$$

Умножая $\cos \psi$ из (29) на силу F из (23), получаем модуль силы F_τ :

$$F_\tau(\varphi) = F \cos[\psi(\varphi)] = \frac{m \Omega^2 r_0 \operatorname{sh}(2\varphi)}{\sqrt{\operatorname{ch}(2\varphi)}} \quad (30)$$



Мощность (27) силы \mathbf{F} и силы \mathbf{F}_τ одна и та же. Желаящие легко докажут это.

Решённая здесь задача вносит ясность и в принцип действия центробежного насоса, иногда неверно излагаемый даже в серьёзной литературе [69]. Радиальные ускорения жидких масс в центробежном насосе тоже являются центробежными (см. задачу №2 в §13), но порождаются они не центробежными силами, а силами F_τ давления лопаток на разгоняемую жидкость, аналогично разгону тела во вращаемой трубе. Для повышения КПД центробежного насоса, профили лопаток следует плавно изгибать против направления вращения рабочего колеса так, чтобы на любом радиусе $r(\varphi)$ получать приближённое равенство $F_\tau \approx F$, то есть стремиться везде обеспечить

$\cos[\psi(\varphi)] \approx 1$, минимизируя угол $\psi(\varphi)$.

Задача 7. Рассчитать силы, ускоряющие точку массы m по спирали Архимеда. Возможно ли бессиловое движение по данной спирали?

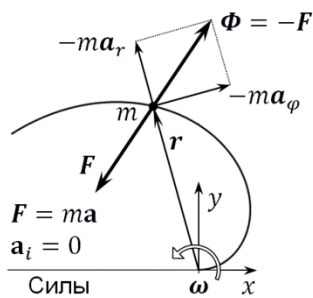
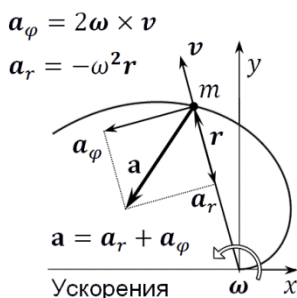
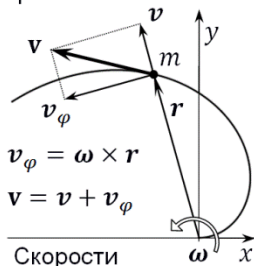
Решение. Архимедову спираль определяют как траекторию точки, бегущей равномерно со скоростью $\mathbf{v} = \text{const}$ от полюса по лучу, который равномерно вращается вокруг полюса с угловой скоростью $\boldsymbol{\omega} = \text{const}$ [174, с.144]. Используя полярные координаты r, φ , рассчитаем радиальные (r) и трансверсальные (φ) компоненты векторов скорости и ускорения точки. Разложение абсолютной скорости \mathbf{v} и абсолютного ускорения \mathbf{a} по ортам \mathbf{r}^0 и $\boldsymbol{\varphi}^0$ полярной КС даётся общими формулами [68, с.122–124]:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_r + \mathbf{v}_\varphi ; \quad v_r = \dot{r} ; \quad v_\varphi = r \dot{\varphi} \quad (31)$$

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_r + \mathbf{a}_\varphi ; \quad a_r = \ddot{r} - r \dot{\varphi}^2 ; \quad a_\varphi = r \ddot{\varphi} + 2 \dot{r} \dot{\varphi} \quad (32)$$

где $\varphi = \omega t$; $\dot{\varphi} = \omega$; $\ddot{\varphi} = 0$; $r = \varphi v / \omega$; $\dot{r} = v$; $\ddot{r} = 0$. Компоненты скорости: $\mathbf{v}_r = \mathbf{v}$ – радиальная, $\mathbf{v}_\varphi = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$ – трансверсальная. Компоненты ускорения: $\mathbf{a}_r = -\omega^2 \mathbf{r}$ – центростремительное; $\mathbf{a}_\varphi = 2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ – поворотное. Абсолютное ускорение \mathbf{a} точки массой m , порождается в *ЗКС действием ускоряющей силы МГ $\mathbf{F} = \mathbf{F}_r + \mathbf{F}_\varphi$. Компоненты силы: $\mathbf{F}_r = -m\omega^2 \mathbf{r}$ – центростремительная; $\mathbf{F}_\varphi = 2m\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ – поворотная (см. задачу 6). Согласно *принципу АСД* (§11), сила МГ действует *одновременно* с силой МС $\boldsymbol{\Phi} = -\mathbf{F} = -\mathbf{F}_r - \mathbf{F}_\varphi$. Компоненты силы МС: $\boldsymbol{\Phi}_r = m\omega^2 \mathbf{r}$ – ЦБСИ; $\boldsymbol{\Phi}_\varphi = -2m\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ – сила Кориолиса. В соответствии с *критерием реальности сил* (§10), силы МГ и МС здесь реальны, ибо деформируют ускоряемое тело. На трёх рисунках ниже (вариант А) показана спираль Архимеда с нанесёнными на неё векторами скоростей, ускорений и сил.

Вариант А

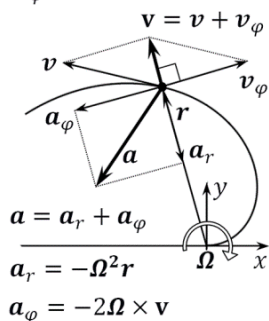


Вариант А – силовой. Бессиловое движение по спирали Архимеда возможно, если относительно МС вращать не луч, а КС – вариант Б.

Вариант Б. На *гладкий* горизонтальный диск, равномерно вращаемый с угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega} = -\boldsymbol{\omega}$ вокруг вертикальной оси, проходящей через центр диска, кладем в его центр малое скользкое тело и придаем ему начальную скорость \mathbf{v} . Трения нет по условию, поэтому тело, получив

Вариант Б: $\Omega = -\omega$

$$v_\varphi = \Omega \times r$$



импульс mv , будет сохранять начальный импульс *постоянным относительно неподвижной *ЗКС по закону инерции*. Следовательно, тело будет двигаться в *ЗКС со скоростью $v = \text{const}$ *прямолинейно* и равномерно, однако его *траектория в СКС вращаемого диска* окажется точно такой же *спиралью Архимеда*, как в варианте А её построения, так как вариант Б (см. рис.) можно рассматривать как результат «пересадки неподвижного наблюдателя» в КС, относительно которой упомянутый выше луч не вращается, а вращается только диск, причём противоположно направлению вращения луча в варианте А. Формулы для скоростей и ускорений массивной точки получаются по методике, изложенной в П1, демонстрирующей ковариантность уравнений классической кинематики. Поскольку силы в АСД *инвариантны* (§11), равнодействующая сил МГ равна нулю не только в *ЗКС, но и во вращаемой СКС диска. Следовательно, *относительное ускорение в варианте Б*, в том числе его слагаемые: *кориолисово ускорение* $a_k = a_\varphi = -2\Omega \times v$ и центростремительное ускорение $a_r = -\Omega^2 r$, оказываются *бессильными*. Поэтому умножение ускорений на массу для вычисления сил, здесь было бы ошибкой.

В варианте Б трение равно нулю. Если ввести трение скольжения тела на вращаемом диске, получим вариант Т, в котором сила трения будет не замедлять, а ускорять движение тела относительно *ЗКС. Можно получить самые причудливые формы траекторий на диске, подбирая коэффициент трения, начальную скорость тела и угловую скорость диска.

Предыдущие задачи данного параграфа решались приближённо – *без учёта вращения Земли*. Однако в более точных экспериментах факт абсолютного вращения планеты должен учитываться.

Теорема. Направление отвесной линии на вращающейся планете *совпадает* в той же точке планеты с направлением вектора относительного ускорения свободного падения в момент перехода относительной скорости падения через нуль.

Доказательство. Из субпланетного уравнения (34), §13, приравняв в нём: $a = 0$ & $a_c = 0$, выбрав в качестве рабочей СКС саму планету (она вращается относительно МС с угловой скоростью Ω), с учётом $a_0 = 0$ и $\varepsilon = 0$, и умножив результат на массу m , получаем направление отвесной линии, которое противоположно вектору силы натяжения N подвеса:

$$-N = m [g_s + g_f + a_{ts} + (\Omega \times r) \times \Omega] \quad (33)$$

Вектор в прямых скобках формулы (33) отличается от относительного ускорения свободного падения \mathbf{a}_n в формуле (38), §13 только наличием в (38), §13 вектора $2 \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega} = -\mathbf{a}_c = \mathbf{a}_k$ – кориолисова ускорения (П1). Но $\mathbf{a}_k = 0$ при $\mathbf{v} = 0$. *Теорема доказана.*

Она верна и в случае $\mathbf{v} \neq 0$ при вертикальном падении тел на полюсах вращающейся планеты, ибо при $\mathbf{v} \parallel \boldsymbol{\Omega} \Rightarrow \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega} \equiv 0$. На других широтах кориолисово ускорение¹ $\mathbf{a}_k = -\mathbf{a}_c$ отклоняет траекторию тела от местной вертикали в направлении переносного вращения планеты $\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{r}$, если тело падает вниз, а при полёте тела вверх – в направлении $\mathbf{r} \times \boldsymbol{\Omega}$.

Задача 8. По известной эмпирической зависимости [73], [74] величины относительного ускорения свободного падения \mathbf{a}_n на поверхности земного эллипсоида в зависимости от географической² широты φ :

$$a_n(\varphi) = 9.780318 + 0.051859 \sin^2 \varphi - 0,000058 \sin^2 2\varphi \quad \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (34)$$

вычислить там же напряжённость собственного поля ТМ Земли g_s – как зависимость тоже от географической широты φ .

Решение. В задаче 6 (§13) была выведена точная формула (39) для относительного ускорения свободного падения $\mathbf{a}_n(\varphi)$ на поверхности планеты. Выразим из неё напряжённость собственного поля ТМ планеты $g_s(\varphi)$ тоже точно:

$$g_s(\varphi) = a_n(\varphi) - g_f - \Omega^2 h - 2 \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega} + \gamma^2 \frac{\mathbf{v}}{c^2} \mathbf{v} \cdot [\mathbf{a}_n(\varphi) - \mathbf{g}_f - \Omega^2 h - 2 \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega}] \quad (35)$$

и сопоставим возможные величины слагаемых в формуле (35) с *точностью* тех семи десятичных цифр, которые даёт формула (34).

Из результатов §21 следует, что для Земли $\max(v^2/c^2) < 10^{-7}$, поэтому индуктивное ускорение, входящее последним слагаемым в точную формулу (35) и умноженное на γ^2 (здесь $\gamma < 1 + 10^{-7}$), не может учитываться приближённой формулой (34) – из-за её недостаточной точности.

Кориолисово ускорение $\mathbf{a}_k = 2 \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega}$ влияет на $\mathbf{a}_n(\varphi)$ ещё меньше, так как $\mathbf{a}_k \perp \mathbf{v}$. По этой причине кориолисова добавка имеет *квадратичный* характер, и для баллистических лазерных гравиметров, непосредственно измеряющих ускорение свободного падения пробных тел, $(a_k/a_n)^2 < 10^{-8}$, так как скорость \mathbf{v} их падения обычно меньше 10 м/с.

Экстремальные значения лунно-солнечных приливных полей g_f бы-

¹ Но не сила Кориолиса, которая может возникнуть только одновременно с поворотной силой МГ из-за *препятствия*, мешающего свободному движению тела в направлении вектора $2 \mathbf{v} \times \boldsymbol{\Omega}$. Свободное падение и препятствие несовместимы, поэтому нет и силы Кориолиса.

² Географическая широта совпадает с астрономической широтой, как угол между плоскостью экватора и нормалью к поверхности геоида. Различием указанной нормали на геоиде и земном эллипсоиде здесь можно пренебречь.

ли вычислены в §10 в примере 2. На поверхности Земли (даже с учётом усиления ППТ деформацией земных недр) они не превышают $3 \cdot 10^{-6}$ Н/кг, то есть могут повлиять только на младший разряд в формуле (34). Однако, *направление* поля \mathbf{g}_f в каждой точке планеты в течение половины суток непрерывно меняется – от растягивающего до сжимающего, затем обратно, поэтому статической формулой (34) тоже не может учитываться.

Следовательно, в правой части формулы (35) осталось только два вектора, которые вносят *заметный вклад в приближённую формулу* (34):

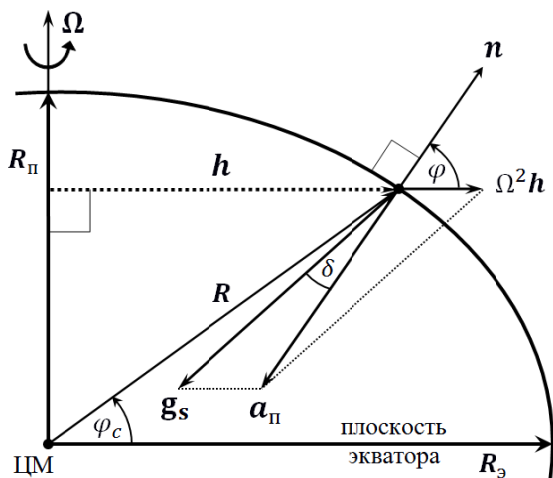
$$\mathbf{g}_s(\varphi) \cong \mathbf{a}_n(\varphi) - \Omega^2 \mathbf{h}(\varphi) \quad (36)$$

Отсюда находим модуль вектора \mathbf{g}_s возведением уравнения (36) в квадрат и последующим извлечением квадратного корня:

$$g_s(\varphi) = \sqrt{a_n^2 + 2a_n\Omega^2 h \cos \varphi + \Omega^4 h^2} \quad (37)$$

где зависимость $a_n(\varphi)$ задана формулой (34); $h(\varphi)$ – формулой (42), выведенной в §13. Ниже на рисунке показан параллелограмм из векторов \mathbf{g}_s , $\Omega^2 \mathbf{h}$, \mathbf{a}_n . Для наглядности рисунок нарочно растянут вдоль вектора \mathbf{R}_3 .

Согласно доказанной выше теореме, ускорение свободного падения



\mathbf{a}_n в момент $v = 0$ направлено по отвесной линии вниз. Отвесная линия коллинеарна нормали \mathbf{n} к поверхности¹ эллипсоида. Центробежное поле ИТ $\Omega^2 \mathbf{h}$ параллельно плоскости экватора, поэтому угол между $\Omega^2 \mathbf{h}$ и нормалью \mathbf{n} равен географической широте φ , а угол между $\Omega^2 \mathbf{h}$ и \mathbf{a}_n равен $\pi - \varphi$. Малый угол $\delta = \mathbf{g}_s \wedge \mathbf{a}_n$ между векторами \mathbf{g}_s и \mathbf{a}_n вычисляется из теоремы синусов:

$$\sin \delta = \frac{\Omega^2 h(\varphi)}{g_s(\varphi)} \sin \varphi \quad (38)$$

Угол $\delta = 0$ на экваторе и полюсах, а на других широтах $0 < \delta < 0,1^\circ$.

Формулу (37) для $g_s(\varphi)$, подстановкой в неё $a_n(\varphi)$, $h(\varphi)$ и парамет-

¹ В противном случае поверхность моря *не* была бы в равновесии: возник бы сток воды в направлении проекции вектора ускорения свободного падения на поверхность моря.

ров Земли: $\Omega = 7,292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с, $R_3 = 6378137$ м, $R_{\Pi} = 6356752$ м, можно преобразовать в более наглядный вид для численных расчётов:

$$g_s(\varphi) = 9,832178 - 0,017943 \cos^2 \varphi - 0,000015 \sin^2 2\varphi \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \quad (39)$$

Здесь $g_s(90^\circ) = 9,832178$ Н/кг – поле ТМ Земли на её полюсах, $g_s(0^\circ) = 9,814235$ Н/кг – поле ТМ Земли на её экваторе. Формула (39) выведена здесь не только из любознательности. Знание собственного поля ТМ Земли $g_s(\varphi)$, очищенного от поля ИТ, обусловленного суточным вращением Земли, оказывается полезным для решения задач динамистатики.

Важно также отметить: формулы (34), (37), (39) не учитывают неровностей земной поверхности (наличия гор, холмов и впадин на суше и под водой), не учитывают они и неоднородностей распределения плотности пород в земной коре и мантии, связанных с историей формирования планеты. Поэтому реальное поле ТМ $g_s(\varphi)$ отличается от рассмотренной идеальной модели. Отклонения от идеальной модели называют *гравитационными аномалиями*, они бывают местными, региональными и глобальными и достигают нередко тысячных долей Н/кг. Поэтому в действительности формулы (34), (37) и (39) гарантируют верность только трёх первых десятичных цифр, причём на уровне моря.¹ Для внесения поправок на гравитационные аномалии в конкретных местах следует обращаться к соответствующим справочникам.

Задача 9. Железнодорожный поезд массой $m = 2000$ т идёт со скоростью $v = 15$ м/с. Сравнить силы бокового давления поезда на рельсы на широте $\varphi = 60^\circ$ при его движении на восток, запад, север и юг. [75]

Решение. Поскольку проекция на местный горизонт *шарообразной модели* Земли векторной суммы поля ТМ и центробежного поля ИТ, вызванного вращением Земли, не равна нулю, шаровая модель Земли приводит к большим ошибкам и не годится для решения данной задачи. Поэтому воспользуемся моделью земной поверхности в форме *эллипсоида вращения* (см. задачу №8 в §14 и рисунок к ней, а также задачу №6 в §13).

При движении поезда на **восток/запад** выберем рабочую **СКС поезда** с центром на оси вращения Земли, в точке её пересечения с плоскостью *географической параллели* на широте φ . Радиус-вектор h отслеживает мгновенное положение поезда на геопараллели. Субпланетное уравнение (34) из §13, применённое к данной задаче, с учётом $a = 0$ & $a_c = 0$ & $\varepsilon = 0$ & $a_0 = 0$, и умноженное на массу m поезда, приобретает вид:

$$-N = m [g_s + g_f + a_{is} + (\Omega \times h) \times \Omega] \quad (40)$$

¹ Увеличение высоты над уровнем моря на 32 см уменьшает g_s , по сравнению с формулой (36), на единицу младшего разряда.

где N – поверхностная сила МГ давления рельсов на идущий поезд, она уравнивает силу тяжести поезда, то есть полную силу давления поезда на рельсы $-N$, отображённую правой частью уравнения (40). Здесь $m\mathbf{g}_s$ – сила ТМ Земли; $m(\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{h}) \times \boldsymbol{\Omega} = m\boldsymbol{\Omega}^2 \mathbf{h}$ – *центробежная сила инертности* (ЦБСИ), обусловленная равномерным вращением СКС поезда с абсолютной угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\Omega}_3 + \boldsymbol{\omega}$ согласно теореме о сложении вращений (3), П1; где $\boldsymbol{\Omega}_3$ – абсолютная угловая скорость вращения Земли; $\boldsymbol{\omega}$ и $\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{h}$ – относительные угловая и линейная скорости поезда в СКС Земли, центр которой совпадает с центром рабочей СКС поезда.

Раскроем ЦБСИ $m\boldsymbol{\Omega}^2 \mathbf{h}$ с учётом того, что при движении поезда на восток $\boldsymbol{\omega} \uparrow \boldsymbol{\Omega}_3$, а при его движении на запад $\boldsymbol{\omega} \downarrow \boldsymbol{\Omega}_3$:

$$m \boldsymbol{\Omega}^2 \mathbf{h} = m (\boldsymbol{\Omega}_3^2 \mathbf{h} \pm 2 \boldsymbol{\Omega}_3 \boldsymbol{\omega} \mathbf{h} + \boldsymbol{\omega}^2 \mathbf{h}) \quad (41)$$

где знак «+» выбираем при движении поезда на восток, а знак «–» – при его движении на запад. После подстановки правой части формулы (41) в уравнение (40), выделим круглыми скобками два слагаемых:

$$-N = m (\mathbf{g}_s + \mathbf{g}_f + \mathbf{a}_{is} + \boldsymbol{\Omega}_3^2 \mathbf{h}) + m (\pm 2 \boldsymbol{\Omega}_3 \boldsymbol{\omega} \mathbf{h} + \boldsymbol{\omega}^2 \mathbf{h}) \quad (42)$$

Левое слагаемое в формуле (42) совпадает с формулой (33) теоремы о направлении отвесной линии; оно даёт силу тяжести (и вес) неподвижного поезда, направленную по местной вертикали (см. рисунок к задаче №8). **Правое** слагаемое содержит угловую скорость $\boldsymbol{\omega}$, поэтому проявляется только при *движении поезда*; данная сила направлена по радиус-вектору \mathbf{h} , если поезд идёт на восток, и в противоположную сторону, если поезд идёт на запад (но только, если $\boldsymbol{\omega} < 2\boldsymbol{\Omega}_3$, иначе – по радиус-вектору \mathbf{h}).

Умножая 2-е слагаемое в формуле (42) на $\cos(\pi/2 - \varphi) = \sin \varphi$, вводя орт нормали \mathbf{n}^0 к поверхности эллипсоида, и замечая, что $\boldsymbol{\omega} = \mathbf{v}/h$, получаем *векторную проекцию ЦБСИ на горизонтальную плоскость*, равную боковой силе давления поезда на рельсы:

$$N_{\text{в/з}} = m(2 \boldsymbol{\Omega}_3 \pm \mathbf{v}/h)(\mathbf{v} \times \mathbf{n}^0) \sin \varphi \quad (43)$$

где вектор $\mathbf{v} \times \mathbf{n}^0$ направлен *вправо* относительно вектора \mathbf{v} . Для $\varphi = 60^\circ$ по формуле (42) из §13, получаем $h = 3197105$ м; тогда из формулы (43) находим боковую силу давления поезда на **правый** рельс при его движении на **восток**: $N_{\text{в}} = 3911,0$ Н; и при движении на **запад**: $N_{\text{з}} = 3667,2$ Н.

Различие боковых сил при движении на восток и запад, объясняется центробежной силой инертности $m\boldsymbol{\omega}^2 \mathbf{h}$ (с модулем $m\mathbf{v}^2/h$), которая при движении, как на восток, так и на запад, всегда направлена от земной оси. Она растёт обратно пропорционально h и по мере приближения к полюсу Земли приобретает опасную долю от веса самого поезда, вызывая вероятность *схода поезда* с рельсового пути, когда расстояние h до полюса ока-

зывается менее 400–800 метров. На расстоянии $h = v/(2\Omega_3) \approx 103$ км от полюса она оказывается равной силе $|\pm 2m\Omega_3\omega h|$, и тогда векторная сумма двух сил по формуле (43) *обнуляется*, когда поезд идёт на запад, но в случае движения поезда на восток – *удваивается*. **Асимметрия сил** обусловлена различием *абсолютных* угловых скоростей поезда при его движении на восток: $\Omega = \Omega_3 + \omega$, а на запад: $\Omega = \Omega_3 - \omega$.

Для вычисления боковой силы давления поезда на рельсы при его движении по *меридиану* (на **юг** либо **север**), вместо СКС поезда удобнее использовать СКС Земли, которая для подвижного поезда превращается в НеСКС. Применение НеСКС **не** приводит к фиктивным силам, если вычислять не силы инертности, а силу МГ, входящую в уравнение движения. Неподвижный центр рабочей НеСКС поезда поместим в точку пересечения земной оси с плоскостью географической параллели, которую поезд *пересекает* при своём движении по меридиану.

Выразим из субпланетного уравнения (34), §13 *полную силу N давления рельсов на подвижный поезд*, затем вычтем из неё силу натяжения от веса (имеющего массу m поезда), выраженную из формулы (33); учтём, что для нашей НеСКС $\mathbf{a}_0 = 0$ & $\boldsymbol{\varepsilon} = 0$ & $\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\Omega}_3$ & $\mathbf{r} = \mathbf{h}$, \Rightarrow получаем *силу давления рельсов на поезд, обусловленную только движением поезда*:

$$N_{\text{движ}} = m (\mathbf{a} + \mathbf{a}_c) \quad (44)$$

Относительное ускорение поезда \mathbf{a} при $v = \text{const}$ ($\mathbf{a}_t = 0$) определяется мгновенным радиусом кривизны $\rho = R_3^2 R_{\Pi}^2 / R^3$ (Ф-1) эллиптического меридиана: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n = -\mathbf{n}^0 v^2 / \rho$ и направлено к мгновенному центру кривизны эллипса. Поворотное ускорение поезда $\mathbf{a}_c = 2 \boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v}$ направлено в северном полушарии *влево от направления вектора \mathbf{v}* . Оно превращает эллиптическую траекторию поезда в СКС Земли в *спиральную траекторию* в *ЗКС с левой закруткой вокруг северного полушария.

Подставляя найденные ускорения в формулу (44), уточняем $N_{\text{движ}}$:

$$N_{\text{движ}} = m (-\mathbf{n}^0 v^2 / \rho + 2 \boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v}) \quad (45)$$

По 3-му закону Ньютона поезд давит на рельсы противоположной силой:

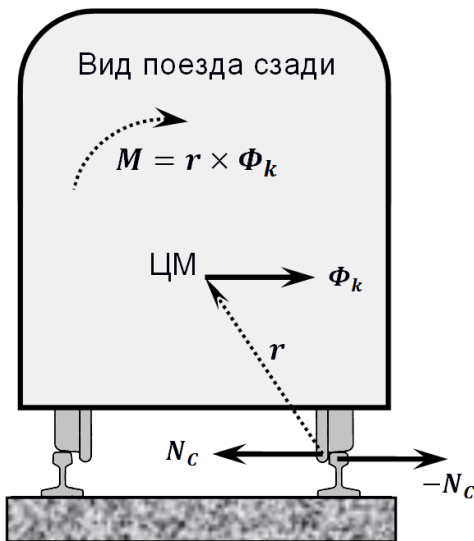
$$-N_{\text{движ}} = m (\mathbf{n}^0 v^2 / \rho - 2 \boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v}) \quad (46)$$

составная часть которой, равная $\mathbf{n}^0 m v^2 / \rho$, направлена вверх по местной вертикали, эта сила лишь слегка уменьшает вес идущего поезда. Зато вторая часть силы МГ давления поезда на рельсы $-2m\boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v}$ направлена в северном полушарии по горизонтали *вправо от вектора \mathbf{v}* :

$$N_{\text{ю/с}} = -2 m \boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v} = 2 m \Omega_3 (v \times \mathbf{n}^0) \sin \varphi \quad (47)$$

Для $\varphi = 60^\circ$ получаем боковую силу давления поезда на **правый** рельс при его движении вдоль меридиана, как на **юг**, так и на **север**: $N_{\text{ю/с}} = 3789,1$ Н. **Одинаковость сил** объясняется одной и той же *абсолютной* угловой скоростью поезда при смене направления его движения по меридиану на противоположное. **Важно**: сила $N_{\text{ю/с}}$ равна среднему арифметическому двух сил $N_{\text{в}}$ и $N_{\text{з}}$ по формуле (43), при движении поезда на восток, либо на запад. Следовательно, при движениях поезда на широте $\varphi = 60^\circ$ со скоростью 15 м/с *в промежуточных направлениях, сила бокового давления поезда на правый рельс будет зависеть от азимута*, плавно изменяясь между значениями формул (43) и (47). В южном полушарии $\varphi < 0$, и боковая сила меняет там направление, действуя на левый рельс.

Замечание 1. Здесь, как и в задачах №6 и №7, формулы (43) и (47) содержат классическую силу Кориолиса $\Phi_k = -2m\Omega_3 \times v$, и точно так же, *ускоряющей силой*, которая превращает траекторию поезда относительно *ЗКС в спираль, оказывается *поворотная сила* $N_C = 2m\Omega_3 \times v$. Здесь она действует на идущий поезд со стороны правого рельса и направлена *влево* относительно вектора v . При этом массовая сила Φ_k может передаваться от поезда на рельсы только в местах *поверхностного* контакта рельсов и колёс. В итоге боковая сила, действующая на правый рельс, определяется законом Ньютона для действия и противодействия: правый рельс действует на колёса идущего поезда поворотной силой МГ N_C , а поезд реагирует противоположной ей силой $N_{\text{ю/с}} = -N_C = \Phi_k$ (см. рисунок). Совместное действие на движущийся поезд пары сил N_C и Φ_k порождает небольшой опрокидывающий момент $M = r \times \Phi_k$, сдвиговую деформацию поезда в направлении слева направо, а также *неодинаковое вертикальное* давление поезда на левый и правый рельс.



Замечание 2. Угловую скорость вращения Земли (УСВЗ) Ω_3 в официальных учебниках [133, с.227] и задачниках [75] вычисляют почему-то через среднюю продолжительность солнечных суток: $2\pi/86400 \text{ с} = 7,2722 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$. Это ведёт к ошибке уже в 3-м знаке, так как правильное значение УСВЗ: $\Omega_3 = 7,292115 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ (§21) определяется *периодом* T вращения Земли относительно мировой среды: $T = 86164,10 \text{ с}$.

§15. Частицы высоких энергий

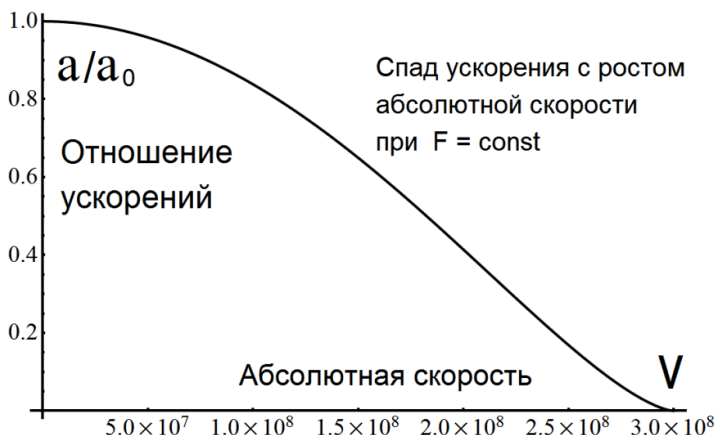
Из факта существования мировой среды (МС, §1) и факта невозможности применения принципа эквивалентности к её энергии, автором получена формула связи массы и энергии частицы $E = mc^2$, смысл которой (§6) оказался несовместимым с общей теорией относительности (ОТО) и релятивистской механикой (РМ), упразднивших мировую среду. Неоднозначная и внутренне противоречивая кинематика ОТО и РМ (§3, §4) вынудила автора вернуться к классической кинематике и построить новую динамику, с учётом факта существования МС и всеми вытекающими отсюда субстанциальными следствиями, в том числе и вполне реальной возможностью вычисления абсолютной скорости физической лаборатории относительно МС (§16 и §21).

Введение новой аксиомы, в дополнение к классическим аксиомам динамики Ньютона, привело к созданию логически непротиворечивой теории, соответствующей всем хорошо проверенным научным фактам, и названной автором абсолютной динамикой, поскольку её основой является абсолютная координатная система (АКС), покоящаяся относительно МС.

Абсолютная динамика расширила возможности классической динамики на любые скорости. В §9 были выведены уравнения движения частицы (10), (16), (24), а также формулы (26)...(35), которые связывают энергию, импульс и массу покоя частицы в АКС. АКС служит базовой КС.

По сравнению с классической динамикой, абсолютная субстанциальная динамика имеет следующие особенности.

1) Для частиц с ненулевой массой покоя планковская скорость относительно базовой АКС недостижима. Причина – индуктивное ускорение (§9), которое снижает абсолютное ускорение частиц при любой попытке их разгона (см. график).



Индуктивное ускорение служит также причиной *поперечного эф-*

фекта АСД при ускорении заряженных частиц (формула (21), §9). Данный эффект нашёл удачное применение в мощных электровакуумных генераторах СВЧ, например в гироконе [152], изобретённом полвека назад.

2) Характерная особенность взаимодействия частиц высоких энергий состоит в том, что гравитация чрезвычайно слаба в сравнении с силами взаимодействия частиц микромира, поэтому, за исключением уникальных экспериментов, силами тяготения можно пренебрегать.

3) Огромные скорости частиц высоких энергий, сопоставимые с планковской скоростью, делают процессы с ними предельно *скоротечными*. Поэтому за ничтожное время проведения эксперимента (нано- или микросекунды), любое *ускорение реальной физической лаборатории*, в которой экспериментируют с такими частицами, практически не успевает изменить абсолютную скорость лаборатории. Поэтому скорость физической лаборатории можно считать в процессе проведения каждого эксперимента *постоянной*, а вращением лаборатории можно тоже пренебрегать. Рабочую координатную систему (КС), связанную с движущейся лабораторией (ДКС), будем называть в данном параграфе *лабораторной* КС – сокращённо **ЛКС**, а вектор её поступательной переносной скорости относительно АКС будем обозначать буквой ***u***.

4) В каждой ЛКС, скорость которой относительно АКС ***u*** $\neq 0$, возникает **анизотропия динамических процессов**. Анизотропия обусловлена существованием *предела* скорости для частиц относительно АКС, равного планковской скорости ***c*** (пункт 1)). В анизотропии динамических процессов легко убедиться. Пусть переносная скорость ЛКС ***u*** = ***c***/2, и в ЛКС покоится частица. Частицу можно разогнать до скорости ***v***₁ = ***c***/2 относительно ЛКС, если ***v***₁ $\uparrow \downarrow$ ***u***, и в итоге разгона частица останавливается относительно АКС: ***v***₁ = 0 (П1). Однако, если частицу попытаться разогнать относительно ЛКС до скорости ***v***₂ = ***c***/2, при условии ***v***₂ $\uparrow \uparrow$ ***u***, то такая попытка неизбежно закончится неудачей, ибо абсолютная скорость ***v***₂ = ***c*** недостижима для частиц с ненулевой массой покоя (§9).

Очевидно, что при любой скорости ***u*** $\neq 0$, одинаковое увеличение скорости частицы по направлению вектора ***u*** и противоположно вектору ***u*** требует различной работы (энергии). Ясно и то, что величина анизотропии сильно зависит от величины переносной скорости ***u*** ЛКС: чем ближе ***u*** к ***c***, тем больше требуется энергии для изменения скорости частицы из-за увеличения индуктивного сопротивления.

Указанные особенности можно продемонстрировать, используя в АКС формулы §9. (См. таблицу далее, 1-й столбец.)

Но в ЛКС, если ввести естественные для ЛКС определения *относительного* импульса ***p*** = ***mv***, и *относительной* энергии покоя ***E***₀ = $\gamma_u m_0 c^2$, где ***v*** – *относительная* скорость частицы, ***v*** – её абсолютная скорость, $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ и $\gamma_u = 1/\sqrt{1 - u^2/c^2}$ – абсолютный и перенос-

ный Лоренц-факторы, то вторая аксиома абсолютной динамики и закон сохранения энергии работать не будут. Это неудобство успешно устраняется введением **фактора анизотропии**, который обозначим буквой α :

$$\alpha = \gamma_u(1 - \mathbf{u} \cdot \mathbf{v}/c^2) \quad (1)$$

Формулы для АКС	Формулы для ЛКС ($\mathbf{u} = \text{const}$)	№
$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$	$\gamma_u = 1/\sqrt{1 - u^2/c^2}$; $\mathbf{u} = \mathbf{v} - \mathbf{v}$	2
$m = \gamma m_0$	$m = \gamma m_0$	3
$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{\gamma m_0} + \mathbf{a}_i$	$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{\gamma m_0} + \mathbf{a}_i$; $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\mathbf{v} + \mathbf{u})^2/c^2}}$	4
$\mathbf{a}_i = -\mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{\gamma m_0 c^2}$	$\mathbf{a}_i = -\mathbf{v} \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{v}}{\gamma m_0 c^2}$; $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{u}$	5
$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$	$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$; $\mathbf{v} = \mathbf{v} - \mathbf{u}$	6
$d\mathbf{p} = m d\mathbf{v} + \mathbf{v} dm$	$d\mathbf{p} = m d\mathbf{v} + \mathbf{v} dm = d\mathbf{p} - \mathbf{u} dm$	7
$dm = m_0 \gamma^3 \mathbf{v} \cdot d\mathbf{v}/c^2$	$dm = m_0 \gamma^3 (\mathbf{v} + \mathbf{u}) \cdot d\mathbf{v}/c^2$	8
$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F}$	$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F} - \mathbf{u} \frac{dm}{dt}$	9
$\delta A = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} dt$	$\delta A = \gamma_u^2 \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \gamma_u^2 \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} dt$	10
$\delta A = \gamma^2 m \mathbf{v} \cdot d\mathbf{v}$	$\delta A = \gamma_u m (\alpha \gamma^2 \mathbf{v} - \gamma_u \mathbf{u}) \cdot d\mathbf{v}$	11
$E_0 = m_0 c^2$	$E_0 = \gamma_u E_0 = \gamma_u m_0 c^2$	12
$E = mc^2 = \gamma m_0 c^2$	$E = \gamma_u \alpha E$; $\alpha = \gamma_u(1 - \mathbf{u} \cdot \mathbf{v}/c^2)$	13
$E_k = (\gamma - 1)E_0$	$E_k = (\gamma \alpha - 1)E_0$	14
$\Delta E_k = (\gamma_2 - \gamma_1) m_0 c^2 = A$	$\Delta E_k = (\gamma_2 \alpha_2 - \gamma_1 \alpha_1) E_0 = A$	15
$dE_k = c^2 dm$	$dE_k = \gamma_u \alpha c^2 dm - \gamma_u^2 m \mathbf{u} \cdot d\mathbf{v}$	16
$E = E_0 + E_k$	$E = E_0 + E_k$	17
$E^2 - p^2 c^2 = E_0^2$		18
$\mathbf{p} = \mathbf{v} \frac{E}{c^2}$	$\mathbf{p} = \mathbf{v} \frac{E}{\gamma_u \alpha c^2}$	19

Фактор анизотропии помогает вывести новые формулы для механической работы и энергии в ЛКС, которые приведены в сводной таблице во второй колонке, чтобы сравнить их с формулами для АКС, размещёнными в левой колонке. Разумеется, при выводе формул для ЛКС использовался закон сложения скоростей классической кинематики (1), (П1), который показал своё преимущество в космической радиолокации, особенно 8 июня 2004 года при прохождении Венеры по диску Солнца (§18).

В таблице использованы следующие обозначения: m и m_0 – мгновенная масса частицы и масса её абсолютного покоя; \mathbf{a} и \mathbf{a}_l – абсолютное и индуктивное ускорения частицы; \mathbf{p} и \mathbf{p} – абсолютный и относительный импульс частицы; A и A – абсолютная и относительная работа силы над частицей; E_0 , E_k и E – энергия *абсолютного* покоя, кинетическая и полная энергия частицы в АКС; E_0 , E_k и E – энергия *относительного* покоя, кинетическая и полная энергия частицы в ЛКС. Благодаря обязательному применению АКС в качестве базовой КС, все физические величины, измеряемые в АКС, служат одновременно базовыми инвариантами (инвариантами АСД) для редуционных расчётов в рабочих КС.

Автор счёл излишним показывать здесь процедуру вывода формул для ЛКС, так как заинтересованный читатель непременно решит *проверить* и вывести необходимые ему формулы самостоятельно.

Задача. Сравнить относительные скорости \mathbf{v}_1 и \mathbf{v}_2 двух одинаковых частиц в ЛКС, если им была передана одинаковая кинетическая энергия, но в противоположных направлениях, коллинеарных переносной скорости ЛКС \mathbf{u} . Перед разгоном обе частицы покоились в ЛКС.

Решение. Приравняем кинетические энергии частиц, используя готовую формулу (14) для E_k из таблицы для ЛКС:

$$E_k = (\gamma_1 \alpha_1 - 1)E_0 = (\gamma_2 \alpha_2 - 1)E_0 \quad \Rightarrow \quad \gamma_1 \alpha_1 = \gamma_2 \alpha_2 \quad (20)$$

Из формул (1), (2), (4), (5): $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$; $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{u}$; поэтому:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 1/\sqrt{1 - (v_1 + u)^2/c^2}; & \gamma_2 &= 1/\sqrt{1 - (v_2 - u)^2/c^2}; \\ \alpha_1 &= \gamma_u(1 - u(v_1 + u)/c^2); & \alpha_2 &= \gamma_u(1 + u(v_2 - u)/c^2). \end{aligned}$$

Подставляем правые части четырёх последних формул в уравнение (20), затем делим уравнение (20) на γ_u и возводим его левую и правую части в квадрат, получая квадратное уравнение относительно неизвестной v_1 либо v_2 :

$$\frac{[1 - u(v_1 + u)/c^2]^2}{1 - (v_1 + u)^2/c^2} = \frac{[1 + u(v_2 - u)/c^2]^2}{1 - (v_2 - u)^2/c^2} \quad (21)$$

которое сводится к уравнению первой степени. Его решения относительно

скоростей v_1 и v_2 имеют вид:

$$(22) \quad v_1 = \frac{v_2}{1 + 2 v_2 u \gamma_u^2 / c^2} \quad ; \quad v_2 = \frac{v_1}{1 - 2 v_1 u \gamma_u^2 / c^2} \quad (23)$$

В случае земных лабораторий: $u \ll c$, и тогда, если скорость v_1 , направленная по u , и скорость v_2 , направленная против u , близки к планковской скорости относительно АКС, то из формул (22) и (23) получаем приближённое отношение искомых скоростей:

$$\frac{v_1}{v_2} \approx 1 - 2 \frac{u}{c} \quad (24)$$

На практике, учёт абсолютного движения земной лаборатории со скоростью u , даёт, как правило, малые относительные поправки к измеренным величинам порядка u/c , uv/c^2 , u^2/c^2 , а иногда и меньшие. Учитывая, что в условиях земных лабораторий скорость u не превышает десятков км/с (§21, п.3), задачи на движение и взаимодействие частиц можно решать в ЛКС, приближённо принимая их за АКС. Однако в более точных экспериментах, абсолютное движение ЛКС со скоростью u придётся всё же учитывать.

Очевидное различие основных формул субстанциальной динамики в АКС и ЛКС доказывает **приближённость галилеевского принципа равноправия КС** в новой динамике, делая релятивистскую механику, основанную на этом принципе, *приближённой* теорией. Преимущество субстанциальной динамики не только в большей точности, но и в индифферентности её уравнений движения к понятию неинерциальности КС (проверка КС на инерциальность не требуется), а самое главное – в однозначности вычислений для детерминированных процессов (§3, §4).

Лоренцева контракция твёрдых тел, объясняющая отрицательные результаты опытов с интерферометрами Майкельсона и Кеннеди (П2, п.5), и описываемая формулой (50), §9, а также замедление темпа хода квантовых часов (§20) при их абсолютном движении и в полях тяготения, ждут от теоретиков статистического квантово-механического обоснования, но без привлечения РМ и ОТО.

§16. Новые эффекты в небесной механике и космической динамике

Законы Кеплера, установившие эллиптичность траекторий планет, стали *первым серьёзным уточнением* теории Коперника, навсегда устранив эпициклы Птолемея. Позже Ньютон доказал, что кеплеровские эллипсы эквивалентны притяжению планет к Солнцу обратно пропорционально квадратам расстояний. Тем не менее, кеплеровское уточнение не учитывало ни притяжения самого Солнца к планетам, ни взаимного притяжения планет друг к другу. Закон всемирного тяготения добавил недостающие *взаимные притяжения тел* и позволил Ньютону сделать *второе уточнение* теории Коперника, которое блестяще подтвердилось астрономическими наблюдениями, как *эволюция* планетных орбит в задаче более двух тел.

Субстанциальная динамика добавляет в небесную механику *взаимодействие тел Солнечной системы с мировой средой* (МС), обосновывая необходимость *третьего уточнения* теории Коперника и дополнительных высокоточных наблюдений, подтверждающих новые эффекты АСД.

В итоге классических расчётов по теории Ньютона оказалось, что в гелиоцентрической координатной системе, не вращающейся относительно далёких звёзд (*СБКС, §8), планетные орбиты представляют собой *незамкнутые* траектории, очень близкие к эллипсам. Поэтому уже у основателей классической небесной механики возникла идея описания движения планет как постепенно эволюционирующих эллипсов с медленно изменяющимися (оскулирующими) элементами орбит. Эта идея воплотилась в уравнения Ньютона-Эйлера [77], [78], которые отличаются *универсальностью* применения.

Задавая любое внешнее воздействие на планету в виде *возмущающего ускорения*, как функцию орбитального положения планеты или других независимых переменных, и интегрируя затем уравнения Ньютона-Эйлера вдоль орбиты, можно получить, как точное, так и приближённое описание *изменения* любого элемента орбиты, например, за один или несколько оборотов планеты вокруг Солнца.

Именно универсальность этих уравнений позволила использовать их и в субстанциальной динамике. **Цель** данного параграфа – исследовать, какие новые эффекты возникают в эволюции околосолнечной орбиты *одиночной* планеты при учёте её взаимодействия с МС, но без учёта гравитационных возмущений от остальных планет. Аналогичная задача в классической небесной механике носит название задачи двух тел, но никаких эволюций планетной орбиты не выявляет, если оба тела абсолютно твёрдые, обладают сферической симметрией и постоянством своих масс.

Выведем уравнение движения по орбите единственной планеты в *СБКС согласно абсолютной динамике, а затем сравним его с соответ-

вующим классическим уравнением. Подстановки в ковариантное уравнение (3), §11 для *относительного* ускорения \mathbf{a}_r :

$$\mathbf{a}_r = \frac{\mathbf{F}}{m} + \mathbf{a}_i - \mathbf{a}_e - \mathbf{a}_c$$

где: $\mathbf{F} = \mathbf{\Gamma} = -\mathbf{r} G M m / r^3$ (четвёртая аксиома, §7); $\mathbf{a}_e = \mathbf{r} G m / r^3$ (переносное ускорение ЦМ Солнца¹ в направлении планеты); $\mathbf{a}_c = 0$; $\mathbf{a}_i = -\mathbf{v} (\mathbf{\Gamma} \cdot \mathbf{v}) / (m c^2)$ (индуктивное ускорение планеты по формуле (13), §9), дают искомое ускорение планеты в *СБКС:

$$\mathbf{a}_r = -\mathbf{r} \frac{G(M+m)}{r^3} + \mathbf{v} \frac{G M}{r^3 c^2} (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}) \quad (1)$$

Здесь $M = \gamma_e M_0$ и $m = \gamma m_0$ – мгновенные массы Солнца и планеты, \mathbf{v} – абсолютная скорость планеты, определяемая формулой (1), (П1):

$$\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_e \quad (2)$$

где \mathbf{v} – относительная (орбитальная) скорость планеты в *СБКС, \mathbf{v}_e – переносная скорость *СБКС, одинаковая для всех точек пространства *СБКС; она близка к *абсолютной скорости Солнечной системы относительно* МС.² $\gamma_e = 1/\sqrt{1-v_e^2/c^2}$, $\gamma = 1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ – Лоренц-факторы соответственно для Солнца³ и планеты.

Вместо уравнения (1), в классической механике выводится более простая формула для относительного ускорения планеты:

$$\mathbf{a}_r^* = -\mathbf{r} \frac{G(\bar{M} + \bar{m})}{r^3} \quad (3)$$

где \bar{M} и \bar{m} – якобы постоянные массы Солнца и планеты, являющиеся по факту некими *средними* массами этих объектов, так как их переменность классической небесной механикой не предполагалась. В первом приближении *средние массы* Солнца и планет задаются переносной скоростью Солнечной системы \mathbf{v}_e . Поэтому можно приближённо принять $\bar{M} \cong \gamma_e M_0$ и $\bar{m} \cong \gamma_e m_0$. После подстановки выражений \bar{M} и \bar{m} в уравнение (3) и подстановки мгновенных масс $M = \gamma_e M_0$ и $m = \gamma m_0$ в уравнение (1), вычитание правой части уравнения (3) из правой части уравнения (1) даёт фор-

¹ Ради строгости можно было добавить к переносному ускорению \mathbf{a}_e ещё и индуктивное ускорение Солнца (последнее слагаемое в правой части формулы (45), §13), но оно ничтожно мало даже по сравнению с весьма малым переносным ускорением Солнца.

² И отличается от неё на малую величину порядка ~ 10 м/с, зависящую от расположения планет. Но здесь мы не учитываем влияние планет на абсолютное движение Солнца.

³ Составляющей *скорости* ЦМ Солнца, обусловленной притяжением планеты, можно пренебречь, так как даже в случае Юпитера или Сатурна она равна лишь нескольким м/с, а влияние на Солнце ближних планет оценивается скоростями ЦМ Солнца порядка см/с.

мулу **возмущающего ускорения A** :

$$A = -r \frac{G \bar{m}}{r^3} \left(\frac{\gamma}{\gamma_e} - 1 \right) + v \frac{G \bar{M}}{r^3 c^2} (r \cdot v) \quad (4)$$

Простая оценка показывает, что первое слагаемое в правой части формулы (4) *меньше* второго примерно во столько раз, во сколько раз масса планеты меньше массы Солнца. Целью данного исследования не является аналитическая сверхточность. Поэтому будем далее пользоваться приближённой формулой, сохраняя только *второе* слагаемое. Вводя обозначение для гравитационного параметра $\mu = G \bar{M}$, принятое в небесной механике, получаем *практическую* формулу возмущающего ускорения A :

$$A = v \frac{\mu}{r^3 c^2} (r \cdot v) \quad (5)$$

Нетрудно видеть (см. формулы (13), §9), что возмущающее ускорение, выражаемое формулой (5), есть *индуктивное* ускорение. Оно появляется только тогда, когда *модуль абсолютной скорости тела меняется со временем*. Ситуация с планетами именно такова и абсолютной динамике находится применение. Запишем уравнения Ньютона-Эйлера для интересных в отношении аналитического исследования оскулирующих элементов орбиты, дав им традиционные имена и обозначения¹ [77, с.591]:

i – наклонение (угол между опорной плоскостью и плоскостью орбиты);

Ω – долгота восходящего узла (угол с вершиной в фокусе орбиты между направлением на основную точку и направлением на восходящий узел орбиты);

ω – аргумент перигентра (угол с вершиной в фокусе орбиты между направлением на восходящий узел орбиты и вектором r_{Π} перигентра);

e – эксцентриситет орбиты;

a – большая полуось эллиптической орбиты;

n – среднее движение (средняя угловая скорость движения планеты по эллиптической орбите).

$$\frac{di}{d\varphi} = \frac{r}{p} \cos(\varphi + \omega) Z \quad (6)$$

$$\frac{d\Omega}{d\varphi} = \frac{r}{p} \frac{\sin(\varphi + \omega)}{\sin i} Z \quad (7)$$

¹ По этой причине в данном параграфе обозначения $\omega, \Omega, a, p, \varphi, R, T$ не совпадают по смыслу с такими же обозначениями в §9 - §11 и П1.

$$\frac{d\omega}{d\varphi} = -\frac{\cos \varphi}{e} R + \frac{\sin \varphi}{e} \left(1 + \frac{r}{p}\right) T - \frac{r}{p} \sin(\varphi + \omega) \operatorname{ctg} i \quad Z \quad (8)$$

$$\frac{de}{d\varphi} = \sin \varphi R + \left[(e + \cos \varphi) \frac{r}{p} + \cos \varphi \right] T \quad (9)$$

$$\frac{da}{d\varphi} = \frac{2a^2}{p} \left(e \sin \varphi R + \frac{p}{r} T \right) \quad (10)$$

$$\frac{dn}{d\varphi} = -3 n \frac{a}{p} \left(e \sin \varphi R + \frac{p}{r} T \right) \quad (11)$$

Здесь использованы следующие обозначения (см. рисунки на Ф-1): φ – истинная аномалия (угол между радиус-вектором перигея \mathbf{r}_Π и радиус-вектором \mathbf{r} мгновенного положения планеты), $p = a(1 - e^2)$ – параметр эллиптической орбиты, $r = p/(1 + e \cos \varphi)$ – модуль радиус-вектора \mathbf{r} . Кроме того введены новые обозначения:

$$R = K A_R; \quad T = K A_T; \quad Z = K A_Z \quad (12)$$

где A_R, A_T, A_Z – проекции возмущающего ускорения \mathbf{A} соответственно на три направления – радиальное, трансверсальное (угол между A_T и \mathbf{v} острый) и перпендикулярное плоскости орбиты; при этом $\mathbf{A}_R, \mathbf{A}_T, \mathbf{A}_Z$ образуют правую тройку векторов. Множитель K имеет вид:

$$K = 1 / \left[\frac{\mu}{r^2} + \frac{\cos \varphi}{e} A_R - \frac{\sin \varphi}{e} \left(1 + \frac{r}{p}\right) A_T \right] \quad (13)$$

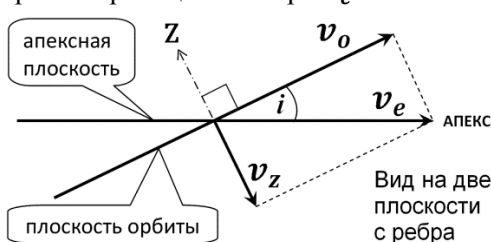
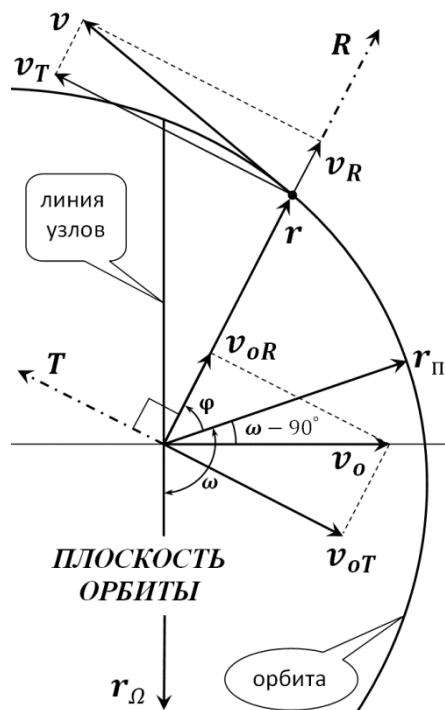
В классической механике для исследования взаимного влияния планет удобна единая для всех планет плоскость эклиптики, либо плоскость Лапласа. Однако вектор \mathbf{v}_e не компланарен ни той, ни другой плоскости, а взаимное влияние планет не является приоритетом настоящего исследования. Чтобы получать легко интегрируемые выражения, в качестве опорной плоскости выберем плоскость, компланарную вектору \mathbf{v}_e , но не любую, а образующую минимальный угол с плоскостью орбиты исследуемой планеты и пересекающую плоскость планетной орбиты в ЦМ Солнца (фокусе эллипса). В этом случае угол i между названными плоскостями окажется точно равным углу между вектором \mathbf{v}_e и плоскостью орбиты. Этот угол может реализовать функцию наклона. Линия пересечения названных плоскостей осуществит функцию линии узлов, она образует прямой угол с вектором \mathbf{v}_e . Угол $\Omega = 3\pi/2$ или $\Omega = \pi/2$ между вектором \mathbf{v}_e и направлением на восходящий узел \mathbf{r}_Ω есть долгота восходящего узла, а угол ω между направлением на восходящий узел \mathbf{r}_Ω и направлением на перигей

рость Солнечной системы \mathbf{v}_e спроецирована на плоскость орбиты и направление Z :

$$\mathbf{v}_e = \mathbf{v}_o + \mathbf{v}_z \quad (14)$$

Вектор \mathbf{v}_o – орбитальная проекция переносной скорости Солнечной системы \mathbf{v}_e , вектор \mathbf{v}_z – ортогональная орбите проекция вектора \mathbf{v}_e .

Второй рисунок изображает часть эллиптической орбиты с линией узлов, радиальным R и трансверсальным T направлениями относительно текущего поло-



жения планеты, определяемого радиус-вектором \mathbf{r} , а также радиус-векторы перигея орбиты \mathbf{r}_Π и восходящего узла \mathbf{r}_Ω . Угол ω есть аргумент перигея, φ – угол между \mathbf{r}_Π и \mathbf{r} . Вектор \mathbf{v} – относительная скорость планеты. Скорости \mathbf{v}_o и \mathbf{v} разложены на радиальные и трансверсальные компоненты:

$$\mathbf{v}_o = \mathbf{v}_{oR} + \mathbf{v}_{oT} ; \quad \mathbf{v} = \mathbf{v}_R + \mathbf{v}_T$$

Формулы для двух последних проекций доказываются в курсах небесной механики и астродинамики:

$$v_R = v_p e \sin \varphi$$

$$v_T = v_p (1 + e \cos \varphi)$$

где $v_p = \sqrt{\mu/p}$ – среднее арифметическое величин скоростей в перигее и апогее, которое для краткости будем называть **параметрической скоростью**.

Параметрическая скорость планеты v_p войдёт во все формулы для оскулирующих элементов орбиты. Формулы для остальных четырёх проекций легко выводятся из рисунков выше:

$$v_o = v_e \cos i \quad (15)$$

$$v_z = -v_e \sin i \quad (16)$$

$$v_{oR} = v_o \sin(\varphi + \omega) \quad (17)$$

$$v_{oT} = v_o \cos(\varphi + \omega) \quad (18)$$

Итак, все компоненты векторов \mathbf{v} и \mathbf{v}_e абсолютной скорости планеты $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_e$ (2) успешно разложены по направлениям R, T, Z . Подставляя их в формулу (2), получаем искомое разложение абсолютной скорости планеты \mathbf{v} на проекции по тем же направлениям R, T, Z :

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_R + \mathbf{v}_T + \mathbf{v}_Z \quad (19)$$

$$v_R = v_e \cos i \sin(\varphi + \omega) + v_p e \sin \varphi \quad (20)$$

$$v_T = v_e \cos i \cos(\varphi + \omega) + v_p (1 + e \cos \varphi) \quad (21)$$

$$v_Z = -v_e \sin i \quad (22)$$

Проекция возмущающего ускорения \mathbf{A} на направления R, T, Z легко вычисляются из формулы (5), с учётом того, что скалярное произведение векторов $\mathbf{r} \cdot \mathbf{v} = r v_R$:

$$A_R = \frac{v_R^2 \mu}{c^2 r^2} \quad A_T = \frac{v_T v_R \mu}{c^2 r^2} \quad A_Z = \frac{v_Z v_R \mu}{c^2 r^2} \quad (23)$$

Раскрывая в (23) A_R и A_T подстановкой выражений v_R и v_T по формулам (20) и (21), и подставляя эти выражения в формулу (13), находим выражение общего множителя K для формул (12):

$$K = \frac{e p^2}{(e + \varepsilon) \mu (1 + e \cos \varphi)^2} \quad (24)$$

где величина ε находится из следующего выражения:

$$\varepsilon = \frac{v_R}{c^2} \left(v_R \cos \varphi - v_T \sin \varphi \frac{2 + e \cos \varphi}{1 + e \cos \varphi} \right) \quad (25)$$

Раскрываем формулы (12) выражений R, T, Z путём подстановки в них A_R, A_T, A_Z, K из формул (23) и (24):

$$R = \frac{e}{e + \varepsilon} \frac{v_R^2}{c^2} \quad T = \frac{e}{e + \varepsilon} \frac{v_T v_R}{c^2} \quad Z = \frac{e}{e + \varepsilon} \frac{v_Z v_R}{c^2} \quad (26)$$

Теперь, раскрыв v_Z по формуле (22), можно подставить выражения R, T, Z (26) в уравнения (6)...(11), получив готовые для интегрирования формулы оскулирующих элементов орбиты:

$$\frac{di}{d\varphi} = -\frac{e v_e v_R}{c^2(e + \varepsilon)} \sin i \frac{r}{p} \cos(\varphi + \omega) \quad (27)$$

$$\frac{d\Omega}{d\varphi} = -\frac{e v_e v_R}{c^2(e + \varepsilon)} \frac{r}{p} \sin(\varphi + \omega) \quad (28)$$

$$\frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{e v_R}{c^2(e + \varepsilon)} \left[-\frac{\cos \varphi}{e} v_R + \frac{\sin \varphi}{e} \left(1 + \frac{r}{p} \right) v_T + v_e \cos i \frac{r}{p} \sin(\varphi + \omega) \right] \quad (29)$$

$$\frac{de}{d\varphi} = \frac{e v_R}{c^2(e + \varepsilon)} \left\{ v_R \sin \varphi + v_T \left[(e + \cos \varphi) \frac{r}{p} + \cos \varphi \right] \right\} \quad (30)$$

$$\frac{da}{d\varphi} = \frac{2a^2}{p} \frac{e v_R}{c^2(e + \varepsilon)} \left(e v_R \sin \varphi + \frac{p}{r} v_T \right) \quad (31)$$

$$\frac{dn}{d\varphi} = -3 n \frac{a}{p} \frac{e v_R}{c^2(e + \varepsilon)} \left(e v_R \sin \varphi + \frac{p}{r} v_T \right) \quad (32)$$

Найдём приращения оскулирующих элементов орбиты за один оборот планеты вокруг Солнца. Для этого проинтегрируем уравнения (27)–(32) по углу $d\varphi$ от 0 до 2π . Перед интегрированием раскроем $r = p/(1 + e \cos \varphi)$, а также v_R и v_T – по формулам (20) и (21).

Из дальнейших вычислений будет очевидно, что $|\varepsilon| < 10^{-7}$. Поэтому для любой планеты Солнечной системы $|\varepsilon| \ll e$, то есть крайне малым слагаемым ε (25) можно пренебрегать во всех практических случаях, кроме экзотических вариантов идеально круговых орбит, или тогда, когда условие $|\varepsilon| \ll e$ не выполняется (в последнем случае задача решается *численным* интегрированием). Пренебрежение величиной ε позволяет вычислить точные интегралы от уравнений (27)–(32) в элементарных функциях, а любопытный случай круговой орбиты легко интегрируется с учётом ε *отдельно*, переходом к пределу при $e \rightarrow 0$.

Хотя при отбрасывании слагаемого ε интегрирование уравнений (27)–(32) даёт *точные* формулы, но первые четыре из них содержат громоздкие функции от эксцентриситета e , занимающие много места, поэтому эти функции заменены здесь приближёнными выражениями путём разложения названных функций в короткие ряды по малому параметру e :

$$\Delta i_1 \approx \frac{\pi e}{c^2} v_e \sin i \sin \omega \left[\left(1 + \frac{e^2}{4} \right) v_p - \frac{e}{2} (1 + e^2) v_e \cos i \cos \omega \right] \quad (33)$$

$$\Delta \Omega_1 \approx -\frac{\pi}{c^2} v_e \left\{ \left[1 + \frac{3}{4} e^2 \left(1 - \frac{2}{3} \cos^2 \omega \right) \right] v_e \cos i + e \left(1 + \frac{e^2}{4} \right) v_p \cos \omega \right\} \quad (34)$$

$$\Delta \omega_1 \approx \frac{2\pi}{c^2} \left\{ v_p^2 + v_e \cos i \left\{ \left(\frac{1}{e} + e \frac{6 + e^2}{16} \right) v_p \cos \omega + \frac{1}{2} v_e \cos i \left[1 + \frac{e^2}{2} - \frac{1}{4} \left(1 + \frac{3}{2} e^2 \right) \cos 2\omega \right] \right\} \right\} \quad (35)$$

$$\Delta e_1 \approx \frac{2\pi}{c^2} v_e \cos i \sin \omega \left[\left(1 - \frac{3}{8} e^2 \right) v_p - \frac{e}{4} v_e \cos i \cos \omega \right] \quad (36)$$

$$\delta a = \frac{\Delta a_1}{a} = \frac{2\pi}{c^2} \frac{e v_p}{1 - e^2} v_e \cos i \sin \omega \quad (37)$$

$$\delta n = \frac{\Delta n_1}{n} = -\frac{3\pi}{c^2} \frac{e v_p}{1 - e^2} v_e \cos i \sin \omega \quad (38)$$

Анализ формул (33)...(38) начнём с предположения, что Солнце покоится относительно МС: $v_e = 0$. Тогда все элементы орбиты остаются постоянными, кроме **аргумента перигея** ω . В случае $v_e = 0$ из (35) получаем простую формулу:

$$\Delta\omega_1 \cong 2\pi \frac{v_p^2}{c^2} \quad (39)$$

То есть при $v_e = 0$ перигей должен поворачиваться в направлении орбитального движения планеты (относительно АКС) со скоростью, практически пропорциональной квадрату отношения скоростей – параметрической к планковской. Для планеты с наибольшей скоростью $v_p = 48919$ м/с – Меркурия – формула (39) даёт приращение $\Delta\omega_1 = 1,673 \cdot 10^{-7}$ рад/об, или $14,33''$ за 415,2 оборота (то есть сто лет). Это в три раза меньше *классической аномалии*, которая была выявлена в 19 веке расчётами Леверье [128], с учётом поправки Ньюкома [129], [78, с.58, 62].¹

Вывод 1. Предположение о том, что Солнечная система покоится относительно мировой среды ($v_e = 0$), или движется в направлении, перпендикулярном² плоскости орбиты Меркурия, опровергается формулами (35) и (39). Поэтому целесообразно перейти к анализу особенностей абсолютного движения Солнечной системы.

Вывод 2. Отличие излагаемой теории от классической механики: в задаче двух тел при $e \neq 0$ & $v_o \neq 0$ & $\sin i \neq 0$ все элементы орбиты планеты непрерывно эволюционируют, изменяясь со временем.

Уравнение (35) позволяет вычислить *минимальную* абсолютную скорость v_e Солнечной системы, способную *полностью* компенсировать аномалию Леверье-Ньюкома. Для этого найдём корни квадратного уравнения (35) относительно неизвестной орбитальной проекции скорости $v_o = v_e \cos i$ в зависимости от аномального приращения $\Delta\omega_1$ и от аргумента перигея ω в апексной координатной системе Меркурия.

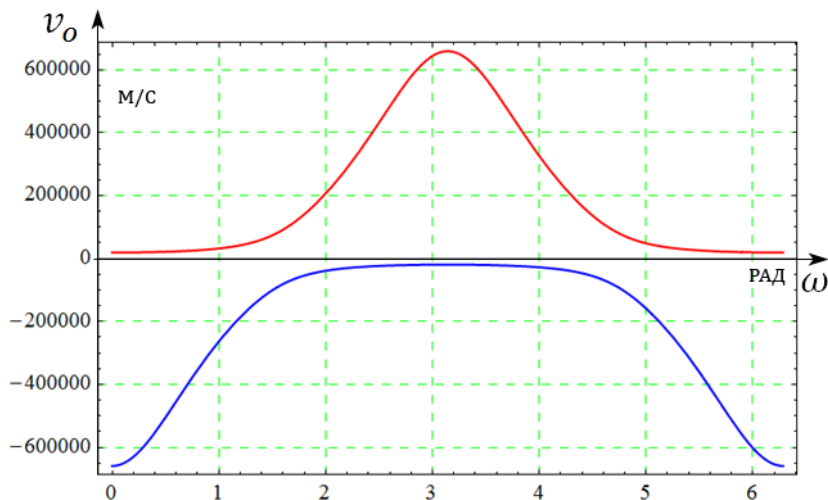
После числовых подстановок параметров Меркурия в уравнение (35) $v_p = 48919$ м/с и $e = 0,205636$ получаем искомую зависимость, содержащую два различных действительных корня орбитальной проекции v_o :

$$v_o = \frac{-1,55 \cos \omega \pm \sqrt{1 + 1,20 \cdot 10^6 \Delta\omega_1 + (1,254 - 313516 \Delta\omega_1) \cos 2\omega}}{(1 - 0,261 \cos 2\omega)/152600} \quad (40)$$

¹ Классическая аномалия по расчётам Леверье составила $38''$ за сто лет, а по Ньюкому $43''$.

² Из формулы (35) следует, что $(v_e \cos i) \neq 0$, следовательно, $i \neq \pm 90^\circ$.

Положительному корню соответствует $\cos i > 0$, а отрицательному корню соответствует $\cos i < 0$: Обе зависимости $v_o(\omega)$ по формуле (40) для $\cos i > 0$ и $\cos i < 0$ после подстановки в неё $\Delta\omega_1 = 5,02 \cdot 10^{-7}$ рад/об (то есть 43'' за сто лет) представлены на графике. Они симметричны относительно вертикальной оси $\omega = \pi$ рад. Нижний график есть зеркальное *отражение* верхнего графика, но отражение сдвинуто по оси ω на π рад. Каждый график имеет два экстремума: верхний график 19,2 км/с и 659 км/с, нижний график – те же величины, но с отрицательными знаками.



Вывод 3. Для объяснения аномалии Леверье-Ньюкома проекция v_o переносной скорости Солнечной системы на плоскость орбиты Меркурия не может быть менее 19,2 км/с, но и не должна быть более 659 км/с.

Переносная скорость Солнечной системы v_e вычисляется из формулы (15):

$$v_e = v_o / \cos i \quad (41)$$

разумеется, если известен угол i между вектором \mathbf{v}_e и плоскостью орбиты планеты. В формулу (41) подставляется один из корней v_o из формулы (40) в соответствии со знаком $\cos i$. Очевидно, что $v_e = 19,2$ км/с есть минимальная абсолютная скорость ЦМ Солнца, которая может объяснить аномалию Леверье-Ньюкома. Она реализуется только в случае компланарности вектора \mathbf{v}_e плоскости орбиты Меркурия.

Итак, аномальная скорость вращения перигелия Меркурия в принципе объясняется новой теорией. По формулам (33)..(38) можно найти теоретические *границы* быстроты приращений остальных элементов орбит, не противоречащие астрономическим наблюдениям и измерениям.

Поскольку для прогноза длительной эволюции Солнечной системы

наиболее важно **поведение больших полуосей орбит**, разумно начать с формулы (37). Наибольший эффект, пропорциональный произведению ($e v_p$), снова оказывается у Меркурия. Выразим из формулы (37) $v_o = v_e \cos i$:

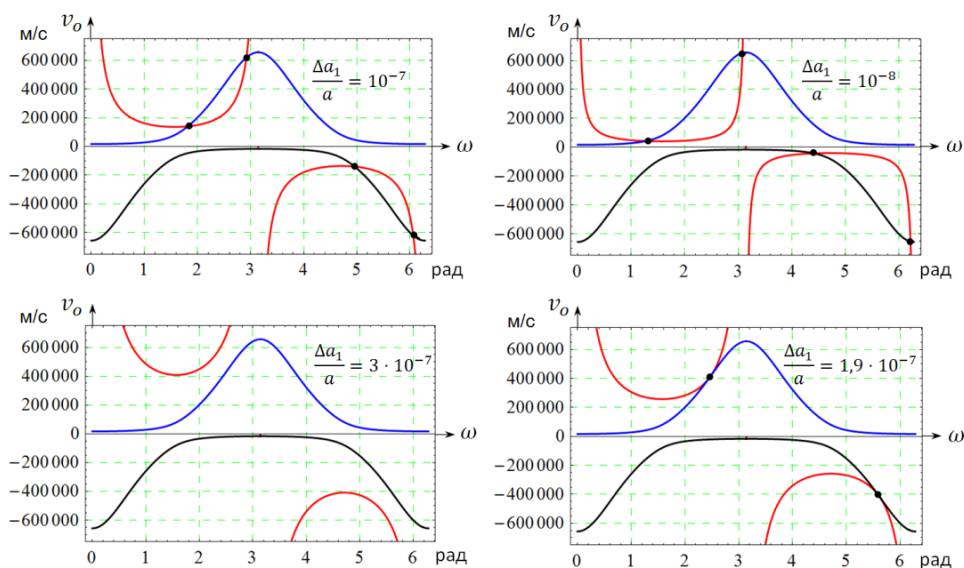
$$v_o = \frac{c^2(1 - e^2)}{2\pi e v_p \sin \omega} \delta a \quad (42)$$

Подставляя сюда численные параметры Меркурия e и v_p , получаем новую зависимость орбитальной проекции v_o от ω (в метрах в секунду):

$$v_o = 1,3618 \cdot 10^{12} \frac{\delta a}{\sin \omega} \quad (43)$$

Первая зависимость $v_o(\omega)$ ранее уже была изображена графически и построена по уравнению (40). Данная зависимость $v_o(\omega)$ содержит пока ещё неизвестный параметр: $\delta a = \Delta a_1/a$ – *относительное приращение большой полуоси* за один оборот.

Два уравнения (40) и (43) дают систему уравнений, которая решена ниже графически. В качестве примера здесь изображены четыре случая



совмещения на графиках функциональных зависимостей $v_o(\omega)$, вычисленных по формулам (40) и (43) при четырёх разных значениях δa от 10^{-8} до $3 \cdot 10^{-7}$, поскольку δa нам неизвестно. На первых двух графиках точки пересечения кривых дают четыре пары решений v_o и ω системы уравнений (40) и (43).

На третьем графике, построенном для $\delta a = 3 \cdot 10^{-7}$, кривые не пе-

ресекаются и решения нет. Наконец, на последнем графике, построенном для $\delta a = 1,9 \cdot 10^{-7}$, кривые двух уравнений только касаются друг друга в двух точках (см. цветные графики на тыльной стороне обложки книги).

Этот пограничный случай даёт нам основание утверждать, что δa – относительное приращение большой полуоси орбиты Меркурия за 1 оборот вокруг Солнца, **не** может превышать $1,9 \cdot 10^{-7}$ в нашу эпоху. Большая полуось Меркурия $a = 57,909 \cdot 10^6$ км. Отсюда $\Delta a_1 = 1,9 \cdot 10^{-7} a = 11$ км/оборот. При столь быстром темпе, приращение большой полуоси за 100 лет составило бы более 4 тыс. км – почти диаметр Меркурия. Такое приращение могли бы обнаружить и визуальными методами времён Леве-рье и Ньюкома, хотя и с большим трудом. Однако радиолокационные измерения расстояний между Землёй и Меркурием значительно точнее [80]. Поэтому фактическое приращение δa должно быть меньше, чем $1,9 \cdot 10^{-7}$, по крайней мере, на два порядка.

Исследуем поведение **эксцентриситета**. Анализ системы из двух уравнений для приращения эксцентриситета Δe_1 (36) и для относительного приращения большой полуоси δa (37) обнаруживает возможность исключить углы i и ω . Для этого, согласно формуле (15), заменим в данной системе уравнений все произведения $(v_e \cos i)$ на v_o . Затем $\sin \omega$ и $\cos \omega = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \omega}$ в уравнении (36) заменим на $\sin \omega$, выраженный из уравнения (37). В итоге получаем независимую от углов функциональную зависимость приращения эксцентриситета Δe_1 от относительного приращения большой полуоси δa :

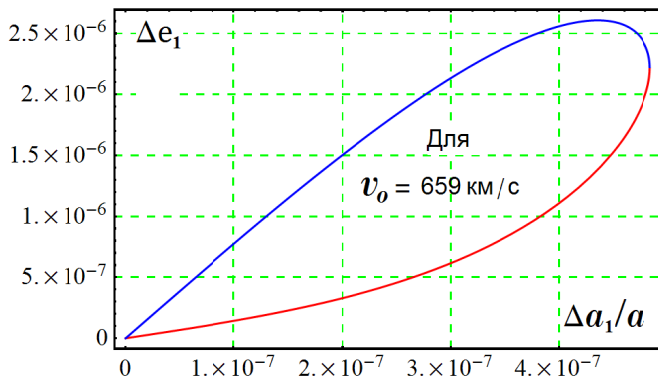
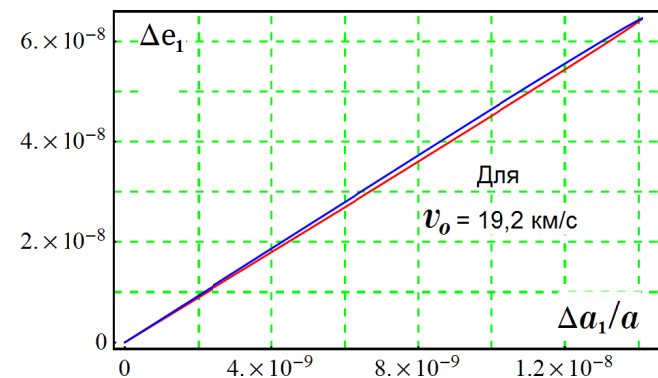
$$\Delta e_1 \approx \frac{1 - e^2}{e} \delta a \left[\left(1 - \frac{3}{8} e^2 \right) \mp (1 - e^2) \frac{c^2 \delta a}{8\pi v_p^2} \sqrt{\left(\frac{2\pi e v_p v_o}{(1 - e^2) c^2 \delta a} \right)^2 - 1} \right] \quad (44)$$

Благодаря двум корням уравнения (44) для $\cos \omega = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \omega}$, данное уравнение, как зависимость Δe_1 от δa , описывает замкнутую кривую на плоскости для $v_o = \text{const}$. Графики этих зависимостей для двух предельных значений v_o , равных 19,2 км/с и 659 км/с, приведены далее. По мере увеличения v_o от 19,2 км/с до 659 км/с первый график постепенно трансформируется во второй. Для заданного значения v_o каждому значению δa , не превышающему некоторого максимума, соответствуют два значения Δe_1 . Благодаря выпуклости замкнутой кривой верно и обратное: каждому значению Δe_1 , не превышающему некоторого максимума, для заданного значения v_o соответствуют два значения $\delta a = \Delta a_1/a$.

Сопоставим полученный диапазон приращений Δe_1 с астрономическими данными. По результатам многовековых наблюдений [82] эксцентриситет орбиты Меркурия увеличивался в каждом столетии на $2,0 \cdot 10^{-5}$, то есть на $4,8 \cdot 10^{-8}$ за каждый оборот.

Какая-то (пока неизвестная) часть данного приращения обусловлена индуктивным ускорением. Следовательно, она может быть только **меньше величины $4,8 \cdot 10^{-8}$** .

Ранее системой уравнений (35) и (37) была установлена верхняя граница для величины $\delta a = 1,9 \cdot 10^{-7}$. Легко заметить, что правая часть нижнего графика вторгается в область *несуществующих* решений для системы уравнений (35) и (37). Это случилось из-за того, что уравнение (36) не использовалось при решении той системы.



Теперь представлялась возможность решить совместно систему из трёх уравнений (35), (36), (37), с учётом не только ограничения δa , но и ограничения Δe_1 , считая искомыми три величины: v_o , ω , Δe_1 . Неизвестную нам величину δa будем задавать в границах существования решения системы уравнений, как предполагаемый *параметр*, который ожидает своего измерения. Посторонние решения, влекущие превышение верхней границы $\Delta e_1 = 4,8 \cdot 10^{-8}$, необходимо исключить. Результаты численного решения системы уравнений (35), (36), (37) для Меркурия сведены в таблицу ниже.

Логика расчёта таблицы следующая. Используя три известных параметра орбиты Меркурия $e = 0,205636$, $v_p = 48919$ м/с, $\Delta\omega_1 = 5,02 \cdot 10^{-7}$ рад/об, и задавая очередное предполагаемое значение δa , вычисляем четыре пары $\{v_o, \omega\}$ решений системы уравнений (35) и (37). Каждой паре решений, с учётом очередного значения δa , соответствует два значения Δe_1 как два корня уравнения (44).

Поэтому таблица состоит из блоков, каждый из них содержит 2×2

= 4 ячейки с вычисленной парой значений v_o , ω и два значения Δe_1 в порядке их убывания. Проекция v_o абсолютной скорости ЦМ Солнца на плоскость орбиты Меркурия рассчитывалась в м/с, а аргумент перигея ω представлен для удобства в градусах. Относительные приращения за 1 оборот – большой полуоси δa и эксцентриситета Δe_1 – безразмерные осциллирующие параметры орбиты.

$\delta a = \frac{\Delta a_1}{a}$	v_{o1} и ω_1	Δe_1	v_{o2} и ω_2	Δe_1
$1 \cdot 10^{-8}$ (граница)	23186 м/с	$4,67478 \cdot 10^{-8}$	658811 м/с	$\Delta e_1 > max$
	35,9698°	$4,49111 \cdot 10^{-8}$	178,815°	$1,35943 \cdot 10^{-8}$
$5 \cdot 10^{-9}$	20292 м/с	$2,33825 \cdot 10^{-8}$	659056 м/с	$3,90408 \cdot 10^{-8}$
	19,607°	$2,24470 \cdot 10^{-8}$	179,408°	$6,78859 \cdot 10^{-9}$
$2 \cdot 10^{-9}$	19405 м/с	$9,35394 \cdot 10^{-9}$	659124 м/с	$1,56173 \cdot 10^{-8}$
	8,0687°	$8,97783 \cdot 10^{-9}$	179,763°	$2,71448 \cdot 10^{-9}$
$1 \cdot 10^{-9}$	19275 м/с	$4,67704 \cdot 10^{-9}$	659134 м/с	$7,80872 \cdot 10^{-9}$
	4,0515°	$4,48885 \cdot 10^{-9}$	179,882°	$1,35717 \cdot 10^{-9}$
$1 \cdot 10^{-10}$	19232 м/с	$4,67706 \cdot 10^{-10}$	659137 м/с	$7,80874 \cdot 10^{-10}$
	0,40571°	$4,48883 \cdot 10^{-10}$	179,988°	$1,35715 \cdot 10^{-10}$
$1 \cdot 10^{-11}$	19232 м/с	$4,67706 \cdot 10^{-11}$	659137 м/с	$7,80874 \cdot 10^{-11}$
	0,040570°	$4,48883 \cdot 10^{-11}$	179,999°	$1,35715 \cdot 10^{-11}$

Из четырёх пар решений $\{v_o, \omega\}$ системы уравнений (35) и (37) для каждого δa , в таблицу включены только две пары $\{v_{o1} \ \omega_1\}$ и $\{v_{o2} \ \omega_2\}$, которые соответствуют $\cos i > 0$. Удваивать ширину таблицы смысла нет, так как решения для $\cos i < 0$ получаются сменой знаков v_o с положительного на отрицательный и одновременным увеличением всех параметров ω на 180°. При этом оба корня Δe_1 остаются прежними, так как согласно (44), они не зависят ни от углов, ни от смены знака v_o .

Таблица приведена только для $\delta a > 0$. Но аналогично рассчитывается таблица и для $\delta a < 0$. Она отличается тем, что 1) все Δe_1 тоже приобретают *отрицательный* знак, не меняясь по модулю; 2) скорости $v_{o1} \dots v_{o4}$

остаются прежними, но соответствующие им аргументы перицентра симметрично *смещаются* относительно прежних значений ω , вычисленных для $\delta a > 0$, по формуле: $360^\circ - \omega$.

Система уравнений (35), (36), (37) ограничивает сверху быстроту относительного приращения большой полуоси до $1,9 \cdot 10^{-7}$, однако астрономические наблюдения в Солнечной системе устанавливают верхнюю границу быстроты приращения эксцентриситета, равной **$\max \Delta e_1 = 4,8 \cdot 10^{-8}$** за один оборот Меркурия вокруг Солнца, и как следствие этого (см. график Δe_1), *снижают* верхнюю границу быстроты относительного приращения большой полуоси за один оборот Меркурия вокруг Солнца более чем на порядок: **$\max \delta a = 1 \cdot 10^{-8}$** . На самом деле $\max \delta a$ ещё меньше.

Вывод 4. Уточняя вывод 3, можно уверенно утверждать, что величины проекций абсолютной скорости Солнечной системы на плоскость орбиты Меркурия в диапазоне от 23,2 км/с до 658,8 км/с тоже исключаются из возможных решений системы уравнений.

Анализируя таблицу, легко заметить, что по мере уменьшения параметра δa , быстрота перемещения двух точек пересечения кривых (35) и (37): одной – в направлении к экстремуму $v_{min} = 19,2$ км/с, а другой – в направлении к экстремуму $v_{max} = 659,1$ км/с, различается в десятки раз. При граничном значении $\delta a = 10^{-8}$ две скорости $v_{o1} = 23,2$ км/с и $v_{o2} = 658,8$ км/с оказываются весьма близкими к своим экстремальным значениям, тем не менее, соответствующий данным скоростям аргумент перицентра $\omega_1 = 36^\circ$ дальше от 0° в 30 раз, в сравнении с удалённостью аргумента перицентра $\omega_2 = 178,815^\circ$, от 180° .

Аргумент перицентра Меркурия, из-за гравитационного возмущения другими планетами, вращается примерно с постоянной скоростью $\sim 570''$ за 100 лет, совершая полный оборот за 200–300 тысяч лет. Поэтому в масштабе миллионов и миллиардов лет, для произвольного момента времени, вероятность присутствия ω в более широком диапазоне вокруг 0° оказывается в 30 раз больше, чем в очень узком диапазоне вокруг 180° . Примерно во столько же раз диапазон скоростей из множества v_{o1} , близких к нижнему экстремуму v_{min} , *вероятнее* диапазона скоростей из множества v_{o2} , близких к верхнему экстремуму v_{max} . Окончательное исключение диапазона скоростей от 658,8 км/с до 659,2 км/с прямо следует из вычислений в §21, в которых модуль вектора v_e удалось ограничить сверху, анализируя регулярные годовые вариации угловой скорости вращения Земли.

Вывод 5. Порядок модуля абсолютной скорости v_e Солнечной системы составляет лишь $\sim 10^{-4}$ от планковской скорости c , а проекция v_e на плоскость орбиты Меркурия заключена в диапазоне от 19,2 до 23,2 км/с, с наиболее вероятным значением около 20 км/с.

Как только будет измерен параметр Меркурия $\delta a = \Delta a_1/a$, вели-

чйны v_o и ω станут известны точнее, и на повестку дня встанет задача вычисления полной скорости Солнечной системы v_e .

Для того чтобы рассчитать v_e , необходимо знать несколько её проекций $v_1, v_2 \dots v_k \dots$ на непараллельные плоскости орбит космических тел, одним из которых может быть Меркурий. Координаты концов множества всех возможных векторов v_e , которые дают только одну проекцию v_k , образуют *цилиндрическую* поверхность с радиусом v_k (центр в фокусе орбиты), *ортогональную* плоскости орбиты k -го космического тела. Пересечение двух цилиндрических поверхностей с радиусами v_1 и v_2 даст две замкнутые пространственные кривые. Добавление третьего цилиндра с радиусом v_3 выделит на указанных кривых по две пары точек, определяющих два разных направления на *абсолютный апекс-антиапекс*. И только четвёртый цилиндр поможет отбросить постороннее решение.

Затем, по правилам, описанным в начале параграфа, можно построить апексную плоскость Меркурия и вычислить наклонение i . Модуль v_e рассчитывается по формуле (41). Аргумент перицентра ω можно уточнить из формулы (43).

После этого оказываются доступными для расчёта приращения остальных оскулирующих элементов орбиты Меркурия по формулам (33), (34), (36), (37), (38) и последующая проверка этих расчётов астрономическими измерениями. Но приближённый их анализ по указанным формулам возможен уже сейчас и он предсказывает **субстанциальную эволюцию планетных орбит** на протяжении до десятков и сотен миллионов лет.

Наличие множителей $\cos \omega$ и $\sin \omega$ во всех формулах обуславливает в задаче двух тел колебательный характер изменений *всех* элементов орбиты – благодаря *слагаемому* $\Delta\omega_1 = 2\pi v_p^2 / c^2$ в формуле (35). Оно не зависит от абсолютного движения Солнца, и равно для Меркурия $1,67 \cdot 10^{-7}$ рад/об, его период равен 9 млн. лет. Однако абсолютное движение Солнца ускоряет вращение перигелия в 3 раза, а притяжение Меркурия другими планетами ускоряет $\Delta\omega_1$ ещё в 13 раз, сокращая *период циклического изменения* ω до $\sim 0,2..0,3$ млн. лет.

Периоды изменений остальных элементов орбиты значительно больше, чем у аргумента перицентра: у эксцентриситета e – в 6 раз, у большой полуоси a и долготы восходящего узла Ω – в десятки раз.

В *сотни* раз медленнее чем ω , меняется наклонение орбиты i к апексной плоскости. Любопытным оказывается его поведение, обусловленное *пропорциональностью* скорости изменения угла i синусу угла i : $\Delta i_1 \approx (\pi/c^2) e v_p v_e \sin i \sin \omega$. Эта скорость максимальна при $i \approx \pm 90^\circ$ и равна нулю при $i = 0$ или $i = 180^\circ$. Поэтому в задаче двух тел наклонение i планетной орбиты не задерживается вблизи прямых углов, стремясь занять *устойчивое положение* $i = 180^\circ$ при $\sin \omega > 0$, либо $i = 0$ при $\sin \omega < 0$. Тем не менее, на практике устойчивое положение не успевает

реализоваться из-за более частой смены знака произведения ($\sin i \sin \omega$) вследствие более быстрого вращения планетной орбиты по углам ω и Ω . К тому же, непрерывное обращение Солнечной системы вокруг ЦМ Галактики, как и гравитационные возмущения (например, сближение Солнца с другими звёздами), неизбежно нарушают компланарность плоскости планетной орбиты вектору \mathbf{v}_e , если даже компланарность была. Перечисленные причины легко объясняют отсутствие особых закономерностей в ориентациях планетных орбит в других звёздно-планетных системах, которые были открыты в 21 веке.

Уравнения субстанциональной эволюции планетных орбит (33)...(38) изменяют поведение не только Меркурия, но и Юпитера. Влияние же Юпитера на движение остальных планет значительно сильнее, чем влияние маломассивных планет на движение Юпитера. Например, случайные отклонения малых планет от плоскости Лапласа парируются огромными массами Юпитера и Сатурна. Эффекты, предсказываемые субстанциональной динамикой, ждут своей проверки.

Закон тяготения Ньютона, применяемый в субстанциональной динамике, хотя и уточнён на переменность масс, тем не менее, он остался мгновенно действующим на любом расстоянии. Поэтому создание **субстанциональной теории тяготения** остаётся актуальным. Новая теория должна учитывать не только запаздывание изменения поля тяготения, происходящее с конечной скоростью относительно МС, но и ГК-переход, описанный в §6. По указанным причинам *численные* результаты, полученные в настоящем параграфе, не следует считать окончательными.

Необходимо также добавить, что в радиолокации планет, осуществлённой полвека назад, применялась теория относительности [83]. В трёх последующих параграфах выведены более точные формулы траекторных измерений угловых положений, дальностей и радиальных скоростей космических объектов для радио- и светолокации. Формулы для радиолокационных и оптических измерений в космическом вакууме строго следуют из *субстанциональной* волновой теории, основанной на классической кинематике, с учётом эффектов FLL, выведенных в §9. В §18 показано, что релятивистские формулы радиолокации, отвергающие абсолютное движение Земли, могут давать *относительные* ошибки в вычислении дальностей до $+2 \cdot 10^{-8}$, а при вычислении угловых положений планет – до $\pm 10^{-4}$ радиана. Поэтому, несмотря на то, что темы трёх следующих параграфов формально выходят за границы механики, их присутствие в данной книге оправдано: без обновлённой теории космических траекторных вычислений не имеет смысла планировать более точные наблюдения, измерения и эксперименты в небесной механике и космической динамике.

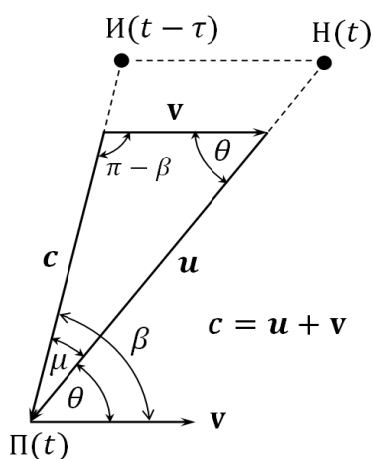
§17. Субстанциальная теория кинематической аберрации

Теория аберрации света зародилась почти 3 века назад. Однако с тех пор астрономия стала *всеволновой* – от радиоволн до гамма-излучения. По этой причине, а также в связи с несостоятельностью релятивистской концепции (см. главу 1), термины и формулы теории аберрации требуют уточнения.

Определение. **Кинематическая аберрация**¹ есть явление несовпадения *наблюдаемого* положения *излучателя* электромагнитных волн (ЭМВ) с его *истинным* положением в пространстве в момент наблюдения, которое обусловлено двумя причинами: 1) классической зависимостью относительной скорости ЭМВ от *абсолютной мгновенной скорости* приёмника этой ЭМВ; 2) *перемещением излучателя* ЭМВ за **абберационное время**, то есть за время распространения ЭМВ от излучателя до приёмника. Вывод формул начнём с аберрации, обусловленной зависимостью относительной скорости ЭМВ от *мгновенной скорости* приёмника ЭМВ относительно МС. Назовём данную аберрацию **мгновенной аберрацией**.²

Пусть приёмник ЭМВ в момент t её приёма находится в точке $\Pi(t)$, двигаясь относительно АКС с мгновенной абсолютной скоростью \mathbf{v} , а волна от излучателя в тот же момент t движется в окрестности приёмника относительно АКС в *абсолютном* направлении $\text{И}(t - \tau) \rightarrow \Pi(t)$ с планковской скоростью \mathbf{c} , где $\text{И}(t - \tau)$ – положение излучателя в момент излучения ЭМВ, дошедшей в точку $\Pi(t)$ через абберационное время τ (см. рис.). В *плоскости*, задаваемой векторами \mathbf{v} и \mathbf{c} , лежит **треугольник мгновенной аберрации**. В нём угол β – есть угол между вектором \mathbf{v} и мгновенным направлением $\Pi(t) \rightarrow \text{И}(t - \tau)$ в АКС.

МГНОВЕННАЯ АБЕРРАЦИЯ



В классической кинематике вектор \mathbf{c} абсолютной скорости ЭМВ в базовой АКС равен сумме её относительной скорости \mathbf{u} в рабочей СКС приёмника и переносной скорости \mathbf{v} самой СКС относительно АКС (П1):

$$\mathbf{c} = \mathbf{u} + \mathbf{v} \quad (1)$$

¹ Кинематическая аберрация призвана отличать её от аберраций оптических приборов.

² Прежние названия исследуемого далее явления – «аберрация света», «звёздная аберрация» – слишком узки, так как мгновенная аберрация вычисляется по одним и тем же формулам для всех без исключения наблюдаемых объектов космоса, а не только для звёзд (П2, п.4), и не только для света, но и для остальных диапазонов электромагнитных волн.

В изображённом выше векторном треугольнике мгновенной абберрации, построенном по формуле (1), все векторы компланарны и принадлежат *плоскости* мгновенной абберрации. Угол θ – есть угол между вектором \mathbf{v} и *наблюдаемым* (видимым) положением $\Pi(t) \rightarrow H(t)$ излучателя ЭМВ в СКС приёмника в то же мгновение.

Угол мгновенной абберрации $\mu = \beta - \theta$ между векторами \mathbf{c} и \mathbf{u} , а также модуль вектора \mathbf{u} относительной скорости ЭМВ в СКС приёмника, находим из теоремы синусов для треугольника скоростей (1):

$$\sin \mu = \frac{v}{c} \sin \theta \quad (2)$$

$$u = c \frac{\sin(\theta + \mu)}{\sin \theta} \quad (3)$$

Чтобы избавить формулу (3) от угла μ и от нуля в знаменателе при $\theta = 0$, раскроем синус суммы двух углов, заменив затем $\cos \mu$ через $\sin \mu$, а $\sin \mu$ – правой частью формулы (2). В результате получим:

$$u = c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} \sin^2 \theta} + v \cos \theta \quad (4)$$

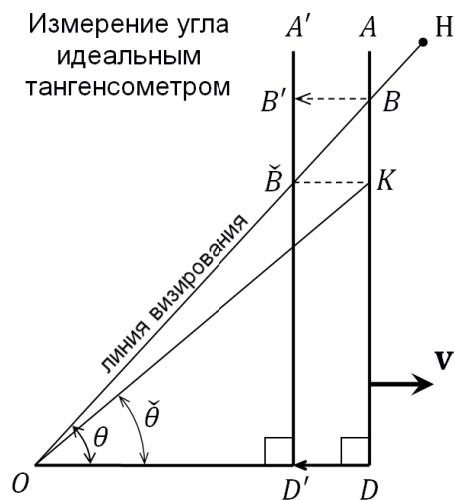
Исследуем влияние **субстанциальной контракции тел** на выведенные формулы. В субстанциальной динамике мировая среда не подвержена субстанциальной контракции. Зато ей подвержены *угломерные инструменты*, которые содержат материальные эталоны длины, то есть откалиброванные *шкалы* в виде линеек или дуг окружностей (лимбов). Поведение материальных тел при их абсолютном движении исследовано в многочисленных экспериментах (см. П2, п.5). В §9 приведена формула (50) Фитцджеральда-Лоренца, которая объясняет получение нулевых результатов этих экспериментов:

$$(5) \quad L_{\parallel} / L_{\perp} = 1 / \gamma \quad ; \quad \gamma = 1 / \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (6)$$

Здесь γ – Лоренц-фактор. Формула (5) подсказывает самый простой способ коррекции ошибки при измерении угла инструментом, деформированным эффектом Фитцджеральда-Лоренца.

Воображаемому угломеру можно дать название «идеальный тангенсометр», ибо при абсолютном движении он совершенно не откликается на эффект абберрации первого порядка, зато реагирует на весьма малый, дополнительный к нему, эффект второго порядка – субстанциальную контракцию. Тангенсометр содержит два плеча – жёстко скреплённые друг с другом взаимно перпендикулярные линейки DO и DA с одинаковым и равномерным масштабом (см. схему далее), отсчёт длин на которых начинается от вершины D прямого угла ODA . На плечах тангенсометра рас-

положены окуляр O и подвижный визир B . Они предназначены для визи-рования и фиксации направления на излучатель света, *наблюдаемое* поло-жение которого обозначено на схеме буквой H .



Мысленно измерим тангенсо-метром направление на излучатель света два раза: в абсолютном покое и в движении. Состоянию покоя соот-ветствует положение плеч ODA и ли-ния визиования OBH . Тангенс угла θ находим по тригонометрической формуле:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{DB}{OD} \quad (7)$$

Состоянию абсолютного дви-жения тангенсометра с мгновенной скоростью \mathbf{v} , направленной *парал-лельно* нижнему плечу OD (влево или вправо – безразлично) соответствует положение плеч $OD'A'$. Субстанциальная контракция сжимает плечо OD в γ раз до размера OD' , поэтому скреплённое с ним поперечное плечо DA (оно не подвержено контракции) оказывается смещённым в положение $D'A'$, а визир B автоматически переносится в положение B' . В итоге визир оказывается *выше* линии визиования OH . Следовательно, наблюдателю придётся *передвинуть визир* из положения B' в положение \check{B} , чтобы обес-печить направление линии визиования на излучатель. Значок «галочка» над буквой символизирует обозначение скорости латинской буквой « v » и будет означать, что эта величина измерена *движущимся* с абсолютной скоростью \mathbf{v} прибором, подвергнутым эффектам FLL. Поскольку плечо $D'A'$ не деформируется эффектом Фитцджеральда-Лоренца, новые показа-ния визира в точке \check{B} эквивалентны его показаниям в точке K на плече DA (см. тот же рисунок).

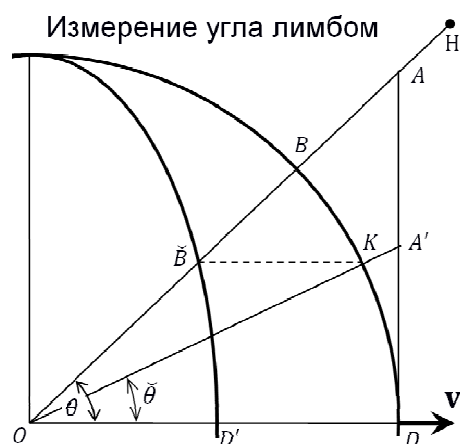
Важный момент: несмотря на то, что в движении длина плеча OD сократилась в γ раз до длины OD' , количество делений на этом плече не могло измениться (просто размер каждого деления уменьшился в γ раз). Следовательно, измеренная идеальным тангенсометром *в движении* вели-чина тангенса угла $\check{\theta}$ окажется равной:

$$\operatorname{tg} \check{\theta} = \frac{D'\check{B}}{OD} = \frac{DK}{OD} \quad (8)$$

Поскольку треугольники ODB и $OD'\check{B}$ подобны, то длина $D'\check{B} = DK$ и количество делений на ней окажутся в γ раз меньше длины и числа де-

лений на DB . Поэтому, без учёта аберрации, тангенс *измеренного угла* $\check{\theta}$ по формуле (8) получится в γ раз меньше, чем $\text{tg } \theta$ по формуле (7):

$$\text{tg } \check{\theta} = \frac{\text{tg } \theta}{\gamma} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\text{tg } \theta = \gamma \text{tg } \check{\theta}} \quad (9)$$



Можно показать, что полученный результат не зависит от конструкции угломерного инструмента. На рисунке слева продемонстрировано, как субстанциальное сжатие *окружности* измерительного лимба в $\gamma = 2$ раза, превращая лимб в *эллипс*, уменьшает измеренную величину $\text{tg } \check{\theta}$ в сравнении с абсолютной величиной $\text{tg } \theta$, тоже в 2 раза. Все буквенные обозначения перенесены с предыдущего рисунка и добавлена точка A' , необходимая для вычисления $\text{tg } \check{\theta}$. Бывшая в покое линия визирования OB сократится в движении до линии $O\check{B}$, но точка \check{B} на лимбе – это переместившаяся точка K с показаниями шкалы, меньшими, чем в точке B . При этом $A'D/AD = 1/\gamma$, то есть выполняются формулы (9).

Формулы (9) помогают выразить связь углов θ и $\check{\theta}$ через другие тригонометрические функции:

$\text{ctg } \theta = \frac{\text{ctg } \check{\theta}}{\gamma}$	$\sin \theta = \frac{\sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}}$	$\cos \theta = \frac{\cos \check{\theta}}{\gamma \sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}}$
--	--	---

(10)

Для сокращения дальнейших записей здесь введено обозначение: $x = v/c$ – *безразмерная скорость* приёмника ЭМВ относительно АКС.

Подставляя в формулы (2) и (4) вместо $\sin \theta$ и $\cos \theta$ их выражения по формулам (10), а также записывая $\text{tg } \mu = \sin \mu / \sqrt{1 - \sin^2 \mu}$, после обычных тригонометрических преобразований, получаем выражения угла мгновенной аберрации μ и модуля вектора u относительной скорости ЭМВ в СКС приёмника, выраженные через фактически измеренный угол $\check{\theta}$, который искажён Лоренцевой контракцией угломерного инструмента в сравнении с углом θ :

(11)

$\text{tg } \mu = \frac{x \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2}}$

$u = c \sqrt{\frac{1 + x \cos \check{\theta}}{1 - x \cos \check{\theta}}} (1 - x^2)$

(12)

Вывод 1. Из доказанных формул следует, что мгновенная абберрация зависит *только* от абсолютной мгновенной скорости \mathbf{v} приёмника ЭМВ и от направления движения принимаемой ЭМВ, но не зависит от расстояния до излучателя ЭМВ, как и от его перемещений за абберрационное время.

Вывод 2. Мгновенная абберрация порождает абсолютное смещение каждого светила¹ на небесной сфере на угол μ в плоскости абберрации в направлении уменьшения угла β между вектором \mathbf{v} и абсолютным направлением $\Pi(t) \rightarrow \Pi(t - \tau)$ на направление прихода ЭМВ в АКС. В итоге это приводит к уменьшению наблюдаемых угловых расстояний между светилами в передней полусфере вектора \mathbf{v} , особенно в области, окружающей **абсолютный апекс**² приёмника ЭМВ, и к соответственному увеличению видимых угловых расстояний между светилами в задней полусфере вектора \mathbf{v} , то есть в области, окружающей **абсолютный антиапекс**.³ Описанное явление можно использовать в бортовых навигаторах космических аппаратов будущего – для измерения их собственной абсолютной скорости.

В *плоскости* приёмника ЭМВ, перпендикулярной вектору \mathbf{v} , и в ближайшей окрестности этой плоскости $\sin \theta \approx 1$, следовательно, мгновенная абберрация максимальна, однако здесь она не влечёт заметных изменений угловых расстояний между соседними светилами, так как в области углов θ , близких к 90° , синус θ слабо зависит от угла θ .

В частном случае, когда $\mathbf{v} = 0$ (приёмник ЭМВ покоится относительно АКС), мгновенная абберрация отсутствует, поэтому наблюдатель, казалось бы, должен увидеть истинную картину направлений на окружающие его светила. На самом деле картина эта создаётся светилами, находящимися от наблюдателя на разных расстояниях, свет затрачивает разное абберрационное время τ , пока попадёт в глаз наблюдателя или на матрицу фотоаппарата. *Не одновременное* $t - \tau_1$ ($t - \tau_2$ и т.д.) испускание света разными светилами, фиксируемое наблюдателем *одновременно* в момент t , искажает реальную картину. Дело в том, что светила не покоятся в АКС, а перемещаются в картинной плоскости,⁴ поэтому за свои абберрационные времена τ_1 , τ_2 и т.д., светила могут смещаться на различные углы относительно наблюдаемой картины.

Вывод 3. Для воссоздания истинной картины одновременного размещения космических объектов в трёхмерном пространстве в текущий

¹ За исключением двух светил (если такие светила найдутся), координаты которых *точно* совпадают с направлениями на абсолютный апекс и антиапекс приёмника ЭМВ.

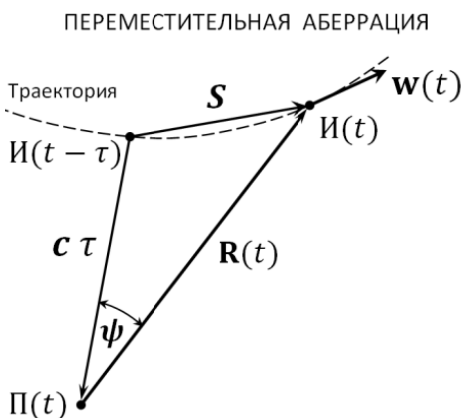
² Абсолютный апекс приёмника ЭМВ – точка на небесной сфере, куда направлен вектор абсолютной скорости приёмника ЭМВ. Антиапекс – точка, противоположная апексу.

³ Видимые угловые размеры светил подчиняются тем же закономерностям.

⁴ Картинная плоскость – плоскость, перпендикулярная лучу зрения.

момент времени t необходимо знать не только мгновенную аберрацию и расстояния до этих объектов, но также закон движения каждого излучающего объекта за *своей* абберационное время. Введём новое понятие и термин: **переместительная аберрация**.

На рисунке справа показана траектория излучателя (И) в АКС и вектор его перемещения \mathbf{S} по траектории за абберационное время τ (от момента излучения $(t - \tau)$ до текущего момента времени t). Приёмник ЭМВ в момент времени t находится в точке $\Pi(t)$. Вектор $\mathbf{R}(t)$ указывает **истинное положение излучателя** $\text{И}(t)$ относительно приёмника в текущий момент времени t . Абберационное время τ – время, необходимое электромагнитной волне



для перемещения на вектор $c\tau$ от точки $\text{И}(t - \tau)$ до точки $\Pi(t)$. Введём также радиус-вектор $\Pi \rightarrow \text{И} \mathbf{r} = -\mathbf{u}\tau$ наблюдаемого положения излучателя в СКС приёмника, искажённое *мгновенной* абберацией (см. рисунок в начале данного параграфа), который получается из формулы (1) её умножением на τ :

$$(13) \quad \mathbf{r}(t) = \mathbf{v}\tau - c\tau \quad ; \quad \tau = r/u \quad (14)$$

Подставляя в формулу (14) модуль вектора \mathbf{u} относительной скорости ЭМВ из формулы (12), получаем *практические формулы* для вычисления абберационного времени τ и длины вектора перемещения ЭМВ $c\tau$:

$$(15) \quad \tau = \gamma \frac{r}{c} \sqrt{\frac{1 - x \cos \tilde{\theta}}{1 + x \cos \tilde{\theta}}} \Rightarrow c\tau = \frac{r}{\sqrt{1 - x^2}} \sqrt{\frac{1 - x \cos \tilde{\theta}}{1 + x \cos \tilde{\theta}}} \quad (16)$$

в которых длина r радиус-вектора \mathbf{r} и угол $\tilde{\theta}$ могут быть измерены радиотехническими методами (§18) или по параллаксам излучателя.

Пусть закон движения излучателя по траектории в АКС задан в векторной форме, как зависимость его абсолютной скорости \mathbf{W} от времени: $\mathbf{W}(t)$. Тогда его *перемещение* \mathbf{S} (см. рисунок выше) за абберационное время τ вычисляется по формуле:

$$\mathbf{S} = \int_{t-\tau}^t \mathbf{W}(t) dt \quad (17)$$

Истинное положение $\mathbf{R}(t)$ излучателя относительно приёмника в момент

времени t находится из **треугольника переместительной абберации**, изображённого на том же рисунке:

$$(18) \quad R(t) = S - c\tau \quad \Rightarrow \quad \cos \psi = \frac{R^2 + c^2 \tau^2 - S^2}{2 R c \tau} \quad (19)$$

где угол ψ – **угол переместительной абберации**.

Вывод 4. Из выведенных формул следует, что переместительная абберация зависит *только* от вектора S перемещения излучателя за абберационное время τ (формулы (15) - (19)). Она не зависит от формы траектории излучателя и от скорости приёмника в момент приёма. Поэтому переместительная абберация индивидуальна для каждого излучателя, в то время как мгновенная абберация обеспечивает одновременный эффект для всех светил, зависящий только от индивидуального угла θ между вектором мгновенной скорости \mathbf{v} и направлением приёма $c\tau$. (См. вывод №2).

Чтобы найти совместный итог обеих аббераций – мгновенной и переместительной, следует вычислить векторную разность между истинным положением излучателя $R(t)$ и его наблюдаемым положением $r(t)$ в СКС приёмника. В результате получаем **вектор кинематической абберации**¹ ΔR – *смещение истинного положения излучателя относительно его наблюдаемого положения в текущий момент времени t* . Для этого вычтем уравнение (13) из уравнения (18):

$$(20) \quad \Delta R = R(t) - r(t) \quad \Rightarrow \quad \Delta R = S - v\tau \quad (21)$$

Произвольность направления S перемещения излучателя ведёт к тому, что треугольники $c\tau$, $v\tau$, r мгновенной и $c\tau$, S , R переместительной абберации обычно лежат в различных плоскостях, образуя между собой *двугранный угол φ* с общим ребром $c\tau$ (см. рисунок на следующей странице), и вычисляемый по геометрической формуле [76, с.101]:

$$\cos \varphi = \frac{(c \times v) \cdot (c \times S)}{|c \times v| |c \times S|} \quad (22)$$

Поскольку вектор $c\tau$ принадлежит обоим треугольникам, три вектора: $c\tau$, $v\tau$, S , исходящие из вершины в точке $I(t - \tau)$, образуют рёбра трёхгранного угла, а три других вектора: $r(t)$, $R(t)$, ΔR образуют треугольное основание **абберационной пирамиды** с вершинами в точках $\Pi(t)$, $H(t)$, $I(t)$. **Угол кинематической абберации κ** между векторами

¹ Прежний термин – «планетная абберация» слишком узок, ведь сегодня известны законы движения не только планет, но также астероидов, комет, космических аппаратов, а также многих тысяч звёзд нашей Галактики. Новый термин адекватен всему перечню излучающих объектов.

$\mathbf{R}(t)$ и $\mathbf{r}(t)$, вычисляемый по теореме косинусов для трёхгранного угла:

$$\cos \kappa = \cos \mu \cos \psi + \sin \mu \sin \psi \cos \varphi \quad (23)$$

показывает величину углового смещения Истинного направления на излучатель $\mathbf{I}(t)$ относительно Наблюдаемого направления $\mathbf{H}(t)$ из точки $\mathbf{П}(t)$.

В частном случае, когда абсолютная скорость \mathbf{W} излучателя постоянна в течение всего абберационного времени τ (15), интеграл (17) оказывается равным $\mathbf{W}\tau$. Тогда вместо формулы (21), заменяя в ней \mathbf{S} на $\mathbf{W}\tau$, получаем более простую формулу:

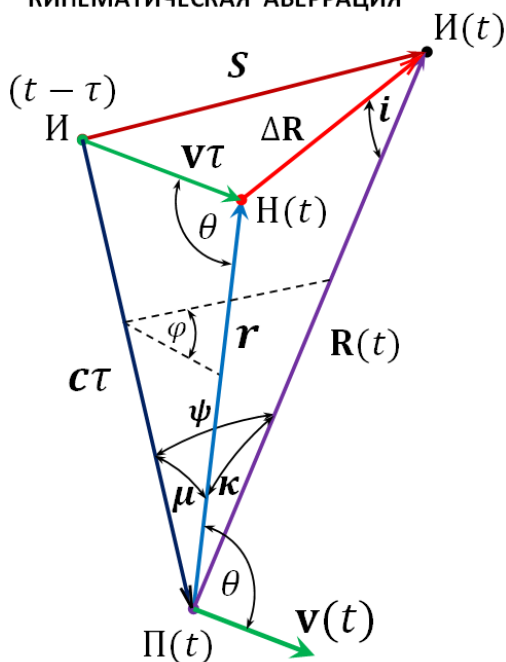
$$\mathbf{W} = \text{const} \quad \Rightarrow \quad \Delta \mathbf{R} = (\mathbf{W} - \mathbf{v}) \tau \quad (24)$$

В этом случае углы φ и κ вычисляются по очевидным формулам:

$$\cos \varphi = \frac{(\mathbf{c} \times \mathbf{v}) \cdot (\mathbf{c} \times \mathbf{W})}{|\mathbf{c} \times \mathbf{v}| |\mathbf{c} \times \mathbf{W}|} ; \quad \sin \kappa = \frac{|\mathbf{W} - \mathbf{v}|}{c \sqrt{1 - x^2}} \sqrt{\frac{1 - x \cos \theta}{1 + x \cos \theta}} \sin i \quad (25)$$

полученным из формул (22), (24), (16) и теоремы синусов.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ



Теорема о нулевой абберации.

Если векторы абсолютных скоростей источника и приёмника излучения *одинаковы* и остаются в течение абберационного времени постоянными, то наблюдаемое положение источника излучения совпадёт в тот же момент абсолютного времени с его истинным положением в пространстве.

Доказательство. Очевидно, что необходимым и достаточным условием совпадения наблюдаемого и истинного положений источника излучения в момент t является равенство нулю вектора $\Delta \mathbf{R}$ кинематической абберации (см. формулу (21) и рисунок абберационной пирамиды справа).

$$\Delta \mathbf{R} = 0 \quad (26)$$

Условиям настоящей теоремы $\mathbf{W} = \text{const}$ и $\mathbf{v} = \text{const}$ соответствует перемещение источника $\mathbf{S} = \mathbf{W}\tau$ и формула (24): $\Delta\mathbf{R} = (\mathbf{W} - \mathbf{v})\tau$.

Отсюда, при условии $\mathbf{W} = \mathbf{v}$, получаем $\Delta\mathbf{R} = 0$, то есть мгновенная абберация компенсируется переместительной абберацией.

Теорема доказана. Нулевая кинематическая абберация эквивалентна полному отсутствию абберации данного вида.

Пример. Когда в земной физической лаборатории источник и приёмник света *неподвижны*, то при любой их взаимной ориентации, абсолютные скорости источника и приёмника, составляющие десятки км/с (§21, п.3), оказываются *практически* одинаковыми. Поэтому *медленные повороты оптической скамьи* с установленными на ней источником и приёмником света, не помогут обнаружить изменение абберации, ибо при каждом измерении угловых положений наблюдаемое и истинное положения источника света будут с большой точностью совпадать в пространстве – в полном соответствии с доказанной теоремой. Впервые эта истина была понята ещё в 19 веке создателем волновой оптики Френелем. Используя свой коэффициент увлечения света движением вещества (см. П2, п.3), Френель сумел предсказать отрицательные результаты таких опытов даже в стекле и воде [58, с.149]. Тем не менее, попытки измерения абсолютной скорости лаборатории при помощи опытов по абберации с земными источниками света не прекращаются и в наше время.

Теорема о векторе кинематической абберации. Если рабочая КС движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно базовой АКС, а источник и приёмник излучения *в течение абберационного времени* движутся относительно рабочей КС с заданными *постоянными* скоростями, то *вектор* кинематической абберации не зависит от скорости движения рабочей КС относительно АКС.

Доказательство. Обозначим относительные скорости источника и приёмника излучения в рабочей *КС курсивом: \mathbf{w} и \mathbf{v} . По условию теоремы переносная скорость \mathbf{v}_e данной *КС одинакова для всех точек *КС, не меняясь в течение абберационного времени. Согласно теореме сложения скоростей (П1), абсолютные скорости источника и приёмника излучения равны векторной сумме их относительных скоростей и переносной скорости: $\mathbf{W} = \mathbf{w} + \mathbf{v}_e$; $\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_e$. Подставляя эти суммы вместо \mathbf{W} и \mathbf{v} в формулу (24), обнаруживаем, что переносная скорость \mathbf{v}_e сокращается в итоге вычитания:

$$(\mathbf{w} = \text{const}) \ \& \ (\mathbf{v} = \text{const}) \ \& \ (\mathbf{v}_e = \text{const}) \quad \Rightarrow \quad \Delta\mathbf{R} = (\mathbf{w} - \mathbf{v})\tau \quad (27)$$

Таким образом, в условиях данной теоремы, вектор кинематической абберации определяется только скоростью источника излучения *относи-*

тельно приёмника и не зависит от абсолютной скорости¹ прямолинейного и равномерного движения данной *КС. Теорема доказана.

Несмотря на то, что доказанный здесь эффект – чисто субстанциальный, его могут объявить подтверждением принципа относительности. Однако утверждение теоремы о векторе не распространяется на углы мгновенной и переместительной абберации – все они зависят от абсолютных скоростей (см. формулы углов выше). Даже в простом частном случае, когда угол κ кинематической абберации вычисляется по формуле (25) через разность $(\mathbf{W} - \mathbf{v})$, упрощаемую по теореме о векторе кинематической абберации до $(\mathbf{w} - \mathbf{v})$, он и тут содержит поправку на абсолютную скорость приёмника:

$$\sin \kappa = \frac{|\mathbf{w} - \mathbf{v}|}{c \sqrt{1 - x^2}} \sqrt{\frac{1 - x \cos \check{\theta}}{1 + x \cos \check{\theta}}} \sin i \quad (28)$$

«спрятанную» в обозначении $x = v/c$. Зависимость $\sin \kappa$ от v/c более наглядно демонстрируется разложением формулы (28) в ряд Тейлора:

$$\sin \kappa = \frac{|\mathbf{w} - \mathbf{v}|}{c} \sin i \left[1 - \frac{v}{c} \cos \check{\theta} + \frac{v^2}{2c^2} (1 + \cos^2 \check{\theta}) - \dots \right] \quad (29)$$

Поправка на малую величину $-(v/c) \cos \check{\theta}$ в данной формуле невелика, и ею можно пренебрегать² в приближённых расчётах:

$$\sin \kappa \cong \frac{|\mathbf{w} - \mathbf{v}|}{c} \sin i \quad (30)$$

где i – угол между векторами $\mathbf{R}(t)$ и $\Delta \mathbf{R}$ (см. рисунок абберационной пирамиды).

В Приложении №2 (п.4) читатель найдёт множество практических примеров на простое вычисление кинематической абберации в Солнечной системе по формуле (30).

¹ Зависимость вектора $\Delta \mathbf{R}$ кинематической абберации от времени, если скорость излучателя относительно приёмника изменяется, не исключается.

² Но помня о более точных формулах, содержащих абсолютную скорость, и тем самым опровергающих принцип относительности. Согласно §21 (п.3), в земных условиях v/c не превышает $3 \cdot 10^{-4}$, – такова максимальная относительная погрешность формулы (30), в сравнении с формулой (28).

§18. Субстанциальная космическая дальнометрия

В данном параграфе формулы для радиолокационных и лазерных измерений дальности до цели в вакууме¹ выводятся из субстанциальной теории Максвелла-Лоренца, основанной на классической кинематике.

Прежде чем вывести более точные формулы, учитывающие факт существования мировой среды (МС), нельзя не упомянуть об альтернативной гипотезе Ритца [85], [58, с.185-186], которая до сих пор популярна среди некоторых специалистов. Суть гипотезы Ритца, заключалась в том, что движущийся в вакууме излучатель электромагнитных волн-частиц сообщает им *относительно излучателя* векторную скорость, равную c , подобно авиационной пушке, стреляющей снарядами (отсюда название «баллистическая теория», БТР). Волны-частицы Ритца подчиняются классическому закону сложения скоростей при переходе к координатным системам, движущимся в вакууме относительно излучателя. Однако, попадая в вещественную среду, названные волны «теряют память» о прежней скорости, немедленно приобретая новую скорость – теперь уже относительно среды, которая выполняет функцию вторичного излучателя. Гипотеза Ритца противоречит существованию мировой среды, так как полностью отрицает влияние МС на скорость электромагнитных волн, что равнозначно полному пустоте, но это противоречит выводам §1.

Похоже, окончательная точка в споре о баллистической гипотезе была поставлена экспериментом в Курчатовском центре синхротронного излучения и нанотехнологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Там в 2011 году была измерена скорость световых импульсов синхротронного излучения пучка электронов, который двигался в вакуумированном объёме накопительного кольца ускорителя. Несмотря на то, что скорость излучающих электронов была очень близка к $3 \cdot 10^8$ м/с, измеренная в эксперименте скорость световых импульсов, излучаемых электронным пучком в вакууме в направлении его движения, оказалась не удвоенной, как предсказывает баллистическая гипотеза, но близкой к тем же $3 \cdot 10^8$ м/с, с погрешностью 0,5% [86]. Поэтому авторы статьи [86] сделали вполне обоснованный вывод об **опровержении БТР**. Но альтернатива данной гипотезе у сторонников ТО одна – теория относительности(?), а субстанциальную теорию Максвелла-Лоренца, которая *более* убедительно объясняет подтверждённую в данном эксперименте **независимость скорости света от скорости излучателя**², авторы статьи замалчи-

¹ В отличие от теории относительности, в субстанциальной теории термин «вакуум» употребляется только в техническом смысле – как конкретная область мировой среды, в определённой мере свободная от гравитирующего вещества (см. §6).

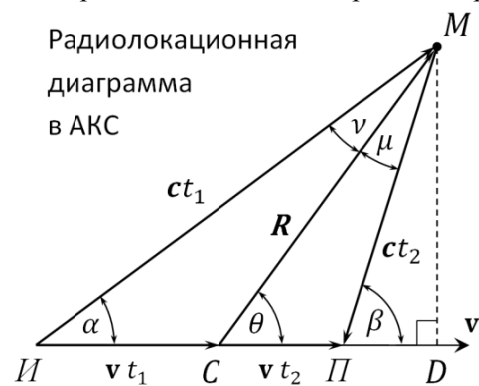
² В теории Максвелла-Лоренца скорость света, как и скорость электромагнитных волн в «вакууме», задаётся мировой средой (а не излучателем, как в БТР), поэтому она всегда

вают, заявляя о «*подтверждении 2-го постулата специальной теории относительности*».

На самом деле, опровержение БТР означает постоянство скорости электромагнитных волн относительно МС и *независимость* каждого результата радиолокационного измерения дальности *от мгновенной скорости* радиолокационной мишени в момент отражения от неё сигнала лока-тора. Излагаемая далее теория предполагает *наличие* отражения зонди-рующей волны в направлении *совмещённой* приёмной антенны локатора.

Вывод формул в абсолютной координатной системе.

Выводу формул радиолокации по субстанциальной теории Максвел-ла-Лоренца помогает векторная диаграмма перемещения локатора относи-тельно АКС, дополненная векто-рами перемещений зондирующей и отражённой волн.



На указанной диаграмме M – мишень, то есть радарная цель, от которой отражаются или немедленно переизлучаются¹ волны лока-тора. В линейном приближении² траекторию локатора в течение ин-тервала времени t_3 , пока волна движется до цели и обратно, мож-но аппроксимировать отрезком прямой $ИП$, по которому локатор движется с постоянной абсолютной ско-ростью v относительно АКС. В точке траектории $И$ зондирующий сигнал **излучается** антенной передатчика, а отражённый от мишени M эхо-сигнал **принимается** приёмником в точке $П$ на ту же самую (совмещённую) ан-тенну через **время запаздывания** t_3 :

$$t_3 = t_1 + t_2 \quad (1)$$

где t_1 – продолжительность движения зондирующей волны к мишени, t_2 – продолжительность возвращения отражённой волны к локатору. Очеvid-но, что $t_1 = t_2$ только в том случае, когда $\alpha + \beta = 180^\circ$. Тогда треуголь-ник $ИМП$ оказывается равнобедренным, и точка C , как координата лока-тора в момент отражения волны от мишени, делит отрезок $ИП$ пополам.

¹ равна планковской скорости относительно МС и не зависит от скорости излучателя волн.

В случае применения активного ретранслятора вместо пассивно отражающей мишени время задержки ответа ретранслятора должно учитываться специальным алгоритмом.

² То есть когда *изменением* вектора v абсолютной скорости локатора за время t_3 можно пренебречь.

Точки $I, П, С$ – вершины углов α, β, θ между вектором \mathbf{v} и тремя направлениями на мишень M . *Абсолютная одновременность* событий в точках M и C превращает вектор \overrightarrow{CM} в вектор дальности цели $R(t)$, где время t фиксирует текущий **момент отражения эхо-сигнала от цели**, отсчитываемый, например, от начала сеанса сопровождения цели:

$$t = t_{\Pi} - t_2 \quad (2)$$

Здесь время t_{Π} фиксирует момент *приёма* очередного эхо-сигнала антенной приёмника и отсчитывается тоже от начала сеанса сопровождения цели. Интервал t_2 – это *вычитаемое время*, то есть длительность движения отражённого от цели эхо-сигнала до антенны приёмника.

Найдём аналитические выражения дальности до цели $R(t)$, вычитаемого времени t_2 и угла θ через величины, измеряемые в процессе сеанса сопровождения цели в АКС: t_3 и β , а также через планковскую скорость c и отношение к ней абсолютной скорости *локатора*: $x = v/c$, *вычисляемое* по известным координатам локатора во время указанного сеанса, с учётом орбитального и суточного движения Земли, и данных §21. Аналогично §17, назовём x *безразмерной* скоростью локатора.

Из прямоугольных треугольников *ИМД* и *ПМД* получаем равенство:

$$c t_1 \sin \alpha = c t_2 \sin \beta \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (1) и (3) даёт для формулы (1) выражение интервала времени t_2 через время запаздывания t_3 и углы α и β :

$$t_2 = \frac{t_3}{1 + \sin \beta / \sin \alpha} \quad (4)$$

Угол α можно выразить через другие углы: β или θ . С этой целью из треугольника *ИМД* получаем уравнение для нижнего катета:

$$c t_1 \cos \alpha = v t_1 + v t_2 + c t_2 \cos \beta$$

Делим полученное уравнение на ct_1 и приводим его к виду:

$$\cos \alpha = \frac{t_2}{t_1} (x + \cos \beta) + x \quad (5)$$

Затем, выражая из равенства (3) отношение $t_2/t_1 = \sin \alpha / \sin \beta$, подставляем его вместо t_2/t_1 в уравнение (5), где одновременно $\cos \alpha$ выражаем через $\sin \alpha$:

$$\pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} (x + \cos \beta) + x \quad (6)$$

Квадратное уравнение (6) имеет только одно имеющее смысл решение:

$$(7) \quad \sin \alpha = \frac{(1 - x^2) \sin \beta}{1 + 2x \cos \beta + x^2} \quad ; \quad \cos \alpha = \frac{2x + (1 + x^2) \cos \beta}{1 + 2x \cos \beta + x^2} \quad (7')$$

Подставляя полученное выражение $\sin \alpha$ из формулы (7) в формулу (4), получаем вычитаемое время t_2 без угла α :

$$t_2 = \frac{t_3}{2} \frac{1 - x^2}{1 + x \cos \beta} \quad (8)$$

По теореме косинусов из треугольника $СМП$ находим дальность цели:

$$R = c t_2 \sqrt{1 + 2 x \cos \beta + x^2} \quad (9)$$

Подставляя выражение t_2 из формулы (8) в формулу (9), получаем дальность цели R , выраженную через измеренный в АКС угол β :

$$R = c \frac{t_3}{2} \frac{1 - x^2}{1 + x \cos \beta} \sqrt{1 + 2 x \cos \beta + x^2} \quad (10)$$

Чтобы найти угол θ , из прямоугольных треугольников $СМД$ и $ПМД$ получаем равенство:

$$R \sin \theta = c t_2 \sin \beta \quad (11)$$

Совместное решение уравнений (9) и (11) даёт синус угла θ :

$$\sin \theta = \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 + 2 x \cos \beta + x^2}} \quad (12)$$

Тригонометрическими преобразованиями формулы (12) угол θ легко выражается и через другие полезные функции, например через косинус:

$$\cos \theta = \frac{x + \cos \beta}{\sqrt{1 + 2 x \cos \beta + x^2}} \quad (13)$$

но наиболее просто через тангенс и котангенс:

$\operatorname{tg} \theta = \frac{\sin \beta}{x + \cos \beta}$	$\operatorname{ctg} \theta = \operatorname{ctg} \beta + \frac{x}{\sin \beta}$
--	---

(14)

Формула (14) для $\operatorname{ctg} \theta$ даёт поправку *только* первого порядка относительно параметра x к вычислению истинного направления θ на мишень из точки $С$. Это обстоятельство наводит на мысль, что слагаемое $x/\sin \beta$ в данной формуле относится к мгновенной абберации, а углы θ и β связаны между собой этим явлением. Поэтому целесообразно вывести формулы для дальности R и для вычитаемого времени t_2 , не только как функции угла β , но и как функции угла θ , выразив β через угол θ . Для этого запишем проекцию $СМ$ на катет $СД$:

$$R \cos \theta = v t_2 + c t_2 \cos \beta \quad \Rightarrow \quad R \cos \theta = c t_2 (x + \cos \beta)$$

подставив в последнюю формулу вместо t_2 его выражение из (8):

$$R \cos \theta = c \frac{t_3}{2} \frac{(x + \cos \beta)(1 - x^2)}{1 + x \cos \beta} \quad (15)$$

выразим отсюда $\cos \beta$:

$$\cos \beta = \frac{2R \cos \theta - c t_3 x (1 - x^2)}{c t_3 (1 - x^2) - 2R x \cos \theta} \quad (16)$$

Решая систему уравнений (16) и (10) получаем выражение угла β через угол θ :

$$\cos \beta = \cos \theta \sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta} - x \sin^2 \theta \quad (17)$$

а также новую, более простую формулу для вычисления дальности цели через угол θ :

$$R = c \frac{t_3}{2} \frac{1 - x^2}{\sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta}} \quad (18)$$

Подставляя правую часть формулы (17) в формулу (8) вместо $\cos \beta$, получаем формулу вычитаемого времени t_2 для формулы (2):

$$t_2 = \frac{t_3}{2} \left(1 - \frac{x \cos \theta}{\sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta}} \right) \quad (19)$$

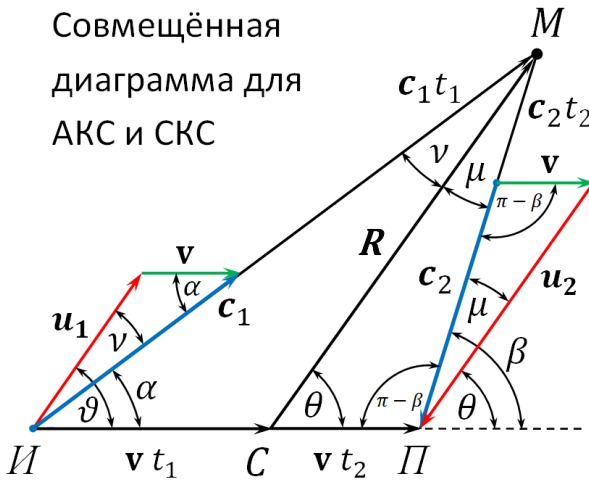
Все выведенные выше формулы получены для АКС. Использование АКС подразумевает измерения с использованием эталонов длины и времени, покоящихся относительно МС.¹ Поскольку мы не располагаем **не**-подвижными эталонами, это вынуждает нас решить данную задачу в *КС, движущейся относительно МС, то есть в собственной КС (СКС) локатора.

Сопоставление абсолютных и относительных измерений.

Локатор **неподвижен** в рабочей *СКС локатора, но в базовой АКС он одновременно движется с постоянной скоростью \mathbf{v} – переносной скоростью *СКС. Запишем закон сложения скоростей (1), (П1) для двух моментов времени: излучения зондирующей волны и приёма эхо-сигнала:

¹ В задаче, исследуемой в АКС, неподвижные относительно АКС радиолокаторы и все средства измерений находятся в точках *И* и *П*, а движется от точки *И* к точке *П* только наблюдатель, снимая показания *покоящихся* автоматических регистраторов.

Совмещённая
диаграмма для
АКС и СКС



$$c_1 = u_1 + v \quad (20)$$

$$c_2 = u_2 + v \quad (21)$$

где c_1 и c_2 – векторы абсолютных скоростей зондирующей и отражённой волн (их модули одинаковы и равны планковской скорости $c_1 = c_2 = c$), u_1 и u_2 – векторы относительных скоростей тех же волн, соответственно. Чтобы показать связь *СКС с АКС, изобразим векторные

треугольники по формулам (20) и (21) непосредственно на диаграмме в АКС, назвав её совмещённой диаграммой (см. рис.). Благодаря вектору v ($v = \text{const}$), все векторы на совмещённой диаграмме компланарны.

Треугольник по формуле (21) подобен треугольнику $ПМС$ по двум пропорциональным сторонам: ($v \propto vt_2$) & ($c_2 \propto c_2t_2$) и одинаковому углу $(\pi - \beta)$ между ними. Поэтому угол между векторами c_2 и u_2 тоже равен μ . Кроме того, треугольник по формуле (21) идентичен треугольнику мгновенной аберрации по формуле (1), §17. Следовательно, ось приёмной антенны, движущейся с абсолютной скоростью v , должна быть отклонена в момент приёма на угол мгновенной¹ аберрации μ относительно вектора c_2 , то есть, ориентирована вдоль вектора u_2 , – точно так же, как ориентируют ось оптического телескопа на наблюдаемую (видимую) звезду.

Из подобия названных треугольников и формул (18) и (19) немедленно получаем u_2 – относительную скорость принимаемой электромагнитной волны (в *СКС):

$$u_2 = R/t_2 = c \left(\sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta} + x \cos \theta \right) \quad (22)$$

Формула (22) совпадает с формулой (4) из §17, где она была выведена более простым способом.

Аналогично, треугольник по формуле (20) подобен треугольнику $ИМС$ по двум пропорциональным сторонам: ($v \propto vt_1$) & ($c_1 \propto c_1t_1$) и одинаковому углу α между ними. Поэтому угол между векторами c_1 и u_1 , а также между векторами c_1t_1 и R , тоже одинаков, обозначим его v . Следовательно, ось излучающей антенны, движущейся с абсолютной скоростью v , должна быть отклонена в момент излучения на угол аберрации v

¹ Астрономы называют её звёздной аберрацией (§17).

относительно вектора \mathbf{c}_1 , то есть, ориентирована вдоль вектора \mathbf{u}_1 .¹

Из подобия названных треугольников и формул (1), (18), (19), находим u_1 – относительную скорость зондирующей волны в *СКС:

$$u_1 = R/t_1 = R/(t_3 - t_2) = c \left(\sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta} - x \cos \theta \right) \quad (23)$$

Компланарность всех векторов и одинаковость двух накрестлежащих углов μ доказывают *коллинеарность* векторов: $\mathbf{R} \parallel \mathbf{u}_2$, а также равенство двух соответственных углов θ между вектором \mathbf{v} и названными векторами. Аналогично, одинаковость двух накрестлежащих углов ν доказывает *коллинеарность* векторов: $\mathbf{R} \parallel \mathbf{u}_1$, а также равенство двух соответственных углов: $\vartheta = \theta$ между вектором \mathbf{v} и названными векторами. Отсюда следует важный **вывод** о *коллинеарности* векторов: $\mathbf{u}_1 \parallel \mathbf{u}_2$.

Чтобы сравнить углы ν и μ , применим теорему синусов к треугольнику (20) на совмещённой диаграмме, учитывая, что $\vartheta = \theta$:

$$\sin \nu = \frac{v}{c} \sin \theta \quad (24)$$

Поскольку правая часть формулы (24) совпадает с правой частью формулы (2), §17 для угла μ мгновенной абберации, то равны и левые части этих формул: $\sin \nu = \sin \mu$. Следовательно, при $v \ll c$, когда углы μ и ν острые, они **равны** друг другу: $\nu = \mu$.

Угол ν определяет *новое субстанциальное явление* – **излучательную абберацию**: чтобы точно попасть коротким импульсом остронаправленного, например, лазерного луча в малоразмерную цель, ось диаграммы направленности излучателя, *движущегося* с абсолютной скоростью \mathbf{v} , должна быть физически отклонена на угол ν от направления \mathbf{c}_1 *покоящегося* излучателя, определяемого углом α , в сторону увеличения угла α . Назовём угол ν **углом излучательной абберации**.

Доказанная выше коллинеарность векторов $\mathbf{u}_1 \parallel \mathbf{u}_2$ позволяет сформулировать соответствующую теорему.

Теорема о радарной абберации. Если короткий импульс остронаправленной антенны локатора успешно отразился от мишени в направлении локатора, то *успешный приём* отражённого сигнала на *совмещённую* антенну **не потребует поворота антенны** относительно направления успешного зондирования, благодаря взаимной *компенсации* излучательной и мгновенной аббераций, происходящей при *условии* поступательного, равномерного и прямолинейного движения данной антенны относительно АКС,² в течение всего времени запаздывания $t_3 = t_1 + t_2$.

¹ Требование отклонения движущейся антенны в моменты не только приёма, но и передачи, – логическое развитие *принципа взаимности* для передающих и приёмных антенн.

² В реальности антенна обращается вокруг земной оси, БЦ системы Земля-Луна и ЦМ Солнца. Поэтому необходима коррекция *направления* антенны, изменённого за время t_3 .

Если известно абсолютное уравнение движения радарной цели, то для попадания лучом в цель выбираем желаемую точку на её траектории M , вычисляем момент времени t прибытия цели в эту точку, а затем по уравнению движения лоатора вычисляем будущие координаты лоатора в тот же момент t , получая фактически координаты точки C . Вычисляем вектор $R(t)$ между точками C и M . «Выстрел» коротким импульсом должен производиться из точки I , то есть на время t_1 раньше вычисленного момента t попадания в цель, под углом θ к вектору v абсолютной скорости лоатора. Упреждающее время t_1 и угол θ вычисляем по формулам:

$$(25) \quad \theta = \arccos \frac{v \cdot R}{v R} \quad ; \quad t_1 = \frac{R}{u_1} \quad (26)$$

Вопрос о точном попадании лазерным импульсом в космическую цель в случае применения **телескопического прицела** достоин отдельного рассмотрения. Согласно теореме о радарной абберации *любое* место попадания лазерного импульса в протяжённую мишень окажется точно в перекрестии телескопического прицела в момент прихода отражённого от мишени сигнала, если выполнены условия теоремы. Если же выстрел удачный – попал в *центр* мишени, тогда оптический сигнал о попадании поступит в телескопический *прицел* через абберационное время t_2 , определяемое формулой (19). Но сам выстрел производится *раньше* прихода сигнала на время t_3 , которое можно вывести из формулы (18). Поэтому, если выстрел произвести в момент попадания *центра* мишени в перекрестие телескопического прицела, то сигнал о попадании в мишень (очевидно мимо её центра) придёт *позже* на время t_3 . По условию, движение равномерно, поэтому промах лоатора будет равен *перемещению перекрестия прицела* вдоль мишени за указанное время t_3 . С учётом данного результата и теоремы о радарной абберации, сформулируем следующую теорему.

Теорема о точке прицеливания. Если лазерный лоатор и его мишень движутся с известными постоянными скоростями поступательно и прямолинейно относительно АКС, а оси лоатора и его телескопического прицела всё время совпадают, то для точного попадания в центр мишени коротким импульсом узконаправленного излучения, точку прицеливания нужно сместить в картинной плоскости *СКС прицела относительно центра мишени в направлении относительного движения мишени на величину *углового перемещения центра мишени за время запаздывания сигнала* $t_3 = t_1 + t_2$.

Указанный угол обозначим η и назовём его кратко *углом упреждения для телескопического прицела*. Согласно теореме: $\eta \cong s/R$, где $R \cong ct_3/2$ – дальность до цели по формуле (18),¹ s – *линейное смещение*

¹ В формуле (18) пренебрегаем *абсолютной* скоростью лазера, ведь она заведомо меньше 100 км/с (§21), поэтому учёт этой скорости дал бы поправку лишь в 8-й значащей цифре.

центра мишени в картинной плоскости прицела за время t_3 . Смещение s можно вычислить через модуль проекции w_k вектора \mathbf{w} скорости мишени на картинную плоскость *СКС прицела: $s = w_k t_3$. В итоге получаем приближённую формулу для вычисления угла упреждения η в радианах, обладающую достаточной точностью в практических вычислениях:

$$(27) \quad s = w_k t_3 \quad \eta = \frac{s}{R} = \frac{2w_k}{c} \quad (28)$$

Задача. Космический лазер, летящий на восток над северным полушарием на широте $\varphi = 45^\circ$ по круговой орбите высотой $H = 320$ км, стреляет вертикально вниз коротким импульсом по неподвижной на Земле мишени. Считая, что оптическая ось лазера совпадает с оптической осью его телескопического прицела и постоянно ориентирована на центр Земли, найти *упреждающее время*, необходимое для *точного попадания в центр мишени* и соответствующую этому времени *точку прицеливания*.

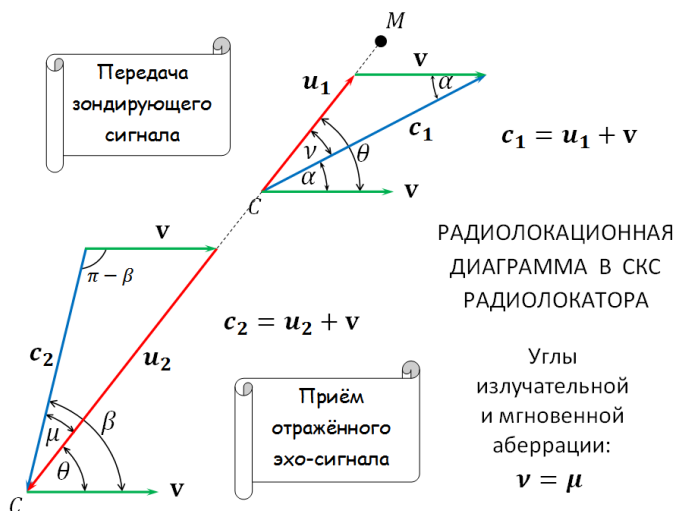
Решение. Поскольку лазер вращается относительно АКС с угловой скоростью $\omega = 2\pi/T$, где $T = 2\pi\sqrt{r^3/(GM)}$ – период обращения вокруг Земли, чтобы выполнить условие теоремы, в качестве рабочей КС выберем *БКС лазера. Из формулы (18) получаем приближённое время запаздывания $t_3 \cong 2H/c = 2,13$ мс между выстрелом и приходом отражённого от мишени сигнала, которое равно *упреждающему времени для телескопического прицела*. За это время лазер перемещается относительно АКС лишь на $\sim 10^{-5}$ долю радиуса $r = \bar{R} + H = 6691$ км околоземной орбиты ИСЗ, так как абсолютная скорость ЦМ Земли не превышает десятков км/с (§21, п.3). Поэтому условие двух теорем (о радарной аберрации и точке прицеливания) о поступательном, равномерном и прямолинейном движении *БКС лазера можно считать выполненным с достаточной точностью.

Когда картинная плоскость прицела совпадёт с горизонтальной поверхностью Земли в том месте, где расположена мишень, модуль проекции w_k относительной скорости мишени на указанную плоскость будет равен $w_k = |v_\varphi - (v_\perp - \omega H)|$, где в *БКС Земли: $v_\varphi = v_3 \cos \varphi$ – линейная скорость вращения геопараллели на широте φ ; $v_3 = 465,1$ м/с – линейная скорость вращения экватора на восток; ωH – линейная скорость точки прицеливания в *БКС лазера; $v_\perp = \sqrt{GM/(\bar{R} + H)}$ – орбитальная скорость лазера; $GM = 3,986 \cdot 10^{14}$ м³/с² – гравитационный параметр Земли. После подстановок в формулу для w_k получаем из неё расчётную формулу:

$$w_k = \frac{1}{1 + H/\bar{R}} \sqrt{\frac{GM}{\bar{R} + H}} - v_3 \cos \varphi \quad (29)$$

Подстановки w_k (29) в формулы (27) и (28) и последующие вычисления дают: $s = 15$ м, точка прицеливания должна быть на 15 м западнее цели, (земля под ИСЗ движется на запад); угол упреждения $\eta = s/H = 9,7''$.

Ниже изображена радиолокационная диаграмма для рабочей *СКС.



Буквами на диаграмме указаны: M – мишень, C – точка расположения совмещённой приёмно-передающей антенны. По сравнению с диаграммой в АКС, три точки I , II , C сливаются в одну точку C . Чтобы улучшить читаемость диаграммы, единая точка C для передающей и приёмной

антенны условно разнесена вдоль направления на мишень CM , иначе наложился бы друг на друга векторы u_1 , u_2 и несколько углов.

Отмечаем две особенности векторных диаграмм в *СКС.

1. Благодаря подобию треугольников на совмещённой диаграмме, нет необходимости заново выводить формулы для *СКС: **все ранее выведенные формулы для АКС верны и для *СКС**, в том числе и наиболее важные формулы (2), (14), (18), (19) (разумеется, *при условии* использования неподвижных относительно АКС эталонов длин и эталонов времени). Такой результат не должен удивлять, так как в классической кинематике абсолютные расстояния и углы между точками пространства, как и абсолютные интервалы времени между событиями, служат базовыми инвариантами в любой КС. Изменяется только интерпретация указанных формул.

2. В АКС углами α и β мерили направления перемещений зондирующей и отражённой волн, а угол θ задавал в момент $t_1 - t_2$ только направление вектора дальности R . В *СКС углы α и β теряют прежнюю функцию, обозначая лишь углы в соответствующих треугольниках сложения скоростей по формулам (20) и (21), а угол θ полностью берёт их прежнюю функцию на себя, измеряя *коллинеарные* направления u_1 передачи и u_2 приёма, одновременно сохраняя и несколько обновляя прежнее назначение – задавать направление **радиус-вектора дальности $R(t)$** , полюс которого всегда совпадает с точкой C , а его конец указывает на мгновенное положение мишени M в момент времени t , согласно формуле (2).

Угол $\mu = \beta - \theta$ есть угол мгновенной аберрации. Поскольку в *СКС локатора вместо угла β на самом деле измеряется искомый угол θ , который указывает мгновенное направление радиус-вектора $R(t)$ из точки

С на цель M , эффект мгновенной аберрации оказывается весьма полезным в радиолокации. В отличие от релятивистской механики, угол θ даёт в линейном приближении **истинное направление** радиус-вектора $\mathbf{R}(t)$ на лоцируемую цель в момент времени $t = t_n - t_2$, угол μ – **истинную мгновенную аберрацию**, а угол ν – **истинную излучательную аберрацию**.

В субстанциальной динамике длины тел и темп хода часов подвержены эффектам FLL (§9). Поэтому необходима *редукция* ранее выведенных радиолокационных формул между АКС и *СКС. Она заключается в коррекции результатов измерений, полученных с использованием эталонов времени и эталонов длины, *движущихся* с абсолютной скоростью \mathbf{v} .

Чтобы избежать ошибок, целесообразно подвергать исправлению по формулам FLL только непосредственно измеренные величины, при этом остальные величины окажутся функциями скорректированных данных. В *СКС непосредственно измеряются три величины: время запаздывания сигнала t_3 , длительность сеанса до момента приёма t_n , угол θ между вектором абсолютной скорости локатора и направлением на цель. Величина (модуль) планковской скорости $|c|$ есть константа, абсолютная скорость \mathbf{v} локатора есть инвариант АСД (§11), и должна вычисляться заранее (§21), поэтому безразмерная скорость $x = v/c$ не зависит от выбора рабочей КС.

Как и в §17, значок «галочка» над буквой (символизирующий абсолютную скорость \mathbf{v}), например, время \check{t} , будет означать, что эта величина измерена движущимся относительно АКС прибором (в данном примере – движущимися часами).

Субстанциальное замедление темпа хода часов с ростом их абсолютной скорости влечёт уменьшение показаний движущихся часов \check{t} в γ раз по формуле Лоренца-Лармора (Джозеф Лармор в книге «Эфир и материя» (1900 г.) уточнил приближённую формулу Хендрика Лоренца для «местного времени»): $\check{t} = t/\gamma$, где γ – Лоренц-фактор:

$$\gamma = 1 / \sqrt{1 - x^2} \quad (30)$$

Следовательно, часы в *СКС локатора, в упомянутом выше линейном приближении, запаздывают относительно часов в АКС и их время выражается в *СКС и АКС формулами (31) и (32) соответственно:

$$\check{t}_3 = t_3 / \gamma \quad (31)$$

$$t_3 = \gamma \check{t}_3$$

(32)

Интервал времени t_n измеряется от начала сеанса сопровождения цели, поэтому он может быть многократно длиннее t_3 . Когда линейное приближение окажется неприемлемым, вместо простой формулы, подобной формуле (32), потребуется интегрирование по всему времени сеанса:

$$t_{\pi} = \int_0^{\check{t}_{\pi}} \gamma(\check{t}) d\check{t} \quad (33)$$

где $\gamma(\check{t})$ – зависимость Лоренц-фактора (30) от текущего времени в *СКС.

Учёт влияния *субстанциональной контракции тел* на выведенные выше формулы ничем не отличается от методики, применённой в §17, так как исследованный там треугольник $\Pi(t)$ -И($t - \tau$)-Н(t) для мгновенной абберации подобен треугольнику со сторонами \mathbf{c}_2 , \mathbf{u}_2 , \mathbf{v} , исследуемому здесь в *СКС. По этой причине формулы (9)...(16), выведенные в §17, остаются верными и для §18.

Редуцированные формулы для дальности мишени R , составляющих времени запаздывания t_1 и t_2 , углов излучательной и мгновенной аббераций $\nu = \mu$, получаются из формул (18), (19), (24), (26) после подстановки выражений их параметров по формулам (23), (30), (32) (а также по формулам (2), (9), (10), выведенным в §17):

(34)	$R = c \frac{\check{t}_3}{2} \sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}$	$\operatorname{tg} \nu = \operatorname{tg} \mu = \frac{x \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2}}$	(35)
(36)	$t_1 = \frac{\check{t}_3}{2} \frac{1 + x \cos \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2}}$	$t_2 = \frac{\check{t}_3}{2} \frac{1 - x \cos \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2}}$	(37)

Редуцированные формулы для относительных скоростей u_1 и u_2 зондирующей и отражённой ЭМВ, получаются после подстановки в формулы (22) и (23) выражений их параметров по формулам (34), (36), (37):

(38)	$u_1 = \frac{c}{\gamma} \sqrt{\frac{1 - x \cos \check{\theta}}{1 + x \cos \check{\theta}}}$	$u_2 = \frac{c}{\gamma} \sqrt{\frac{1 + x \cos \check{\theta}}{1 - x \cos \check{\theta}}}$	(39)
------	---	---	------

Желающие проверят формулы (34) – (39) и выведут разложения $R(x, \check{\theta})$, $t_1(x, \check{\theta})$ и $t_2(x, \check{\theta})$ в ряды по малому параметру $x = v/c$ ($0 \leq x \ll 1$):

$$R = c \frac{\check{t}_3}{2} \left(1 - \frac{x^2}{2} \cos^2 \check{\theta} - \frac{x^4}{8} \cos^4 \check{\theta} - \dots \right) \quad (40)$$

$$t_1 = \frac{\check{t}_3}{2} (1 + x \cos \check{\theta}) \left(1 + \frac{x^2}{2} + \frac{3}{8} x^4 + \dots \right) \quad (41)$$

$$t_2 = \frac{\check{t}_3}{2} (1 - x \cos \check{\theta}) \left(1 + \frac{x^2}{2} + \frac{3}{8} x^4 + \dots \right) \quad (42)$$

Имея результаты вычислений радиус-вектора подвижной цели $R_1(t_1), R_2(t_2), \dots$, можно методами интерполяции вычислить и **уравнение движения цели** в *СКС локатора, как *непрерывную* зависимость $R(t)$, а затем и зависимость мгновенной скорости цели от времени: $v(t) = dR(t)/dt$. После этого, полученные для *СКС зависимости редуцируются к другим ДКС, например, к неврещающей солнечной КС (*ИСБКС).

Выводы. Релятивистская формула СТО для дальности $R_r = c\check{t}_3/2$ *завышает* вычисляемое расстояние, если угол $\check{\theta} \neq 90^\circ$. Учитывая, что $x = \frac{v}{c} < 2,5 \cdot 10^{-4}$; $\check{\theta} > 35^\circ$ (§21, п.3), выводимая из формулы (40) относительная *релятивистская ошибка*, равная $\Delta R_r/R \approx (x^2/2) \cos^2 \check{\theta}$, может меняться в зависимости от направления $\check{\theta}$, от 0 до $+2 \cdot 10^{-8}$. Следовательно, в абсолютном выражении ошибка $\Delta R_r \approx R (x^2/2) \cos^2 \check{\theta}$ может быть от 0 до +20 м на каждый миллион километров измерения дальности.

Например, в случае измерений расстояний от поверхности Земли до спутников системы ГЛОНАСС ошибка может достигать +0,5 м (без учёта влияния атмосферы и ионосферы), при измерениях расстояний до Луны – до нескольких метров, до Венеры – от сотен метров в её нижнем соединении с Землёй ($R \approx 40$ млн км) до нескольких километров в верхнем соединении ($R \approx 260$ млн км). Соответственно ошибка релятивистских формул при вычислениях величины *астрономической единицы* по результатам релятивистской радиолокации планет земной группы, может оказаться в границах от 0 до 3 км.

Субстанциальная теория космической радиолокации помогает также узнать, почему моменты контакта Венеры с солнечным диском 8 июня 2004 года заметно запоздали относительно моментов, рассчитанных по релятивистской теории [87]. Причина – не учтена *излучательная абберация*, впервые предсказанная автором АСД в субстанциальной теории радиолокации. Она основана на классической теореме (1), (П1) сложения скорости ЭМВ относительно излучателя и скорости излучателя относительно АКС. Однако СТО утверждает об *инвариантности* скорости света (ЭМВ) в вакууме относительно любой инерциальной системы отсчёта. По этой причине в 60-80-х годах при радиолокации планет упреждающее время, необходимое для точного попадания радиолучом в центр диска планеты, выбиралось сторонниками ТО близким к половине времени запаздывания $\check{t}_3/2$, с небольшой поправкой по Шварцшильду. Для Венеры $\check{t}_3/2$ составляет от ~130 до ~870 секунд, в зависимости от дальности до планеты. Но согласно доказанной выше теореме о точке прицеливания, учитывающей излучательную абберацию в случае применения телескопического прицела, *правильное* время упреждения равно \check{t}_3 – примерно в 2 раза больше релятивистского. Поэтому точно попадать в центр диска Венеры не получалось даже после уточнения величины астрономической единицы до одного кило-

метра (благодаря радиолокационным измерениям расстояний до планет). Нетрудно подсчитать, что *релятивистский промах*, как половина от упреждающего смещения s по формуле (27), составлял около 650 км вдоль траектории ЦМ Венеры в её нижнем соединении, и мог обнуляться только во время элонгаций Венеры, когда *движения Венеры в картинной плоскости* *ЗБКС уменьшались почти до нуля ($w_k \approx 0$). Этот факт следует рассматривать как *ошибку 1 порядка* релятивистской теории радиолокации планет, основанной на постулате инвариантности скорости радиоволн.

В 60-е годы официально объявить о *непригодности релятивистского закона сложения скоростей в радиолокации* было нереально,¹ поэтому неудивительно, что в академических кругах *релятивистскую ошибку* венерианской долготы решили официально объявить как *ошибку эфемерид* классической небесной механики [198], необоснованно² обвинив в этой ошибке всех авторов аналитических теорий: Ньюкома, Данкома, Моргана и Клеменса [201]. Релятивистскую ошибку скомпенсировали исправлением названных эфемерид, *сдвинув Венеру по направлению её движения на несколько сотен км вдоль её орбиты* [142], [197, с.100]. Незаконное исправление гелиоцентрической долготы Венеры привело к ошибке релятивистского прогноза движения планеты по диску Солнца 8 июня 2004 года.

Правильность данного объяснения подтверждается и неверным рисунком *абберации при радиолокации* в книге, изданной РАН в 2006 году [106, с.15, рис.18], а также ошибочным графиком *зависимости абберационных поправок от времени*, где *размах абберационных поправок за синодический год* для Венеры составляет лишь 36'' [106, с.16, рис.19]. Указанный размах в 2,7 раза меньше правильного *размаха угла упреждения*, равного ~96'' за синодический год, в случае применения телескопического прицела. Эта ошибка, выраженная в радианах, действительно имеет 1-й порядок относительно v/c , где v – скорость Венеры относительно *БКС Земли. Названная скорость изменяется в диапазоне примерно от +5 км/с до –65 км/с в течение синодического года, то есть периода сближений Венеры с Землёй, равного ~584 земным суткам.

¹ Не случайно ведь в 1964 году Президиум АН СССР в очередной раз принимает закрытое постановление, запрещающее критику теории относительности в науке, образовании и академических печатных изданиях. После такого предупреждения непокорные критики теории относительности могли рисковать не только научной карьерой. [33]

² Аргумент сторонников ТО не подкреплён фактами. Погрешности оптических инструментов, которыми пользовались советские экспериментаторы, были велики: 0,6'' ... 1,2'' [83, с.216] и это понятно, так как лучшие наши телескопы и астрономические обсерватории были уничтожены фашистами в 1941 году, а новые телескопы на новых монтировках требовали многолетней юстировки. Оптические телескопы западных коллег прошли столетний период *непрерывных* наблюдений, поэтому их монтировки были точнее привязаны к геоиду и существенно лучше отъюстированы. Во всяком случае, *постоянный* сдвиг Венеры на 270 км, как пишут в [84], то есть на 2,2% от её диаметра (на 1,4'' в нижнем соединении), если не Ньюком, то Клеменс и Данком [78, с.57, 63] без сомнения *зафиксировали бы*.

§19. Субстанциальная теория смещения частоты электромагнитных волн

Доплеровские и субстанциальные методы дают дополнительные данные для космических траекторных вычислений, позволяя существенно уточнять результаты, полученные дальномерными методами. В отличие от релятивистской теории, в субстанциальной теории *смещения* частоты электромагнитных волн (ЭМВ), которое возникает при зондировании отражающей назад мишени, полезно выделить независимые эффекты.¹ Первые два эффекта – динамические, а третий – кинематический.

1. Движение опорного *генератора* с абсолютной скоростью \mathbf{v} *понижает* его частоту f_1 (по сравнению с частотой f_0 генератора в состоянии его абсолютного покоя) по формуле (46), §9 вследствие субстанциального замедления процессов согласно **формуле Лоренца-Лармора**:

$$f_1 = f_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (1)$$

2. Движение *излучателя* ЭМВ в космическом вакууме с абсолютной скоростью \mathbf{v}_1 *деформирует* пространственно-волновую картину ЭМВ (см. рисунок в П2, п.7), изменяя длину λ ЭМВ в каждом направлении излучения согласно **формулам Доплера-Физо** [154, с.277], а, следовательно, и частоту волны $f_2 = c/\lambda_2$ по сравнению с частотой $f_1 = c/\lambda_1$:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \left(1 - \frac{\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{c}_1}{c^2} \right) \Rightarrow f_2 = \frac{f_1}{1 - \frac{\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{c}_1}{c^2}} \quad (2)$$

Здесь \mathbf{c}_1 – вектор абсолютной скорости волны, указывающий конкретное направление излучения в АКС; $\mathbf{v}_1 \cdot \mathbf{c}_1$ – скалярное произведение данных **векторов**. Оно информативнее релятивистской записи, где скорость электромагнитных волн в вакууме фигурирует как скалярная величина.

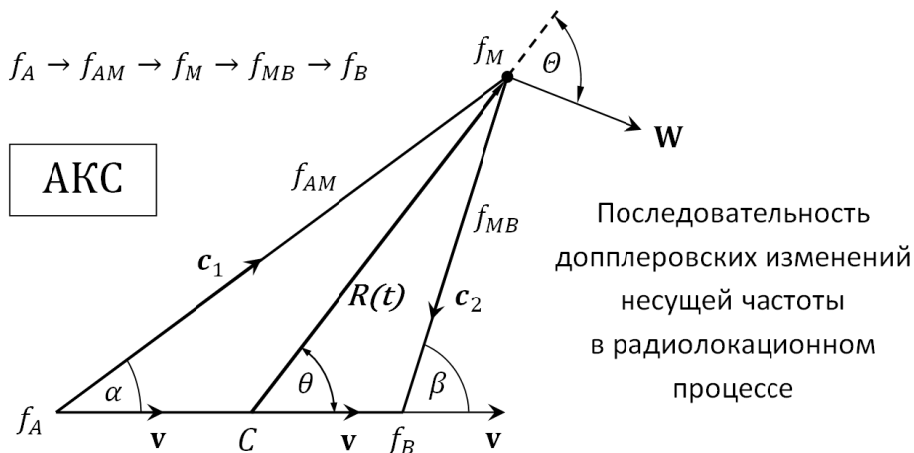
3. Движение приёмника с абсолютной скоростью \mathbf{v}_2 , и абсолютная скорость волны \mathbf{c}_2 в точке приёма подчиняются классическому закону сложения скоростей (П1), и по этой причине принимаемая частота f_3 определяется **формулой Доплера**:

$$f_3 = f_2 \left(1 - \frac{\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} \right) \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) модули абсолютных скоростей $c_1 = c_2 = c$ одинаковы. Выше уже было сказано, что данные формулы описывают са-

¹ Атмосферные и ионосферные эффекты, а также изменение гравитационного потенциала *подвижного локатора* за время запаздывания сигнала t_3 , здесь не рассматриваются. Влияние различия гравитационных потенциалов рассмотрено в конце §19 для *радиомаяка*.

мостоятельные, то есть независимые друг от друга эффекты. Их применение для решения нашей задачи становится наглядным, если снова воспользоваться векторной диаграммой перемещения зондирующей и отражённой волн в АКС в линейном приближении. Эта диаграмма была изображена в начале §18 и повторяется здесь в виде, адаптированном к решаемой задаче. На новой диаграмме добавлена произвольно направленная в пространстве **абсолютная скорость мишени** \mathbf{W} , которая образует некоторый угол θ с радиус-вектором $\mathbf{R}(t)$ в момент времени t :



На диаграмме отмечено пять различных частот: три из них – f_A , f_M , f_B – частоты токов несущей, возбуждаемых соответственно: в антенне передатчика локатора, на поверхности мишени и в *совмещённой* антенне приёмника локатора; а остальные – f_{AM} , f_{MB} – частоты зондирующей и отражённой электромагнитной волны в направлении векторов \mathbf{c}_1 и \mathbf{c}_2 соответственно.

Применяя к нашей задаче формулы (1)...(3), получаем следующие выражения для указанных частот:

$$f_A = f_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (4)$$

$$f_{AM} = \frac{f_A}{1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2}} \quad (5)$$

$$f_M = f_{AM} \left(1 - \frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2} \right) \quad (6)$$

$$f_{MB} = \frac{f_M}{1 - \frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2}} \quad (7)$$

$$f_B = f_{MB} \left(1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} \right) \quad (8)$$

Поскольку по условию задачи частота опорного генератора приёмника за время запаздывания сигнала не успевает заметно измениться и остаётся равной f_A , частота f_0 и формула (4) оказываются невостребованными. Последовательно подставляя в формулу (8) выражения остальных частот в обратном порядке от (7) до (5), получаем развёрнутое выражение для несущей частоты f_B эхо-сигнала, *принимаемого* антенной локатора:

$$f_B = f_A \frac{\left(1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2}\right) \left(1 - \frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2}\right)}{\left(1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2}\right) \left(1 - \frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2}\right)} \quad (9)$$

и полный **относительный сдвиг частоты** $\delta = \Delta f / f_A = (f_B - f_A) / f_A$:

$$\delta = \frac{\Delta f}{f_A} = \frac{(c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2)(c^2 - \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1)}{(c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1)(c^2 - \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2)} - 1 \quad (10)$$

Исследуем частный случай, а затем общий случай.

Частный случай. Пусть локатор находится в абсолютном покое: $\mathbf{v} = 0$. Тогда из формулы (10), с учётом того, что пути зондирующего и отражённого сигналов совпадают: $\mathbf{c}_2 = -\mathbf{c}_1$, причём $\mathbf{c}_1 \uparrow\uparrow \mathbf{R}$, получаем **относительный доплеровский сдвиг частоты за счёт движения только мишени**:

$$\delta_0 = \frac{c^2 - \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2 + \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1} - 1 \quad (11)$$

Из формулы (11) непосредственно следует, что при $\mathbf{W} \perp \mathbf{R} \Rightarrow \delta_0 = 0$, то есть **при $\mathbf{v} = 0$ движение мишени, перпендикулярное радиус-вектору $\mathbf{R}(t)$, не даёт никакого сдвига частоты.**

Раскрывая скалярное произведение векторов $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1 = W c \cos \Theta$, и называя величину $W_R = W \cos \Theta$ **абсолютной радиальной скоростью мишени**, выражаем последнюю из формулы (11) (где: $\delta_1 = \delta_0 / (2 + \delta_0)$):

$$W_R = W \cos \Theta = - \frac{\delta_0}{2 + \delta_0} c = -c \delta_1 \quad (12)$$

Общий случай. Введём понятие **плоскости локатора**, как плоскости, задаваемой двумя векторами, выходящими из точки C : вектором абсолютной скорости локатора $\mathbf{v}(t)$ и радиус-вектором $\mathbf{R}(t)$. В этой же плоскости лежат и векторы \mathbf{c}_1 и \mathbf{c}_2 , если применимо линейное приближение, принятое в данном параграфе.

Вычислим все скалярные произведения векторов, входящие в формулу (10). Используя выражения (20) и (21) из §18 для \mathbf{c}_1 и \mathbf{c}_2 , получаем:

$$(13) \quad \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1 = v^2 + \mathbf{v} \cdot \mathbf{u}_1 \quad ; \quad \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2 = v^2 + \mathbf{v} \cdot \mathbf{u}_2 \quad (14)$$

Из векторной диаграммы для СКС в §18:

$$(15) \quad \mathbf{v} \cdot \mathbf{u}_1 = v u_1 \cos \theta \quad ; \quad \mathbf{v} \cdot \mathbf{u}_2 = -v u_2 \cos \theta \quad (16)$$

Подставляя в формулы (15) и (16) выражения u_1 и u_2 из формул (38) и (39), §18, заменяя затем $\cos \theta$ на $\cos \check{\theta}$ по формуле (10) из §17, и подставляя полученные выражения в формулы (13) и (14) вместо $\mathbf{v} \cdot \mathbf{u}_1$ и $\mathbf{v} \cdot \mathbf{u}_2$, получаем скалярные произведения векторов $\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1$ и $\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2$:

$$(17) \quad \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2} = \frac{x(x + \cos \check{\theta})}{1 + x \cos \check{\theta}} \quad ; \quad \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} = \frac{x(x - \cos \check{\theta})}{1 - x \cos \check{\theta}} \quad (18)$$

где $x = v/c$ – безразмерная скорость локатора. Отсюда легко находим:

$$\frac{c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_1} = \frac{1 + x \cos \check{\theta}}{1 - x \cos \check{\theta}} \quad (19)$$

Для вычисления $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1$ и $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2$ разложим вектор абсолютной скорости мишени \mathbf{W} согласно теореме сложения скоростей (П1):

$$\mathbf{W} = \mathbf{v} + \mathbf{w} \quad (20)$$

где \mathbf{w} – относительная скорость мишени в СКС локатора, \mathbf{v} – переносная скорость локатора. В свою очередь, относительная скорость мишени равна векторной сумме радиальной \mathbf{w}_R , трансверсальной \mathbf{w}_T и ортогональной \mathbf{w}_\perp компонент:

$$\mathbf{w} = \mathbf{w}_R + \mathbf{w}_T + \mathbf{w}_\perp \quad (21)$$

Радиальная и трансверсальная компоненты лежат в плоскости локатора, а ортогональная – перпендикулярна его плоскости. Положительное направление \mathbf{w}_R совпадает с направлением $\mathbf{R}(t)$, положительное направление \mathbf{w}_T направлено против часовой стрелки. Векторы \mathbf{w}_R \mathbf{w}_T \mathbf{w}_\perp образуют правую тройку.

Подставляя выражение правой части формулы (21) в формулу (20) вместо \mathbf{w} , получаем развёрнутое выражение вектора абсолютной скорости мишени для подстановки в общую формулу (10):

$$\mathbf{W} = \mathbf{v} + \mathbf{w}_R + \mathbf{w}_T + \mathbf{w}_\perp \quad (22)$$

С учётом разложения в СКС векторов \mathbf{c}_1 и \mathbf{c}_2 по формулам §18 – (20) и (21), получаем следующие выражения для двух скалярных произве-

дений векторов $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1$ и $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2$:

$$\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1 = (\mathbf{v} + \mathbf{w}_R + \mathbf{w}_T + \mathbf{w}_\perp) \cdot (\mathbf{v} + \mathbf{u}_1) \quad (23)$$

$$\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2 = (\mathbf{v} + \mathbf{w}_R + \mathbf{w}_T + \mathbf{w}_\perp) \cdot (\mathbf{v} + \mathbf{u}_2) \quad (24)$$

Раскрываем и упрощаем эти скалярные произведения, переходя к *безразмерным скоростям*: $x = v/c$, $y = w_R/c$, $z = w_T/c$, используя формулы из §18 – (23) и (22) для относительных скоростей волн u_1 и u_2 в СКС:

$$\frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2} = (y + x \cos \theta) \sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta} + x^2 \sin^2 \theta - x z \sin \theta \quad (25)$$

$$\frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} = -(y + x \cos \theta) \sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta} + x^2 \sin^2 \theta - x z \sin \theta \quad (26)$$

Заменяем углы θ углами $\check{\theta}$ по формулам (10) из §17. В итоге получаем:

$$\frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_1}{c^2} = y \sqrt{\frac{1 - x^2}{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}} + \frac{x(1 - x^2) \cos \check{\theta}}{1 + x \cos \check{\theta}} + x^2 - \frac{x z \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}} \quad (27)$$

$$\frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} = -y \sqrt{\frac{1 - x^2}{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}} - \frac{x(1 - x^2) \cos \check{\theta}}{1 + x \cos \check{\theta}} + x^2 - \frac{x z \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}} \quad (28)$$

Подставляем полученные выражения скалярных произведений векторов из формул (19), (27) и (28) в уравнение (10) и решаем его относительно неизвестной величины – **безразмерной радиальной скорости мишени** в СКС, равной $y = w_R/c$:

$$y = - \frac{\delta_2 (1 - x^2) \sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}} + x z (\delta_2 - x \cos \check{\theta}) \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2} (1 - \delta_2 x \cos \check{\theta})} \quad (29)$$

где $\delta_2 = \delta/(2 + \delta)$; δ – *измеренный* относительный сдвиг частоты (10).

Разложение формулы (29) в ряд Тейлора с учётом малых параметров x, z, δ_2 даёт только *нечётные* количества этих сомножителей в каждом члене ряда (1, 3, 5 и т. д.). Вот пример разложения формулы (29) в ряд Тейлора с точностью до произведений трёх малых параметров x, z, δ_2 :

$$y \cong -\delta_2 - x \delta_2 (\delta_2 \cos \check{\theta} + z \sin \check{\theta}) + \frac{x^2}{2} (\delta_2 (1 + \cos^2 \check{\theta}) + z \sin 2 \check{\theta}) \quad (29')$$

Но во многих случаях даже первое приближение: $y \cong -\delta_2$, которое

не содержит безразмерной трансверсальной скорости мишени z и даже безразмерной абсолютной скорости локатора x , оказывается достаточным, так как отсутствие в разложении членов чётного порядка уменьшает относительную погрешность укороченной формулы при радиолокации планет примерно до $\sim 10^{-10}$:

$$y \cong -\frac{\delta_2 \sqrt{1-x^2} \sqrt{1-x^2 \cos^2 \theta}}{1-\delta_2 x \cos \theta} ; \quad \left(\delta_2 = \frac{\delta}{2+\delta} \right) \quad (30)$$

Тем не менее, входящую в формулы (29) и (29') неизвестную трансверсальную скорость мишени \mathbf{w}_T и $z = w_T/c$, можно приближённо вычислять дальномерно-угломерными методами (§18) по результатам дифференцирования радиус-вектора цели $\mathbf{R}(t)$. Это позволит вычислять радиальную скорость по точной формуле (29), повысив точность её расчёта ещё на несколько порядков.

Космический радиомаяк.

Траекторные вычисления возможны без зондирующих сигналов, если летящий объект измерения имеет радиомаяк, то есть радиопередатчик, излучающий непрерывный или кодированный импульсный сигнал с несущей частотой, которая принимается и измеряется наземной станцией слежения с целью вычисления скорости радиомаяка и направления на него.

Три формулы (1), (2), (3) Лоренца-Лармора и Доплера-Физо изложенной выше субстанциальной модели остаются в силе и для радиомаяка. Но для космических радиомаяков необходимо учитывать и гравитационное смещение частоты, формула (38) которого была выведена в §9, поскольку разность гравитационных потенциалов между радиомаяком и приёмником сигнала существенна и пренебрегать ею нельзя.

Частота токов в антенне передатчика радиомаяка	$f_M = f_0 \sqrt{1 - W^2/c^2}$	(33)
Частота радиоволны, излучаемая передатчиком радиомаяка в направлении \mathbf{c}_2	$f_{\text{и}} = \frac{f_M}{1 - \frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2}}$	(34)
Частота радиоволны в точке приёма, изменённая гравитационным полем	$f_G = f_{\text{и}} \frac{1 + \phi_M/c^2}{1 + \phi_{\text{Н}}/c^2}$	(35)
Частота токов в антенне приёмника наземной станции при приёме с направления \mathbf{c}_2	$f_{\text{Н}} = f_G \left(1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} \right)$	(36)

Применяя названные формулы для радиомаяка, получаем последовательность изменений исходной несущей частоты f_0 в радиомаячном процессе, которая отображена в таблице выше, где \mathbf{W} , \mathbf{v} и \mathbf{c} – абсолютные скорости, соответственно – радиомаяка, приёмника и радиоволны; ϕ_M и ϕ_H – гравитационные потенциалы в точках пространства, где находятся маяк (M) и приёмник Наземной станцией слежения (H).

Считая, что опорные генераторы передатчика и приёмника идентичны, то есть их частоты в состоянии абсолютного покоя на высоте приёмника равны f_0 , получаем частоту опорного генератора приёмника f_{Π} , аналогичную формуле (33):

$$f_{\Pi} = f_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (37)$$

Подставляя последовательно в формулу (36) выражения частот из формул (35), (34), (33), получаем частоту токов в антенне приёмника наземной станции f_H . Вычитая из f_H выражение частоты f_{Π} в правой части формулы (37), и деля на f_{Π} полученную разность $\Delta f = f_H - f_{\Pi}$, получаем *относительный сдвиг* δ_M принимаемой частоты радиомаяка, измеренный в момент приёма:

$$\delta_M = \frac{\Delta f}{f_{\Pi}} = \frac{c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2 - \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2} \sqrt{\frac{c^2 - W^2}{c^2 - v^2}} \frac{c^2 + \phi_M}{c^2 + \phi_H} - 1 \quad (38)$$

Здесь \mathbf{W} определяется формулой (20), $\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2$ и $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2$ – формулами (18) и (26). Гравитационный потенциал $\phi < 0$ в заданной точке пространства есть алгебраическая сумма гравитационных потенциалов, создаваемых в этой же точке пространства всеми массами Солнечной системы.

Замечание. Формулу (35) данного параграфа и соответствующую ей формулу (38), §9 можно *интерпретировать* и как замедление процессов в полях тяготения, а в данном случае – как дополнительный сдвиг частоты задающего генератора передатчика радиомаяка относительно задающего генератора приёмника на Земле из-за наличия разности гравитационных потенциалов между ними. Можно проверить, что новая интерпретация (после замены местами потенциалов ϕ_1 и ϕ_2 в формуле (38), §9 вносит в выведенную *здесь* формулу (38) только незначительную коррекцию.

Однако, если в сигналах радиомаяка передавать оцифрованные метки бортовой шкалы времени (БШВ), то существование, либо отсутствие понижения частоты генератора в поле тяготения, оказывается вполне измеримым эффектом, так как непрерывный уход фазы генератора, из-за сдвига частоты, *интегрируется* в нарастающее **отставание собственного времени часов** БШВ в поле тяготения, если данный генератор синхронизирует и БШВ. Подробнее об этом в пунктах 4, 5, 6 следующего параграфа.

§20. Обсуждение простых идей измерения абсолютной скорости

Эксперимент – истинный посредник между человеком и природой.

Леонардо да Винчи

Предположим, что в момент времени t мы экспериментально измерили абсолютную скорость \mathbf{v} нашей земной лаборатории. Тогда согласно формулам (1) и (2), (П1) для того же момента времени t можно записать:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_C + \mathbf{v}_{\text{орб}} + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{R} \quad (1)$$

Здесь \mathbf{v}_C – абсолютная скорость центра масс (ЦМ) Солнца, $\mathbf{v}_{\text{орб}}$ – орбитальная скорость ЦМ Земли в невращающейся ДКС (§8), связанной с ЦМ Солнца, $\boldsymbol{\Omega}$ – абсолютная угловая скорость вращения Земли, \mathbf{R} – радиус-вектор нашей лаборатории относительно ЦМ Земли. Формула (1) может быть применена и к спутнику на круговой орбите вокруг Земли радиусом R с угловой скоростью обращения $\boldsymbol{\Omega}$, а также к любой другой планете или к межпланетной станции. Из формулы (1) можно вычислить неизвестную скорость \mathbf{v}_C ЦМ Солнца, а затем и абсолютную скорость барицентра Солнечной системы $\mathbf{v}_{\text{ССС}}$, зная на момент t движение ЦМ Солнца вокруг барицентра Солнечной системы.

Тем, кто начинает изучать абсолютную динамику, задача измерения абсолютной скорости может показаться несложной. Изобретательному человеку нетрудно придумать разные способы. Но когда изобретатель погружается в детальные технические расчёты, он вдруг обнаруживает, что его “гениальная” идея была построена на песке. Обычно причинами неудач оказываются неочевидные компенсации ожидаемого эффекта, либо технически недостижимая точность требуемого измерения.

Автор данной книги – не исключение, в 90-е годы он теоретически проверил десятки способов измерения абсолютной скорости и убедился в безрезультатности почти всех их при современной точности техники измерений. Каждая неудача такого рода подтверждает удивительное устройство природы: она тщательно прячет эту тайну, когда её пытаются раскрыть не достаточно изощрёнными способами.

В начале 19 века, после создания Френелем волновой теории света, возникла идея измерения абсолютной скорости земной лаборатории путём сравнения в ней скоростей световых пучков, распространяющихся в *разных* направлениях. В последующие годы было проведено множество этих и других, всё более тонких опытов (П2), но все они дали отрицательные результаты, которые были объяснены только к концу 19 века.

Самый знаменитый из них – эксперимент с интерферометром Май-

кельсона-Морли (П2, п.5), который пытались многократно повторять с неуклонно возрастающей точностью и в 20, и в 21 веках, однако, всё с тем же отрицательным результатом. Лоренцева контракция плеч интерферометра по формуле (50), §9 полностью компенсирует изменение длины светового пути в абсолютной координатной системе (АКС, §8) при поворотах интерферометра. Поэтому опыты этого типа бесполезны для нашей цели.

Абсолютная динамика открывает принципиально новые возможности. Ведь координатные системы, движущиеся с разными абсолютными скоростями, неравноправны в отношении не только оптических, но и в отношении механических явлений. В качестве примеров можно сослаться на задачи №№4–7 в §13, а также на задачу в §15. Одна из целей данного параграфа – показать бесплодность некоторых, казалось бы, очевидных экспериментов и тем самым сберечь время заинтересованного читателя.

1. Синхронизация разнесённых квантовых часов в АКС не представляет проблемы, так как в вакууме скорость радиосигналов относительно АКС изотропна и равна планковской скорости $c = 299792458 \pm 3$ м/с в *любом* направлении (§6). Поэтому при обмене синхросигналами достаточно вводить поправку $\Delta T = L/c$ на запаздывание времени, где L – абсолютное расстояние, преодолеваемое сигналом. *Движение* квантовых часов относительно АКС *изменяет темп* их хода (частоту колебаний, §9). Однако знание абсолютной скорости часов позволяет корректировать темп их хода, обеспечивая синхронный ход перемещаемых часов. Рассмотрим пример.

Пусть часы №0 покоятся в АКС, а часы №1 перемещают со скоростью $v = \text{const}$ относительно них. Тогда, при условии (см. формулы (3), (44)...(46), §9), что темп хода подвижных часов замедляется в $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ раз, увеличим частоту задающего генератора часов №1 тоже в γ раз, и тем самым уравняем темп хода обоих часов.

Для синхронизации показаний часов посылаем от часов №0 к часам №1 радиосигнал, содержащий информацию о моменте времени T передачи сигнала. Тогда, зная текущее расстояние L от часов №0 в момент приёма сигнала, устанавливаем время часов №1 на момент приёма равным $T + L/c$.

Хотя в АКС у нас нет неподвижных эталонов времени и длины, но это не мешает нам пользоваться для расчётов виртуальными (воображаемыми) эталонами такого рода для создания *абсолютных моделей* механических явлений. **Польза абсолютных моделей** в том, что в АКС размеры, массы тел, параметры их движения, а также понятие одновременности не относительны, а абсолютны. Это даёт возможность без проблем сравнивать однотипные явления, редуцируя результаты измерений в ДКС к абсолютным эталонам, неподвижным в АКС.

2. Синхронизация перемещаемых часов в ЛКС. Пусть наша лабораторная координатная система (§15) движется с постоянной скоростью $\mathbf{u} = \text{const}$ относительно АКС. И пусть часы №0 покоятся в ЛКС, а идентичные им часы №1, синхронизированные с ними в месте пребывания первых, затем перемещают относительно часов №0 с постоянной скоростью $\mathbf{v} = \text{const}$, на заданное расстояние L от часов №0. Нужно узнать – насколько будут различаться показания часов №1 от показаний часов №0 в конце заданного пути?

Сравнение показаний двух разнесённых часов необходимо производить одновременно. Но *в ТО одновременность относительна и поэтому однозначного решения не существует*. Зато в абсолютной динамике одновременность абсолютна, если расчёты ведутся в АКС (§18). Поэтому введём абсолютное время перемещения $T = L/v$ часов, одинаковое в АКС для обоих часов №0 и №1.

В предположении, что темп хода наших часов обязан Лоренц-факторам $\gamma_0 = 1/\sqrt{1 - v_0^2/c^2}$ и $\gamma_1 = 1/\sqrt{1 - v_1^2/c^2}$, получаем длительности t_0 и t_1 перемещений по показаниям часов №0 и №1 в сравнении с абсолютным временем перемещения T :

$$(2) \quad t_0 = T \sqrt{1 - v_0^2/c^2} \quad t_1 = T \sqrt{1 - v_1^2/c^2} \quad (3)$$

где $\mathbf{v}_0 = \mathbf{u}$; $\mathbf{v}_1 = \mathbf{u} + \mathbf{v}$ есть векторы абсолютных скоростей часов №0 и №1 по теореме сложения скоростей (1), (П1). Подставляя их в формулы (2) и (3), находим разность Δt собственных показаний часов №1 и №0:

$$\Delta t = t_1 - t_0 = -T \left[\sqrt{1 - u^2/c^2} - \sqrt{1 - (\mathbf{u} + \mathbf{v})^2/c^2} \right] \quad (4)$$

Формула (4) неудобна для нашего анализа, поэтому разложим её в ряд Тейлора. При этом достаточно учесть только первый член ряда, так как второе и последующие слагаемые очень малы для обнаружения современными средствами измерения времени.¹ С учётом $T = L/v$, получаем:

$$\Delta t \cong -\frac{L}{v} \frac{\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} + v^2/2}{c^2} = -\frac{L}{c^2} \left[u \cos(\mathbf{u} \wedge \mathbf{v}) + \frac{v}{2} \right] \quad (5)$$

Частные случаи формулы (5) сведены в таблицу далее. Очевидно, что второе слагаемое $-Lv/(2c^2)$ сохраняется при любом направлении вектора \mathbf{v} относительной скорости. Например, при перемещении часов №1 обратно к часам №0, оно удваивается и позволяет вычислить скорость перемещаемых часов №1, если она была неизвестна. Совсем иначе ведёт себя первое слагаемое, содержащее переносную скорость, оно всегда меняет

¹ Согласно расчётам в §21 (п.3), для Земли отношение u/c имеет порядок $\sim 10^{-4}$.

знак при обратном движении. Следовательно, при обратном перемещении часов №1 к часам №0, первое слагаемое в итоге полностью скомпенсируется и останется только удвоенное второе слагаемое $-Lv/c^2 = -T v^2/c^2$, пропорциональное продолжительности движения.

Частный случай	Разность показаний часов $\Delta t = t_1 - t_0$	
$v \uparrow\uparrow u$	$-\frac{L u}{c^2} - \frac{L v}{2 c^2}$	(6)
$v \uparrow\downarrow u$	$\frac{L u}{c^2} - \frac{L v}{2 c^2}$	(7)
$v \perp u$	$-\frac{L v}{2 c^2}$	(8)

Компенсация не позволяет вычислить скорость u в описанном опыте, если эта скорость *не была известна до опыта*.

Заинтересованный читатель сможет доказать это утверждение и для случая обмена радиосигналами между данными часами. Формулы (38) и (39) для относительных скоростей u_1 и u_2 радиосигналов в произвольном направлении θ были выведены в §18.

3. Опыт с двумя противоположно перемещаемыми часами отличается от предыдущего опыта тем, что покоившиеся в ЛКС часы №0 мы *исключаем*, а двое идентичных квантовых часов №1 и №2, строго синхронно перемещаем на одно и то же расстояние L , но в противоположные стороны и с одинаковой по модулю скоростью. Здесь можно использовать готовую формулу (3) предыдущего пункта, добавив к ней длительность перемещения t_2 часов №2 по их собственным показаниям, в сравнении с абсолютным временем T перемещения каждого часа:

$$t_2 = T \sqrt{1 - v_2^2/c^2} \quad (9)$$

где $v_2 = u - v$ есть абсолютная скорость часов №2. Тогда вместо формулы (4) получаем разность показаний Δt часов №2 и №1:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = -T \left[\sqrt{1 - (u - v)^2/c^2} - \sqrt{1 - (u + v)^2/c^2} \right] \quad (10)$$

Её разложение в ряд Тейлора, без учёта пренебрежимо малых членов ряда высших степеней, даёт обманчиво простую и обнадёживающую формулу:

$$\Delta t \cong 2 T \frac{u \cdot v}{c^2} = 2 \frac{L}{v} \frac{u \cdot v}{c^2} \quad (11)$$

которая обещает вычисление переносной скорости ЛКС по двум одинаковым расстояниям $L_1 = L_2 = L$ и разности показаний часов Δt , если $\mathbf{v} \parallel \mathbf{u}$:

$$\Delta t \cong 2 \frac{L u}{c^2} \Rightarrow u \cong \frac{c^2 \Delta t}{2 L} \quad (12)$$

Но возможно ли такой опыт реализовать? Из формулы (12) получаем требуемую длину L в зависимости от скорости \mathbf{u} и от измеренного времени Δt :

$$L \approx \frac{c \Delta t}{2 u/c} \quad (13)$$

Здесь u/c имеет порядок $\sim 10^{-4}$ (§21, п.3), минимально возможное время сравнения Δt имеет порядок $\sim 10^{-9}$ с, поэтому наименьшая длина L , вычисленная по формуле (13), с учётом необходимого запаса точности по времени, имеет порядок не менее ~ 10 км. Поскольку в данном опыте две измерительные дистанции: L_1 и L_2 должны быть одинаковыми и равными L , то допустимое отклонение $\Delta L = L_2 - L_1$ не должно превышать перемещения каждого часа со скоростью v за минимальное время $\min(\Delta t)$. То есть должно быть: $\Delta L < v \cdot \min(\Delta t)$. Например, мы перевозим часы по скоростной железной дороге, где $v = 150$ м/с (540 км/ч). Тогда получаем $\Delta L < 1,5 \cdot 10^{-7}$ м. Такова требуемая точность фиксации “ленточки” каждого фотофиниша.

Таким образом, чтобы сравнить собственное время перемещения двух часов, разнесённых в противоположных направлениях по двум прямолинейным дистанциям по 10 км каждая, на скорости 540 км/ч и с погрешностью не хуже 1 нс, синхронность перемещений по этим дистанциям должна быть не хуже 0,15 мкм. Техническая *неосуществимость* такого проекта очевидна.

4. Сравнение хода часов, разнесённых по высоте над Землёй.

Обозначим: Ω – угловая скорость вращения Земли в рабочей *ЗБКС (П1, §8), \mathbf{R} – радиус-вектор квантовых часов №1, покоящихся на Земле на уровне с гравитационным потенциалом ТМ $\phi_1 \cong -\mu/R$, где $\mu = GM = 3,9860 \cdot 10^{14} \text{ м}^3/\text{с}^2$ – гравитационный параметр Земли; $\mathbf{R} + \mathbf{h}$ – радиус-вектор идентичных часов №2, покоящихся над часами №1 на высоте \mathbf{h} , где гравитационный потенциал ТМ $\phi_2 \cong -\mu/(R + h)$ (см. рисунок далее); \mathbf{u} – переносная скорость ЦМ Земли относительно базовой АКС. Тогда $\mathbf{v}_1 = \Omega \times \mathbf{R}$ – круговая скорость часов №1, $\mathbf{v}_1 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_1$ – их абсолютная скорость; $\mathbf{v}_2 = \Omega \times (\mathbf{R} + \mathbf{h})$ – круговая скорость часов №2, $\mathbf{v}_2 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_2$ – их абсолютная скорость.

Пусть часы №1 и №2 начинают отсчёт времени *одновременно* по ну-

- 180 -

левой метке *виртуальных* часов №0, покоящихся в АКС (без поля ТМ), текущее абсолютное время обозначим буквой T . Тогда приращения собственных времён t_1 и t_2 , измеренных часами №1 и №2, с учётом их движения относительно АКС и различия потенциалов поля тяготения ((45) и (38), §9), можно выразить формулами:

$$dt_1 = \left(\sqrt{1 - v_1^2/c^2} + \phi_1/c^2 \right) dT \quad (14)$$

$$dt_2 = \left(\sqrt{1 - v_2^2/c^2} + \phi_2/c^2 \right) dT \quad (15)$$

Подставляя сюда выражения скоростей \mathbf{v}_1 и \mathbf{v}_2 , с учётом того, что $\phi_2 - \phi_1 \cong g_s h$; g_s – напряжённость поля ТМ Земли; $\mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_1(1 + h/R)$, получим приращение разности хода часов №2 и №1: $dt = dt_2 - dt_1$. Затем разложим dt в ряд Тейлора и проинтегрируем по длительности опыта T , получив разность показаний часов №2 и №1, равную $\Delta t = t_2 - t_1$:

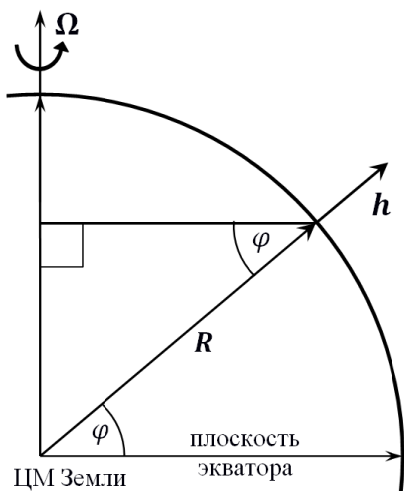
$$\Delta t \cong \frac{hT}{c^2} \left[g_s - \frac{v_1^2}{R} \left(1 + \frac{h}{2R} \right) \right] - \frac{h}{Rc^2} \int_0^T (\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_1) dT \quad (16)$$

Важное отличие формулы (16) от формул ОТО – наличие скалярного произведения векторов $(\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_1)$. Оно циклически меняется из-за вращения вектора $\mathbf{v}_1 = \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{R}(t)$ со звёздным периодом вращения Земли $T_{зв} = 2\pi/\Omega$. Но существует ещё и годичный период изменения модуля и направления вектора \mathbf{u} из-за орбитального обращения Земли вокруг Солнца: $\mathbf{u} = \mathbf{v}_C + \mathbf{v}_{орб}$ (см. (1)).

Незнание величины и направления вектора \mathbf{u} в конкретное время проведения опытов делает результат интегрирования произведения $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_1(t)$ и результаты опытов непредсказуемыми.

Ошибки в релятивистских прогнозах величины Δt , обусловленные отрицанием существования мировой среды, могут достигать единиц, десятков процентов, но могут и полностью скомпенсироваться, когда продолжительность T опыта точно равна одним или нескольким звёздным периодам вращения Земли $T_{зв}$. Тогда интеграл $\int_0^{T_{зв}} \mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_1 dT = 0$, при условии, что за время эксперимента скорость \mathbf{u} не успеет заметно измениться из-за орбитального движения Земли.

Заинтересованный читатель может дополнительно учесть в этой задаче время перемещения часов на высоту h и обратно со скоростью $\pm v$ и



обнаружить новое слагаемое, содержащее скалярное произведение векторов $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}$. Сумма двух интегралов от произведения $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}$ (по длительности подъёма и спуска) весьма любопытно зависит от нашего выбора текущих моментов времени суток для подъёма часов на высоту h и для их обратного спуска через специально подбираемое время T .

Вычисленное таким способом добавление к формуле (16) позволяет сверять время двух *перевозимых квантовых часов* (ПКЧ) только при их встречах, *исключая проблемы* расчёта поправок в случае сверки показаний часов путём обмена синхросигналами на больших расстояниях, когда вектор \mathbf{u} не известен.

Начиная с 70-х годов 20 века, после изобретения ПКЧ на атомах рубидия, цезия, водорода, проводились разнообразные опыты на разных высотах, но эти опыты *совмещали* с горизонтальными движениями ПКЧ. Поскольку решающие технические подробности опытов и обоснования численных результатов публиковались не всегда, то невольно возникают сомнения с подтверждениями релятивистской теории в этих опытах (см. пункт 7).

5. Причина гравитационного смещения частоты.

На практике гравитационное смещение частоты проявляет себя в красном *смещении* спектров излучения звёзд, но более существенно оно влияет на результаты траекторных и навигационных вычислений, когда применяются подвижные космические радиомаяки (§19), и может потребовать изменения несущей частоты радиопередатчика или частоты настройки радиоприёмника.

Гравитационное смещение частоты имеет две интерпретации (рабочие гипотезы): 1) как результат *изменения* частоты электромагнитной волны или фотонов в поле тяготения [88]; 2) как результат *замедления* времени (процессов) в том же поле [54]. Названные причины различны по своей физической природе, поэтому возникает следующий **вопрос**: можно ли данные причины отделить друг от друга экспериментально?

Пусть на поверхности *невращающейся* планеты на уровне с гравитационным потенциалом $\phi_0 = -\mu/R$ находятся рядом несколько идентичных и синхронно идущих ПКЧ, показывающих одинаковое время. Проведём с этими часами следующий **эксперимент**. *Одновременно* поднимем все часы на высоту h , где потенциал $\phi_1 = -\mu/(R + h)$, $\Rightarrow \phi_1 > \phi_0$. Затем, через достаточно большие, но *равные* интервалы времени T , будем *поодиночке спускать* упомянутые часы обратно на уровень с потенциалом ϕ_0 , каждый раз сверяя их собственное время с теми часами на нижнем уровне, которые были ранее перемещены туда с верхнего уровня.

Если обеспечить *одинаковость* скоростей подъёма и спуска всех ПКЧ, то указанные перемещения часов вверх и вниз породят *одинаковый*

сдвиг собственного времени у *всех* без исключения сверяемых часов, при условии, что абсолютная скорость планеты в течение эксперимента изменится несущественно. Замечательно то, что останется только гравитационный эффект от *различного* времени пребывания часов на верхнем и нижнем уровне, если этот эффект существует реально.

Если замедление времени (или процессов) в поле тяготения *не существует*, то тогда *сверка времени* ПКЧ между собой после их спуска на уровень с потенциалом ϕ_0 , должна выявлять каждый раз одинаковость их показаний со всеми ПКЧ, которые были спущены туда ранее, так как замедление хода любых часов, участвующих в эксперименте, из-за абсолютного движения невращающейся планеты, окажется одинаковым.

Однако, если замедление времени в поле тяготения *существует*, то частота опорного генератора будет изменяться на *относительную* величину $\bar{g}h/c^2$, где $\bar{g} = \phi_0/(R + h)$ – среднее геометрическое значение напряжённости поля ТМ на высотах от 0 до h , и тогда каждые часы, перемещённые вниз *ранее* на уровень с потенциалом ϕ_0 , будут демонстрировать отставание от часов, спущенных вниз *позже*. Следовательно, сверка вновь спущенных часов с часами, которые спускались вниз первыми, должна обнаруживать каждый раз *линейно нарастающее опережение по времени (вековой уход)* вновь спущенных часов от часов, которые были спущены первыми, – прямо пропорционально времени t_k пребывания часов наверху: $t_k = (k - 1) T$, где $k \geq 1$ – порядковый номер спущенных часов, T – период повторения спусков ПКЧ.

Таким образом, **ответ** на заданный выше вопрос очевиден: *экспериментальное разделение причин замедления хода часов, возможно*. Непосредственная сверка времени рядом стоящих ПКЧ позволяет исключить использование электромагнитных синхросигналов, посылаемых по вертикали, а одинаковое абсолютное движение всех ПКЧ позволяет *уравнять* замедление их хода при таких перемещениях, и выделить чистое явление – замедление (ускорение) процессов в поле тяготения, узнав, существует ли оно на самом деле. В итоге получаем формулу:

$$\Delta t = (k - 1) T \frac{\phi_0 h}{c^2(R + h)} \quad (17)$$

В чистом виде описанный эксперимент можно провести на Земле на одном из её полюсов.¹ Поскольку современная погрешность сверки времени двух ПКЧ не лучше 1 нс, для обеспечения хорошей точности измерения времени за весь период опыта необходим набег времени $\Delta t \sim 100$ нс.

¹ В случае проведения эксперимента вдали от полюса, результат будет замаскирован точным вращением Земли с добавочной круговой скоростью v движения часов, поднятых на высоту h , а также непредсказуемой величиной интеграла $\int_0^T (\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}) dT$ в формуле (16).

Это даст погрешность эксперимента около 1%.

Пример. Для $k = 2$, $T = 7$ суток = 604800 с, (потенциал на геоиде $\phi_0 = -6,2637 \cdot 10^7$ Дж/кг, полярный радиус $R = 6357$ км), из формулы (17) при $\Delta t = 100$ нс, получаем минимальную высоту подъёма ПКЧ: $\min h = 1,51$ км.¹

Эксперимент с двумя часами, без учёта времени подъёма ПКЧ и времени спуска первых часов, длится неделю. За время $(k - 1)T$ случайный дрейф часов не должен превысить 1 нс. Поэтому относительная нестабильность частоты опорного генератора за одну неделю должна быть не хуже $10^{-9}/60480$, то есть менее $1,7 \cdot 10^{-15}$.

Указанному требованию удовлетворяет водородный стандарт частоты и времени Ч1-95 (масса 100 кг, габариты 55×96×60 см, питание напряжением постоянного тока 27 В, мощность потребления 100 Вт).

Менее стабильные часы вынудили бы сократить продолжительность эксперимента, и заставили бы одновременно увеличить высоту h во столько же раз.

Однако вместо $k = 2$ и $T = 7$ сут. можно выбрать $k = 8$ и $T = 1$ сут. Тогда длительность эксперимента $(k - 1)T = 7$ сут. не изменится, зато повысится достоверность измерений, но увеличатся и расходы.

Точное знание – как ведут себя часы в поле тяготения, помогло бы однозначно ответить и на **вопрос** о существовании, либо не существовании изменения частоты электромагнитной волны при её вертикальном распространении. В следующем пункте этот вопрос исследуется в связи с практикой эксплуатации спутниковых навигационных систем.

6. Разгадка «релятивистских» поправок в ГЛОНАСС.

Вот что можно прочесть о бортовой шкале времени (БШВ) навигационных КА (НКА) и о частотных поправках к скорости хода времени в официальном документе ГЛОНАСС:

«БШВ сигналов НКА формируется и хранится в бортовом синхронизирующем устройстве (БСУ), реализованном на основе атомных стандартов частоты, синхронизируется относительно ШВС² ГЛОНАСС, и распространяется путем передачи навигационных радиосигналов, сформированных на ее основе». [90, с.22]

«В ГЛОНАСС вводятся две релятивистских поправки. Первая поправка обусловлена разностью эффективных гравитационных потенциалов на поверхности земного геоида и на высоте орбиты навигационного

¹ Для этой цели удобен привязной аэростат, поднимаемый тремя разнесёнными и закреплёнными внизу лебёдками. Четвёртая лебёдка, установленная в термостатированной гондоле аэростата, должна поочерёдно опускать ПКЧ по радиокоманде с земли.

² ШВС – шкала времени системы ГЛОНАСС.

спутника. Эта поправка учитывается смещением частоты сигнала, формируемого бортовым стандартом 5,0 МГц на относительную величину $\Delta f/f_{\text{ст.н}} = -4.36 \cdot 10^{-10}$ или $\Delta f = -2.18 \cdot 10^{-3}$ Гц. Т.е. частота сигнала бортового генератора с точки зрения наблюдателя, находящегося на борту НКА, равна 4,99999999782 МГц (для круговых орбит НКА ГЛОНАСС с номинальной высотой 19100 км), а для наземного наблюдателя равна 5,0 МГц.

Вторая релятивистская поправка обусловлена небольшой эллиптичностью орбиты НКА. Текущее значение этой поправки для каждого участка орбиты каждого НКА вычисляется ПКУ¹ и вкладывается в значения параметров, ... передаваемых в 10-й строке навигационного сообщения. Таким образом, в системе ГЛОНАСС учет релятивистских поправок при обработке измерений осуществляется автоматически без участия потребителя». [90, с. 231]

С точки зрения абсолютной динамики, для раскрытия физического смысла приведённых выше числовых данных важно знать ещё период обращения НКА вокруг Земли по круговой орбите в рабочей *ЗБКС (§8): $T_0 = 11 \text{ ч } 15 \text{ мин } 44 \text{ с} = 40544 \text{ с}$ и следующие константы Земли: $\mu = 3,9860 \cdot 10^{14} \text{ м}^3/\text{с}^2$ – гравитационный параметр, $\Omega = 7,2921 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ – абсолютная угловая скорость вращения Земли (УСВЗ) в базовой АКС.

Отсюда получаем: $\omega = 2\pi/T_0$ – угловая скорость обращения НКА в той же *ЗБКС по круговой орбите с радиусом $r = \sqrt[3]{\mu/\omega^2} = 25508 \text{ км}$; $\phi_2 = -\mu/r = -1,5626 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ – гравитационный потенциал на орбите, $v_2 = \omega r = 3953 \text{ м/с}$ – круговая скорость НКА в *ЗБКС, $\mathbf{v}_2 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_2$ – абсолютная скорость НКА, где \mathbf{u} – абсолютная скорость ЦМ Земли.

К счастью, в отличие от задачи, исследованной в пункте 4, вводить круговую скорость для каждого потребителя на своей параллели, нет нужды, так как поле тяжести вращающейся “жидкой” Земли автоматически формирует эквипотенциальную поверхность – *геоид*, потенциал поля тяжести в любом месте которого $\phi_0 = -6,26368 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ равен сумме потенциалов полей ТМ и ИТ: $\phi_0 = -G \iiint dm/r - \frac{1}{2} \Omega^2 H^2 = \text{const}$.

Приращения собственного времени t_1 и t_2 , измеренные идентичными часами №1 на Земле, и №2 на борту НКА, с учётом различия потенциалов ϕ_0 и ϕ_2 и с учётом движения часов №2 со скоростью \mathbf{v}_2 относительно базовой АКС, выражаются по-прежнему формулами (14) и (15), где $\phi_1 = \phi_0$ и $\mathbf{v}_1 = 0$. Подставив в них новые параметры движения, соответствующие системе ГЛОНАСС, получим приращение разности хода часов $dt = dt_1 - dt_2$. Затем разложим приращение dt в ряд Тейлора и проинтегрируем его по длительности эксперимента T , получив разность показаний $\Delta t = t_1 - t_2$ часов №1 и №2 с точки зрения земного наблюдателя:

¹ ПКУ – подсистема контроля и управления системой ГЛОНАСС.

$$\Delta t \cong -\frac{T}{c^2} \left(\phi_2 - \phi_0 - \frac{v_2^2}{2} \right) + \int_{T_H}^{T_H+T} (\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_2) \frac{dT}{c^2} \quad (18)$$

Левое слагаемое в правой части формулы (18) линейно нарастает с течением времени T , то есть моделирует *вековой уход часов* $\Delta t_{\text{век}}$:

$$\frac{\Delta t_{\text{век}}}{T} \cong -\frac{1}{c^2} \left(\phi_2 - \phi_0 - \frac{v_2^2}{2} \right) \quad (19)$$

Подставляя числовые данные в формулу (19), находим отношение $\Delta t_{\text{век}}/T = -4.361 \cdot 10^{-10}$. В официальном документе ГЛОНАСС [90] $\Delta f/f_{\text{ст.н}} = -4.36 \cdot 10^{-10}$. Следовательно, *вековой уход земных часов от часов на орбите объясняется абсолютной динамикой – без привлечения ТО*.

Согласно формуле (19), часть векового ухода земных часов, обусловленная разностью гравитационных потенциалов, составляет $-45,19$ мкс/сутки, то есть эквивалентна относительному смещению частоты эталона времени на величину $-5,23 \cdot 10^{-10}$.

Необходимость поправки частоты ↓	ЧАСЫ+ЭМВ ($\cdot 10^{-10}$)	ЧАСЫ ($\cdot 10^{-10}$)	ЭМВ ($\cdot 10^{-10}$)	
Несущей передатчика	-10,46	-5,23	-5,23	0
Эталона времени БШВ	-5,23	-5,23	0	0

В таблице выше представлены последствия всех возможных сочетаний двух явлений (гипотез), рассмотренных в пункте 5: *гравитационная зависимость темпа хода часов обозначена как ЧАСЫ, ЭМВ – гравитационное изменение частоты электромагнитной волны, ячейка ЧАСЫ+ЭМВ предполагает совместное действие двух названных явлений, а пустая ячейка символизирует их полное отсутствие*.

Подобрать правильный вариант помогает информация из официального документа ГЛОНАСС: *«Несущие частоты всех радиосигналов НКА и тактовые частоты модулирующих последовательностей когерентны и формируются из сигнала БСУ НКА. Номинальное значение частоты на выходе БСУ задается таким образом, чтобы относительно наземного наблюдателя оно составляло около 5,0 МГц и были минимизированы вековые уходы фазы навигационных сигналов НКА вследствие релятивистских эффектов»*. [90, с.30]

Если это – правда, БСУ формирует не только эталонную частоту для БШВ, но и несущую частоту передатчика НКА, которые *когерентны*. Следовательно, *относительная поправка* для указанных частот должна быть одинакова. Поэтому из таблицы следует единственно подходящий вариант – столбец ЧАСЫ, где относительные поправки частоты для несущей пере-

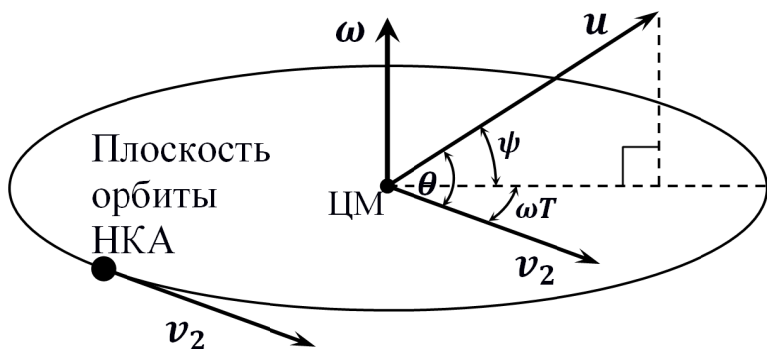
датчика и эталона времени *совпадают* и равны $-5,23 \cdot 10^{-10}$.

Вывод 1. Из информации в официальном документе ГЛОНАСС логически следует, что зависимость частоты опорного сигнала квантовых часов от потенциала поля тяжести реально существует, а изменение частоты электромагнитной волны в гравитационном поле не подтверждается.

Если бы оказались истинными обе гипотезы одновременно, то потребовалась бы *удвоенная* поправка на сдвиг несущих частот всех радиосигналов НКА и тактовых частот модулирующих последовательностей: одна поправка – для компенсации гравитационного увеличения частоты задающего генератора передатчика, находящегося на орбите, а вторая – для компенсации гравитационного увеличения частоты электромагнитной волны, движущейся вниз с орбиты на Землю. (Всё же поправка на сдвиг несущих частот радиосигналов очень мала: <1 Гц, нужно ли её вводить?)

Если бы не было гравитационной зависимости темпа хода часов, то не потребовалась бы гравитационная поправка к частоте эталона времени, выводимого на орбиту, обошлись бы поправкой за движение.

Однако, в отличие от релятивистской теории, формула (18) предсказывает на орбите не только вековой уход времени часов, но и *колебательный* процесс изменения частоты эталона времени вследствие вращения вектора \mathbf{v}_2 с периодом T_0 обращения НКА вокруг Земли. Рассмотрим интегрирование скалярного произведения векторов $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_2$ в формуле (18). На интервалах в несколько суток изменения вектора \mathbf{u} абсолютной скорости ЦМ Земли почти незаметны: $\mathbf{u} \cong \text{const}$, но вектор \mathbf{v}_2 орбитальной скорости НКА вращается в плоскости орбиты НКА относительно рабочей *ЗБКС с угловой скоростью $\omega = 2\pi/T_0$ (см. рисунок ниже).



Обозначения на рисунке: ψ – угол между вектором \mathbf{u} и плоскостью орбиты НКА; θ – угол между векторами $\mathbf{u} \wedge \mathbf{v}_2$; ωT – циклически изменяющийся угол между вектором \mathbf{v}_2 и проекцией вектора \mathbf{u} на плоскость орбиты НКА. Названные три плоских угла образуют трёхгранный угол, в котором двугранный угол между плоскостью орбиты и плоскостью проек-

ции вектора \mathbf{u} на плоскость орбиты – прямой. В этом случае теорема косинусов для трёхгранного угла выражается простой формулой:

$$\cos \theta = \cos \psi \cos \omega T \quad (20)$$

Поскольку $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_2 = u v_2 \cos \theta$, с учётом формулы (20), получаем:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_2 = u v_2 \cos \psi \cos \omega T \quad (21)$$

Тогда амплитуда Δt_u смещения БШВ оказывается равной экстремуму интеграла от $(\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_2) dT/c^2$ за половину периода T_o . Вычисляя её, получаем:

$$\Delta t_u \cong \int_{-T_o/4}^{T_o/4} u v_2 \cos \psi \cos \omega T \frac{dT}{c^2} = T_o \frac{u v_2}{\pi c^2} \cos \psi \quad (22)$$

Подставляя в формулу (22) известные значения T_o и v_2 , получаем $\Delta t_u = 0,17 (u/c) \cos \psi$ (в секундах). В §21 будет показано, что порядок $u/c \sim 10^{-4}$, поэтому, с учётом $0 < |\cos \psi| < 1$, порядок $\Delta t_u \sim \pm 10$ мкс.

Косинус от угла ψ , входящий в формулу (22), индивидуален для каждой из трёх орбит ГЛОНАСС, при этом каждый из косинусов совершает сезонные колебания из-за орбитального обращения Земли вокруг Солнца.

Косвенное подтверждение этого **субстанциального эффекта**, прогнозируемого абсолютной динамикой, нашлось в официальном документе. Дело в том, что погрешность прогнозирования дальности до НКА (по данным альманаха) при входе НКА в зону видимости потребителя оценивается максимальной величиной 2,5 км.¹ В переводе на время получаем 8 мкс!

Вывод 2. Абсолютное движение ЦМ Земли со скоростью \mathbf{u} требует введения *индивидуальной субстанциальной поправки* колебательного типа в бортовую шкалу времени *каждого* НКА с амплитудой, выражаемой формулой (22), и с двумя периодами: меньший период обусловлен обращением НКА вокруг Земли, больший – обращением Земли вокруг Солнца.

По величине этот нерелятивистский эффект в несколько раз меньше, чем подробно рассмотренный вековой уход БШВ. Но ведь и меньший эффект требует *честного* объяснения. Объяснение нашлось, однако, не в официальном документе, а в учебниках по спутниковым системам навигации [91], [92]:

«Коррекция бортовой шкалы производится обычно при уходе, превышающем допустимые значения. ... Длительные наблюдения за **расхождением** этих шкал времени (БШВ и ШВС) позволяют установить его **закономерность** и *прогнозировать* на требуемый момент времени с соответствующей точностью. Прогнозирование *систематической* составляющей ухода обеспечивает возможность осуществления *алгоритмической*

¹ См. ГЛОНАСС ИКД. М. 2016. С. 75.

коррекции бортовой шкалы времени, когда определяется **модель ухода шкалы** и ее параметры, т.е. частотно-временные **поправки**, которые закладываются в память бортового компьютера спутника и в дальнейшем передаются потребителям совместно с эфемеридной информацией». [91] Конец цитаты.

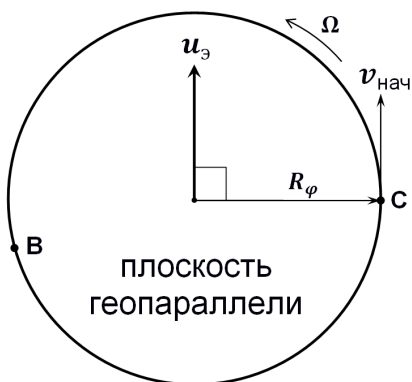
В системе мира Птолемея тоже выяснялась **систематическая закономерность расхождения** теории с наблюдаемыми фактами, а затем добавлялись новые планетные эпициклы для **алгоритмической коррекции** этой эмпирической теории.

В ближайших планах конструкторов ГЛОНАСС – уменьшение погрешности измерения времени до 1 нс, а координат потребителей – до дециметров и сантиметров. Вряд ли эта задача будет решена на основе релятивистской теории, если не уповать на строительство ещё более густой сети наземных станций дифференциальной коррекции. Наземная сеть («псевдоспутники») по существу заменяет собой спутниковую систему, однако создание столь же эффективной сети в Мировом океане нереально.

7. Кругосветные перевозки квантовых часов.

Пусть квантовые часы №0 во время эксперимента покоятся на поверхности Земли в точке Старта С, а двое перевозимых квантовых часов (ПКЧ), идентичных часам №0 и синхронизированных с ними, стартуют одновременно из точки С, перемещаясь с постоянной и одинаковой по величине скоростью v относительно поверхности Земли, вдоль географической параллели, причём ПКЧ №1 – на восток, а ПКЧ №2 – на запад, пока не встретятся с часами №0 снова в точке С в СКС Земли, совершив таким образом кругосветные путешествия. Абсолютная длительность движения ПКЧ зависит от географической широты φ и равна $nT_{зв} = 2\pi R_\varphi / v$, где n – число звёздных периодов вращения Земли, $R_\varphi \cong \bar{R} \cos \varphi$ – радиус геопараллели, \bar{R} – средний радиус Земли.

Угловые перемещения ПКЧ №1 и ПКЧ №2 в СКС Земли за время эксперимента составят, очевидно, $+2\pi$ рад и -2π рад, соответственно. Но в БКС Земли, которая **не** вращается относительно МС (*ЗБКС), точка С переместится за это время в некоторую точку В (см. рис.) на угол $\Phi_0 = \Omega nT_{зв}$, то есть $\Phi_0 = 2\pi n$, где $\Omega = 2\pi/T_{зв}$ – абсолютная угловая скорость вращения Земли относительно МС. Именно в точке В произойдёт Встреча трёх часов.



Добавив по $2\pi n$ к угловым перемещениям ПКЧ №0, ПКЧ №1 и ПКЧ №2 в СКС, получим за время $nT_{\text{зв}}$ угловые перемещения этих часов в *ЗБКС, где они составят Φ_0 , Φ_1 и Φ_2 , соответственно:

$$\Phi_0 = 2\pi n \quad ; \quad \Phi_1 = 2\pi (n + 1) \quad ; \quad \Phi_2 = 2\pi (n - 1) \quad (23)$$

Формулы (23) выражают условие *одновременности* встречи всех часов в результате перевозки. Деля формулы (23) на величину $nT_{\text{зв}}$, равную $2\pi n/\Omega$, получаем угловые скорости: Ω_1 ПКЧ №1 и Ω_2 ПКЧ №2 в *ЗБКС:

$$\Omega_1 = \Omega + \omega = \Omega + \Omega/n \quad ; \quad \Omega_2 = \Omega - \omega = \Omega - \Omega/n \quad (24)$$

где $\omega = 2\pi/(nT_{\text{зв}}) = \Omega/n$ – модуль угловой скорости ПКЧ №1 и ПКЧ №2 в СКС Земли.

Из-за абсолютного движения собственное время каждого часа t_0 , t_1 , t_2 будет отставать от абсолютного времени T согласно формулам (45), §9:

$$dt_0 = \sqrt{1 - v_0^2/c^2} \, dT \quad (25)$$

$$dt_1 = \sqrt{1 - v_1^2/c^2} \, dT \quad (26)$$

$$dt_2 = \sqrt{1 - v_2^2/c^2} \, dT \quad (27)$$

где $\mathbf{v}_0 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_0$; $\mathbf{v}_1 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_1$; $\mathbf{v}_2 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_2$ – абсолютные скорости часов, \mathbf{v}_0 , \mathbf{v}_1 , \mathbf{v}_2 , – их относительные скорости в *ЗБКС, \mathbf{u} – абсолютная скорость ЦМ Земли (переносная скорость поступательно движущейся *ЗБКС, которую считаем ~ постоянной в течение времени $nT_{\text{зв}}$ эксперимента).

Подставляя $\mathbf{v}_0 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_0$ в формулу (25), и учитывая что $\mathbf{v}_0 = \Omega \times \mathbf{R}_0$; $\mathbf{v}_0 = v_\varphi$; $v_\varphi = \Omega R_\varphi$ – модуль относительной скорости геопараллели в *ЗБКС на широте φ , и раскладывая радикал в ряд Тейлора, получаем dt_0 :

$$dt_0 \cong \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2 + 2 \mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_\varphi}{2 c^2} \right) dT \quad (28)$$

Чтобы подготовить скалярное произведение векторов $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_\varphi$ к интегрированию, разложим вектор \mathbf{u} на две компоненты: $\mathbf{u} = \mathbf{u}_\Sigma + \mathbf{u}_\Omega$, где \mathbf{u}_Σ – его векторная проекция на плоскость геопараллели (или экватора), \mathbf{u}_Ω – на ось вращения Земли: $\mathbf{u}_\Omega \uparrow \Omega$. В общем случае направление вектора \mathbf{u}_Σ может быть произвольным, но для укорочения громоздких вычислений проще взять его параллельным вектору $\mathbf{v}_{\text{нач}} = \mathbf{v}_\varphi$ в момент старта эксперимента, когда $T = 0$, как показано на рисунке, а произвольность направления будет обеспечена произвольностью величины n , определяющей момент окончания эксперимента $T = nT_{\text{зв}}$ (n может быть как целым, так и дробным числом). Тогда зависимость $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_\varphi$ от текущего времени T , с учё-

том $\mathbf{v}_\varphi \perp \mathbf{u}_\Omega$, выразится простой формулой:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_\varphi = u_3 v_\varphi \cos \Omega T \quad (29)$$

Подставим правую часть формулы (29) в формулу (28) и, интегрируя (28) по времени T в пределах от 0 до nT_{3B} , получим собственное время часов №0 в момент встречи, как зависимость от абсолютного движения:

$$t_0 \cong nT_{3B} \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2}{2c^2} \right) - \frac{u_3 R_\varphi}{c^2} \sin(2\pi n) \quad (30)$$

Для вычисления t_1 разложим относительную скорость \mathbf{v}_1 ПКЧ №1 на два слагаемых (П1): $\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_\varphi + \mathbf{v}$, тогда подстановка $\mathbf{v}_1 = \mathbf{u} + \mathbf{v}_\varphi + \mathbf{v}$ в формулу (26) и разложение радикала в ряд Тейлора, даёт выражение dt_1 :

$$dt_1 \cong \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2 + v^2}{2c^2} - \frac{\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_\varphi + \mathbf{u} \cdot \mathbf{v} + \mathbf{v}_\varphi \cdot \mathbf{v}}{c^2} \right) dT \quad (31)$$

Здесь $\mathbf{v}_\varphi \cdot \mathbf{v} = v_\varphi v$, так как $\mathbf{v} \uparrow \mathbf{v}_\varphi$. Применяя прежнее разложение вектора $\mathbf{u} = \mathbf{u}_3 + \mathbf{u}_\Omega$, получаем: $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}_\varphi + \mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{u} \cdot (\mathbf{v}_\varphi + \mathbf{v}) = \mathbf{u}_3 \cdot \mathbf{v}_1$. Последнее выражение раскрываем с учётом формулы (24):

$$\mathbf{u}_3 \cdot \mathbf{v}_1 = u_3 (v_\varphi + v) \cos[(\Omega + \omega)T] \quad (32)$$

В результате, формула (31) приобретает вид:

$$dt_1 \cong \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2 + v^2 + 2v_\varphi v}{2c^2} - \frac{\mathbf{u}_3 \cdot \mathbf{v}_1}{c^2} \right) dT \quad (33)$$

Подставляем правую часть формулы (32) в формулу (33) и, интегрируя последнюю по времени T в пределах от 0 до nT_{3B} , получаем собственное время ПКЧ №1 в момент встречи, тоже как функцию от абсолютного движения:

$$t_1 \cong nT_{3B} \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2 + v^2 + 2v_\varphi v}{2c^2} \right) - \frac{u_3 R_\varphi}{c^2} \sin(2\pi n) \quad (34)$$

Несмотря на то, что t_0 и t_1 зависят от \mathbf{u} , их разность $\Delta t_1 = t_1 - t_0$ не обнаруживает такую зависимость при сличении времён при встрече:

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0 \cong -nT_{3B} \left(\frac{v_\varphi v + v^2/2}{c^2} \right) \quad (35)$$

Вычисление t_2 отличается от вычисления t_1 тем, что скорость \mathbf{v} направлена противоположно скорости \mathbf{v}_φ : $\mathbf{v} \downarrow \mathbf{v}_\varphi$, поэтому $\mathbf{v}_\varphi \cdot \mathbf{v} = -v_\varphi v$. Кроме того, по формулам (23) и (24) вместо $(n+1)$ будет $(n-1)$, а вме-

сто $(\Omega + \omega)$ будет $(\Omega - \omega)$. С учётом этих изменений легко получаются формулы для dt_2 , t_2 и $\Delta t_2 = t_2 - t_0$:

$$dt_2 \cong \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2 + v^2 - 2v_\varphi v}{2c^2} - \frac{\mathbf{u}_3 \cdot \mathbf{v}_2}{c^2} \right) dT \quad (36)$$

$$\mathbf{u}_3 \cdot \mathbf{v}_2 = u_3 (v_\varphi - v) \cos[(\Omega - \omega)T] \quad (37)$$

$$t_2 \cong nT_{3B} \left(1 - \frac{u^2 + v_\varphi^2 + v^2 - 2v_\varphi v}{2c^2} \right) - \frac{u_3 R_\varphi}{c^2} \sin(2\pi n) \quad (38)$$

$$\Delta t_2 = t_2 - t_0 \cong -nT_{3B} \left(\frac{-v_\varphi v + v^2/2}{c^2} \right) \quad (39)$$

Одновременность встречи всех часов позволяет также сличить показания и перевозимых ПКЧ №1 и ПКЧ №2:

$$\Delta t_{12} = t_1 - t_2 \cong -nT_{3B} \frac{2v_\varphi v}{c^2} \quad (40)$$

В данном эксперименте, судя по формуле (40), удачно компенсируется всегда возникающая при движениях квадратичная составляющая v^2/c^2 , следовательно, необходимость в покоящихся часах отпадает. Однако в этом эксперименте, вместо ожидаемого измерения абсолютной скорости поступательного движения Земли мы обнаруживаем только её абсолютное вращение с линейной скоростью геопараллели $v_\varphi = \Omega R_\varphi$.

В случае *несимметричного* движения ПКЧ №1 и ПКЧ №2 в СКС Земли, формула (40) не пригодна, тогда применяем формулы (35) и (39), в которых величины n и v заменяем величинами n_1 , v_1 и n_2 , v_2 . Если же перевозка ПКЧ происходит на разных высотах, то необходимо учесть и гравитационные эффекты изменения частоты генерации квантовых часов.

Гравитационный набег времени Δt_g зависит только от разности потенциалов в поле тяжести и от продолжительности эксперимента. Воспользуемся формулой (17), положив в ней $k = 2$ и $T = n T_{3B}$:

$$\Delta t_g = n T_{3B} \frac{\phi_0 h}{c^2(R + h)} \quad (41)$$

Проверим наши субстанциальные формулы на примере рекламного эксперимента Хафеле-Китинга, осуществлённого в 1971 году. По данным [148] (см. табл. далее), **перелёт на восток** длился 65,42 ч, то есть $n_1 = 2,733$ зв. сут., на средней высоте $h_1 = 8900$ м, при средней северной широте $\varphi_1 = 34^\circ$, $R = 6371$ км. Формула (41) даёт гравитационный вклад

$\Delta t_{g1} = +229$ нс. Но релятивистская таблица [148] даёт +144 нс, что составляет 63% от нашего Δt_{g1} . Отсюда находим суммарное полётное время как 63% от 65,42 ч, то есть 41,2 ч полёта плюс сутки простоя, следовательно, в среднем примерно по полтора часа ожидания между 15-ю авиарейсами.

Разность показаний путешествовавших и остававшихся на месте часов, наносекунды				
При движении	Вычисленная (предсказанная)			Измеренная фактически
	Гравитационный вклад (ОТО)	Кинематический вклад (СТО)	Общий вклад (ОТО + СТО)	
На восток	+ 144 ± 14	- 184 ± 18	- 40 ± 23	- 59 ± 10
На запад	+ 179 ± 18	+ 96 ± 10	+ 275 ± 21	+ 273 ± 7

Вклад за счёт абсолютного движения (в отличие от ТО, будем называть его *динамическим* вкладом), кроме реальной длительности полёта 41,2 ч, зависит от её относительной скорости: по данным [148] средняя скорость равна $v_1 = 243$ м/с. А также от линейной скорости геопараллели v_φ , радиус R_φ которой находим по формуле (41), §13 (добавляя высоту перелёта): $R_{\varphi1} = 5300$ км. Отсюда $v_{\varphi1} = \Omega R_{\varphi1} = 386$ м/с. Формула (35) даёт *динамический* вклад $\Delta t_1 = -204$ нс. Но таблица даёт кинематический вклад СТО -184 нс, что составляет 90% от нашего Δt_1 . Разницу в 10% можно легко объяснить не параллельностью авиамаршрутов геопараллелям: можно подсчитать, что среднее отклонение составило более 25°.

Перелёт на запад длился 80,33 ч, то есть $n_2 = 3,356$ зв. сут., на средней высоте $h_2 = 9360$ м, при средней северной широте $\varphi_2 = 31^\circ$, $R = 6372$ км. Формула (41) даёт *гравитационный* вклад $\Delta t_{g2} = +296$ нс. Но таблица даёт +179 нс, что составляет 61% от нашего Δt_{g2} . Отсюда находим суммарное полётное время 48,6 ч, то есть более 30 ч простоя – в среднем по два часа ожидания между 17-ю авиарейсами.

Данные [148] для расчёта *динамического* вклада: длительность полёта 48,9 ч, средняя величина относительной скорости полёта $v_2 = -218$ м/с, средний радиус геопараллели по формуле (41), §13: $R_{\varphi2} = 5480$ км, средняя линейная скорость геопараллели $v_{\varphi2} = \Omega R_{\varphi2} = 400$ м/с. Формула (39) даёт *динамический* вклад $\Delta t_2 = +124$ нс. Но таблица даёт кинематический вклад СТО +96 нс, что составляет лишь 77% от нашего Δt_2 . Разницу в 23% можно снова объяснить не параллельностью авиамаршрутов геопараллелям: среднее отклонение маршрутов от географических парал-

лелей при перелётах на запад оказалось гораздо больше: почти 40° . Впрочем, это заметно и по расположению транзитных аэропортов на глобусе.

Странно то, что погрешность *вычислений* (десятки нс для общего вклада – см. таблицу) оказалась больше погрешности *измерений* (единицы нс). Если это так, то *неоднозначная* релятивистская теория не пригодна для обоснования точности измерений в области своей ответственности.

Не менее странна попытка объяснения сторонниками ТО *противоположных знаков* кинематического вклада СТО при движении ПКЧ: на восток -184 нс, а на запад $+96$ нс, *оптическим* эффектом Саньяка [148], (П2, п.7), который необоснованно привлечён для объяснения *механического* эксперимента. К тому же, *абсолютность* обсуждаемого эффекта свидетельствует не в пользу принципа относительности. Неутешительный для ОТО вывод подтверждается и фразой о выборе «*системы отсчёта, покоящейся относительно центра Земли*» [148], при полном **умолчании о направлениях координатных осей** – наивная попытка *замаскировать* отсутствие вращения координат относительно мировой среды, ведь Эйнштейн “отменил” её в 1905 году, причём навсегда (§1).

Важно понять следующее: само существование *инерциальных систем отсчёта*, тщательно ориентируемых на квазары, *навсегда* останется неразрешимой загадкой для сторонников ТО (см. также ответ на вопрос 25). Поэтому им остаётся только *постулировать существование инерциальных систем отсчёта* [40], не обращая внимания на возникающий в результате такого постулирования *логический круг*.¹

В качестве тренировки автор предлагает заинтересованным читателям доказать полезную *теорему*.

Теорема. Двое идентичных квантовых часов сверяют и синхронизируют в точке А, находящейся на поверхности Земли. Одни часы оставляют в точке А, а другие перевозят *горизонтально* вдоль географической параллели с постоянной скоростью v в течение времени t_1 до точки В, где часы будут находиться в покое в СКС Земли в течение произвольно выбранного времени t_2 . Затем эти часы возвращают *обратно* по тому же маршруту и с той же скоростью к часам, оставленным в точке А, и вновь сверяют время названных часов.

Доказать, что несмотря на *абсолютное движение* ЦМ Земли со скоростью u и *абсолютное вращение* географической параллели с линейной скоростью v_ϕ , результаты сверки часов не обнаружат абсолютного движения Земли, если точность измерений ограничена обнаружением величин только первого и второго порядка вида: u/c , v_ϕ/c , uv_ϕ/c^2 , u^2/c^2 , v_ϕ^2/c^2 .

¹ Логический круг [160, с.30] – это и есть «*величайший во всём естествознании триумф логического мышления*»? (См. §4 и [28])

§21. Вычисление абсолютной скорости Солнечной системы

Введение. В §20 и в П2 мы могли убедиться в том, что уверенное экспериментальное обнаружение абсолютной скорости, скрытой во множестве сопутствующих факторов, оказалось необычно трудной задачей. Исключением из этого правила было исследование вращения перигелия Меркурия (§16), которое доказало не только реальность абсолютного движения ЦМ Солнца, но и установило нижнюю границу указанной скорости, равной 19,2...23,2 км/с. С момента этого исследования минуло четверть века и автор намеревался опубликовать данную книгу, но случайно ему попала в руки монография Н.С. Сидоренкова «Физика неустойчивостей вращения Земли» [180], благодаря которой и возникла идея написать заключительный параграф. Здесь кратко рассмотрены разные *причины переменности* угловой скорости Ω вращения Земли (УСВЗ) и более детально – причина её необычно *стабильного* летнего ускорения на фоне различного рода случайных факторов.

Как известно, измерения Ω производятся с твёрдой поверхности Земли, следовательно, причины изменений Ω есть *внешние* воздействия на литосферу и их нетрудно классифицировать. Очевидны три вида *контактных* силовых взаимодействий: 1) земной поверхности с атмосферой [180]; 2) вод Мирового океана с его дном и берегами [177]; 3) подошвы литосферы с её пластичной подстилкой – астеносферой [178]. Добавим два *дальнодействующих* явления: 4) лунно-солнечные приливные деформации формы Мирового океана [177], литосферы [186] и астеносферы; 5) гравитационную дифференциацию земных недр [184].

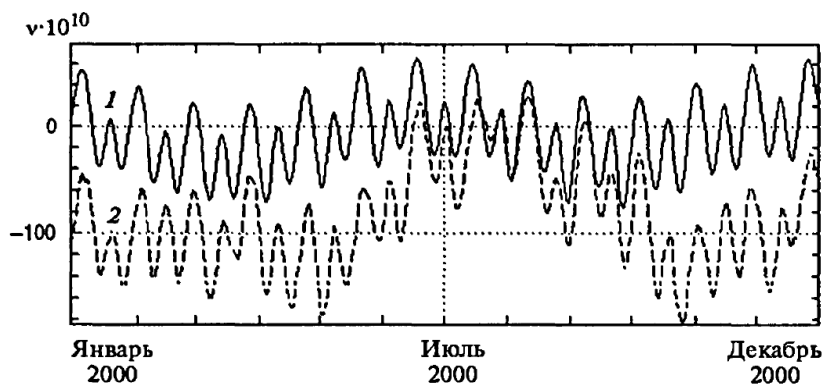
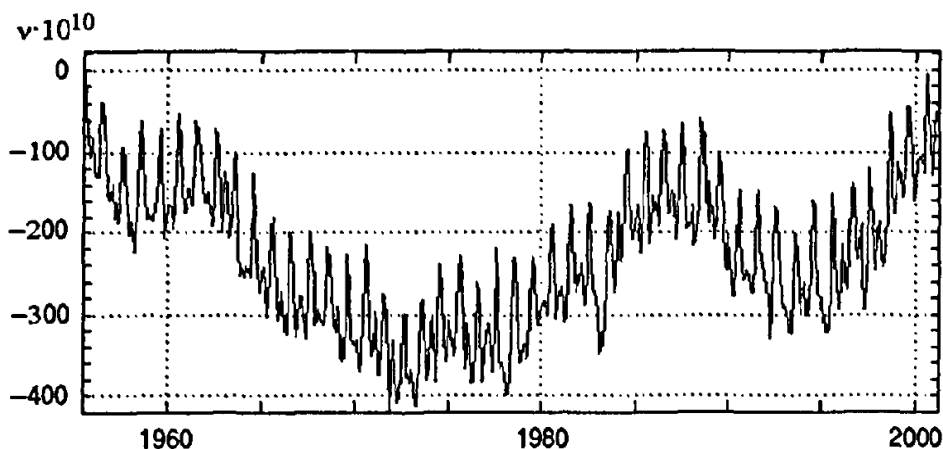


Рис. 1.3. Ход суточных значений скорости вращения Земли в 2000 г. Кривая (1) вверх — прогноз приливных колебаний величин v , а кривая (2) вниз — данные наблюдений

На рисунке выше, заимствованном из монографии [180, с.28], показаны теоретически вычисленные колебания *относительного изменения* УСВЗ $v = \Delta\Omega/\Omega$ (умноженной на 10^{10}) в течение 2000 года (кривая 1).

Величины *регулярных* деформаций растяжения, сжатия, сдвига и изгиба формы Мирового океана, астеносферы и литосферы, порождаемые лунно-солнечными приливами, существенно зависят от меняющегося расстояния до Луны и от относительного расположения Солнца (§10). Они влекут закономерные колебания момента инерции I Земли, её угловой скорости Ω и периода вращения $T = 2\pi/\Omega$ относительно МС. Кривая 2 – *измеренное* колебание, на ней чётко виден упомянутый выше летний выброс УСВЗ, который не удавалось полностью объяснить известными теориями.

Помимо регулярных, случаются и *скачкообразные* изменения T от сотен мкс до единиц мс за сутки, которые могут быть вызваны естественными вертикальными перемещениями больших масс, например, всплыванием (затоплением) твёрдых фрагментов в жидком ядре Земли после того как они откололись от границы твёрдого внутреннего ядра (или от нижней границы мантии) [184, с.103]. Процесс уменьшения гравитационной энергии Земли, то есть перемещение фрагментов, содержащих более плотные минералы, в направлении центра Земли, а менее плотных – вверх (гравитационная дифференциация недр), идёт самопроизвольно, он ведёт к уменьшению момента инерции I Земли и к ускорению её вращения. Гравитационная дифференциация может идти не только на границах жидкого ядра Земли, где её возбудителем может быть выделение продуктов *ядерных реакций* деления радиоактивных химических элементов, но и в зонах океанических разломов (раздвижения) литосферных плит, а также в зонах их столкновения – там, где астеносфера, непрерывно разогреваемая совместным приливным трением Луны и Солнца, приобретает полужидкое состояние – наиболее наглядно в очагах под вулканами зон субдукции и рифтовых зон [184] (см. также ответ на вопрос 34).



На графике выше, заимствованным из [180, с.27], показан ход *среднемесячной* величины относительного изменения УСВЗ $\nu = \Delta\Omega/\Omega$, на ин-

тервале с 1957 по 2001 г, где ежегодный летний выброс v (как и на предыдущем графике) имеет размах Δv порядка 10^{-8} . В итоге усреднения данных за каждый месяц, из графика автоматически исчезла информация о регулярных лунно-солнечных приливах с периодами меньше месяца. Зато на многолетнем графике раскрылась картина *конкуренции торможения* вращения Земли (среднегодовые значения v убывают), и наоборот – *ускорения* вращения Земли (среднегодовые значения v возрастают). В главе 9 монографии [180] нерегулярные межгодовые колебания скорости вращения Земли, которые многократно превышают эффекты приливного трения, объясняются механическим взаимодействием земной поверхности с подвижной атмосферой – трением ветров о неровности поверхности.

Сопоставление теоретически вычисленных моментов полных солнечных затмений на конкретной местности с датами исторически достоверных их наблюдений, происходивших тысячи лет назад, доказывает, что в конкуренции торможения и ускорения вращения Земли побеждает всё же торможение. Итоговое *вековое торможение*, как результат конкуренции *регулярного* действия приливного трения и *стохастических* процессов, увеличивает период T вращения Земли приблизительно на 2 мс за сто лет [179, с.114], [181], то есть средний шаг изменения T равен 55 нс/сутки. Суммируя арифметическую прогрессию изменения всех суток, получаем вековой *уход времени* за 1 год примерно на 3,7 мс, за 10 лет – на 0,37 с, за 100 лет – на 37 с, за 1000 лет – на 1 час, за 2000 лет – на 4 часа [180, с.30], разумеется, если для астрономических прогнозов солнечных затмений в качестве не очень стабильного эталона времени используется период вращения Земли. Однако *непредсказуемая* изменчивость стохастических факторов делает эти прогнозы абсолютно ненадёжными для малых промежутков времени.

Вернёмся к главной теме данного параграфа – **причине ежегодных летних выбросов v** , которые хорошо видны и на последнем графике, где каждые 5 лет уверенно отмечается 5 больших положительных выбросов.

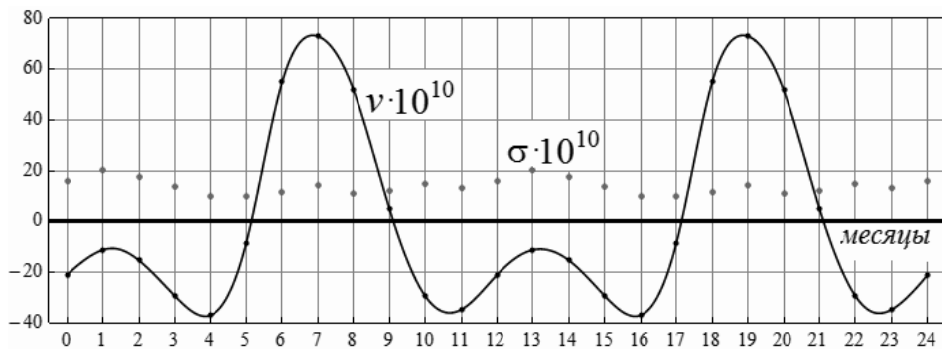
Чтобы *детально* рассмотреть ход графика, увеличим его масштаб по оси времени до 1...2 лет. Нам помогут таблицы величин относительного изменения УСВЗ $v = \Delta\Omega/\Omega$, усреднённые за *каждый месяц* конца 20 века, помещённые в приложении ПЗ монографии [180, с.358-360], где все *многолетние* межгодовые изменения, о которых шла речь выше, в том числе и все *приливные* эффекты, автор [180] исключил «скользящим вычитанием» [180, с.32, П1, П2]. После такой полезной обработки всё равно остался значительный разброс v по каждому конкретному месяцу, в зависимости от года.

Поэтому, выбрав промежуток в 36 лет (он приближённо *кратен* двум периодам вращения перигея Луны и четырём периодам вращения лунных узлов), например с 1964 по 1999 годы, вычислим по таблице ПЗ

[180] среднее значение v за 36 лет *отдельно* для каждого месяца,¹ а также *среднеквадратичные отклонения* σ от среднемесячных значений:

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$v \cdot 10^{10}$	-20,8	-11,0	-15,2	-29,3	-36,8	-8,2	55,1	73,1	51,8	5,3	-29,3	-34,6
$\sigma \cdot 10^{10}$	16,0	20,5	17,8	13,8	10,1	10,0	11,5	14,2	11,0	12,2	14,9	13,1

По этой таблице вычислена интерполяционная функция и ниже построен её график, на котором координаты среднемесячных значений v отмечены точками и соединены сплайнами 3 степени. Чтобы *характер* годичной периодичности стал наглядным, период времени, равный 12 месяцам, повторён:



Для удобства, среднеквадратичные отклонения σ от интерполяционной кривой показаны на этом же графике отдельными точками для каждого месяца. Отметим важный факт: сигмы для *января* и *февраля* *больше* модулей среднемесячных значений v , а для *июля* и *августа* — наоборот — летний выброс v оказывается в 5 раз больше сигм, соответствующих этим месяцам. **Вывод: большой и стабильный летний выброс УСВЗ**, наблюдаемый на *всех* графиках и достигающий в максимуме $73 \cdot 10^{-10}$, **имеет не стохастическую, а детерминированную природу**. Стабильное летнее ускорение вращения Земли объясняется субстанциальной динамикой.

1. Субстанциальные динамические процессы основаны на известных эффектах FLL (§5), как установленных ранее *зависимостях* (§9) от абсолютной скорости: мгновенной массы частиц (М-эффект), темпа хода квантовых часов (Т-эффект), **контракции** атомов и **конденсированных** тел (К-эффект), величины которых меняются с годичным периодом.

Существует ещё один эффект, дополняющий эффекты FLL.

D-эффект есть периодическая *деформация* планетных недр, которая следует из закона тяготения, эффектов М и К, порождая периодическое уменьшение радиуса инерции R_i планеты. Суть D-эффекта в том, что Ло-

¹ На *начало* каждого месяца, поскольку так указано в таблицах ПЗ [180].

ренцево увеличение массы Земли и контракция её недр вызывают периодическое усиление напряжённости поля ТМ (§10) *внутри* Земли $g(r) = G\gamma m_0(r)/r^2$ ($0 \leq r \leq R$), которая растёт вместе с массой $m(r) = \gamma m_0$, заключенной *внутри* сферы с текущим радиусом r . Нарастающее силовое поле $g(r)$, преодолевая упругое давление земных недр, увеличивает не только деформацию их сжатия, но *одновременно и само усиливается*, вследствие уменьшения каждого радиуса r . Процесс гравитационного сжатия Земли продолжается до тех пор, пока упругое противодействие недр в виде давления $p(r)$, которое нарастает круче роста напряжённости $g(r)$, не уравнивает действие сил тяготения на всех радиусах r .

Процессы М, Т, К, D обратимы: через полгода они идут в обратном направлении. **Во время увеличения абсолютной скорости ЦМ Земли** процесс М увеличивает момент инерции J пропорционально массе Земли, равной $M = \gamma M_0$: $J = MR_i^2 = \gamma M_0 R_i^2$ (M_0 – масса покоя), замедляя УСВЗ в γ раз (по сравнению с состоянием абсолютного покоя ЦМ Земли), а процесс Т замедляет ход квантовых часов тоже в γ раз, по этой причине *измерения периода вращения Земли с помощью квантовых часов не позволяют отделить чистые эффекты М и Т друг от друга и обнаружить их* (незначительными изменениями хода квантовых часов в течение суток мы здесь пренебрегаем). В то же самое время, эффекты М и К дополнительно усиливаются D-эффектом, который уменьшает квадрат радиуса инерции Земли R_i^2 , объясняя тем самым реальную причину периодического летнего выброса v на всех рассмотренных выше графиках.

Для расчёта D-эффекта автор применил упрощённую математическую модель земных недр (см. таблицу формул далее), в которой плотность недр $\rho(r)$, поле ТМ $g(r)$, давление в недрах $p(r)$ и модуль объёмного сжатия $K(r)$ распределены по текущему радиусу $0 \leq r \leq R$ *сферически симметрично*. В данной модели связь трёх параметров недр $\rho(r)$, $g(r)$ и $p(r)$ определяется решениями (7) и (8) системы дифференциальных уравнений (5), (6). Уравнение (5) *однозначно* определяет функцию $g(r)$, если задано распределение плотности недр $\rho(r)$, а уравнение (6) есть следствие закона Архимеда для равновесия тел внутри *гравитирующей жидкости*. Простейшая модель, в которой плотность недр $\rho(r)$ (1) задана *линейно* нарастающей от ρ_0 на поверхности, до ρ_c в ЦМ Земли ($k = \rho_0/\rho_c$), позволяет одновременно и с достаточной точностью связать значения нескольких реальных геофизических величин: массы Земли M (2), момента её инерции J (3), радиуса инерции R_i (4), а также напряжённости (7) поля ТМ $g(r)$ в ЦМ Земли ($g = 0$) и на её поверхности (при $r = R$).

Несмотря на то, что более $\frac{2}{3}$ массы Земли находится в *твёрдом* состоянии, а *линейная* модель распределения плотности недр (1) сильно отличается от реального скачкообразного характера на границах жидкого ядра, сравнение решения (8) для модельного давления $p(r)$ с давлением в

земных недрах по таблицам Жаркова [184, с.148], показывает хорошее совпадение формулы (8) с максимальной погрешностью лишь 8,2% в ЦМ Земли. Это расхождение скомпенсировано в формуле (8) множителем $\Upsilon = 1,082$. Скачки реального модуля объёмного сжатия $K(r)$ в недрах Земли, согласно [184], не очень велики, поэтому не только плотность $\rho(r)$, но и функция $K(r)$ аппроксимирована *линейной* зависимостью (9), где K_0 и K_c – модули объёмного сжатия на поверхности и в ЦМ Земли, соответственно, а их отношение: $u = K_0/K_c$.

(1)	$\rho(r) = \frac{3M[1 - (1 - k) r/R]}{\pi R^3(1 + 3k)} ; \quad k = \frac{\rho_0}{\rho_c}$	$\rho_0 = 2688 \text{ кг/м}^3$ $\rho_c = 13992 \text{ кг/м}^3$
(2)	$M = \frac{\pi}{3}(1 + 3k)\rho_c R^3 ; \quad R = 6371 \text{ км} ; \quad M = 5,973 \cdot 10^{24} \text{ кг}$	
(3)	$J = M R_i^2$ $J = 8,041 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$	$R_i^2 = R^2 \frac{4(1 + 5k)}{15(1 + 3k)} ; \quad R_i = 3669 \text{ км}$
(4)		
(5)	$r g'(r) + 2 g(r) = 4\pi G r \rho(r)$	$p'(r) + g(r) \rho(r) = 0$
(6)		
(7)	$g(r) = \frac{GM}{R^2(1 + 3k)} \left[4 - 3(1 - k) \frac{r}{R} \right] \frac{r}{R}$	$g(R) = 9.82 \text{ Н/м}$ $g_{\max}(r) = 10.3 \text{ Н/м}$
(8)	$p(r) = \frac{GM^2 \left\{ 5 + 10k + 9k^2 - \frac{r^2}{R^2} \left\{ 24 - (1 - k) \frac{r}{R} \left[28 - 9(1 - k) \frac{r}{R} \right] \right\} \right\}}{4 \pi R^4 (1 + 3k)^2} \Upsilon$	
(9)	$K(r) = K_c \left[1 - (1 - u) \frac{r}{R} \right] ; \quad u = \frac{K_0}{K_c}$	$K_0 = 10^{11} \text{ Па}$ $K_c = 15 \cdot 10^{11} \text{ Па}$
(10)	$\Delta V_0 = - \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta \int_0^R \frac{p(r)}{K(r)} r^2 dr = - \frac{GM_0^2 \Upsilon}{K_c R} f(k, u)$	$f(k, u) = 0,574$
(11)	$\Delta V_s = - \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta \int_0^{R_s} \frac{p_s(r)}{K_s(r)} r^2 dr = - \gamma^2 s \frac{GM_0^2 \Upsilon}{K_c R} f(k, u)$	

Хотя вариация скорости вращения Земли за счёт изменения её массы (М-эффект) оказывается скомпенсированной Т-эффектом при измерениях квантовыми часами, зато благодаря К- и Д-эффектам *становится возможным обнаружение вариаций радиуса инерции Земли*. С этой целью введём параметр D, равный квадрату отношения наибольшего и наименьшего радиуса инерции Земли в течение года:

$$(12) \quad D = \left(\frac{\max R_i}{\min R_i} \right)^2 \quad ; \quad D = D_1 D_2 D_3 \quad (13)$$

Чтобы упростить последующие вычисления, выделим в обсуждаемом эффекте три существенные фазы: ДМ-эффект, К-эффект, ДК-эффект, которые изменяют квадрат радиуса инерции Земли в экстремальных точках её орбиты, соответственно в D_1 , D_2 и D_3 раз (формула (13)).

ДМ-эффект есть сокращение объёма шаровой Земли как следствие М-эффекта. Если Земля покоится относительно АКС, а её недра абсолютно упруги, то мысленный эксперимент по *отключению* поля ТМ Земли увеличит её исходный (сжатый) объём $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ до одной и той же *максимальной* величины $V_0 = \frac{4}{3} \pi R_0^3$ – независимо от величины предыдущего, сжатого тяготением объёма V . Если снова *включить* поле ТМ, его силовое воздействие восстановит объём V . Результатом включения поля ТМ будет изменение объёма Земли на $\Delta V_0 = V - V_0$. Если же перед *включением* поля ТМ увеличить массу каждой частицы, а значит и всей Земли M_0 , в γ раз, то последующее включение поля ТМ сократит радиус Земли до величины $R_s = R/s$, а её объём – до $V_s = \frac{4}{3} \pi R_s^3$ в зависимости от величины γ , где $s > 1$ – искомый коэффициент сжатия радиуса R (и радиуса инерции R_i – тоже). Сокращения объёмов, в первом случае на ΔV_0 , а втором случае на $\Delta V_s = V_s - V_0$, определяются формулами (10) и (11). В формуле (11) $p_s(r)$ и $K_s(r)$ отличаются от $p(r)$ (8) и $K(r)$ (9) заменой всюду R на R/s и заменой M_0 на γM_0 . Искомый ДМ-эффект сжатия объёма Земли на величину $\Delta V < 0$ равен разности $\Delta V_s - \Delta V_0$ двух вычисленных объёмов:

$$\Delta V = \frac{4}{3} \pi R^3 \left(\frac{1}{s^3} - 1 \right) = (1 - \gamma^2 s) \frac{GM_0^2}{K_c R} \gamma f(k, u) \quad (14)$$

Численное решение уравнения (14) для s – неизвестного коэффициента сжатия радиуса, при условии близости γ к 1, даёт простую *аппроксимацию* для s и для D_1 – отношения квадратов наибольшего и наименьшего радиуса инерции Земли в точках земной орбиты с экстремальными значениями Лоренц-факторов γ_1 и γ_2 ($\gamma_2 > \gamma_1$):

$$(15) \quad s = 1 + \frac{\gamma - 1}{10} \quad ; \quad D_1 = \left(\frac{s_2}{s_1} \right)^2 = 1 + \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{5} \quad (16)$$

где $s_2 > s_1$ – коэффициенты сжатия радиуса для Лоренц-факторов γ_2 и γ_1 .

К-эффект (Лоренцева контракция) превращает шар в эллипсоид вращения (П2, п.5), сжатый в γ раз параллельно вектору \mathbf{v} абсолютной скорости шара: $b = R/\gamma$ – *малая полуось* эллипсоида, R – радиус исходного шара. *Математическая модель* земных недр с *линейно-эллипсоидальным* распределением плотности $\rho(r, \theta)$ (17) вдоль текущего радиуса $0 \leq r \leq R(\theta)$, где $R(\theta)$ – уравнение (18) поверхности Лоренцева эллипсоида вращения, с углом $\theta = \mathbf{v} \wedge \mathbf{r}$ в сферической КС, представлена в

следующей таблице:

(17)	$\rho(r, \theta) = \frac{3M[1 - (1 - k) r/R(\theta)]}{\pi b R^2(1 + 3k)}$	$R(\theta) = R / \sqrt{\sin^2 \theta + (R^2/b^2) \cos^2 \theta}$	(18)
(19)	$(R_{i2R})^2 = R^2 \frac{4(1 + 5k)}{15(1 + 3k)} \frac{1 + b^2/R^2}{2}$	$(R_{i\psi})^2 = \frac{4(1 + 5k)}{15(1 + 3k)} \left(R^2 \cos^2 \psi + \frac{R^2 + b^2}{2} \sin^2 \psi \right)$	(20)

При контракции шара все частицы Лоренцева эллипсоида (кроме частиц в плоскости его экватора) оказываются ближе к центру тела. Поэтому квадрат радиуса инерции (19) Лоренцева эллипсоида относительно большой оси $2R$ меньше квадрата радиуса инерции исходного шара (4):

$$\left(\frac{R_i}{R_{i2R}} \right)^2 = \frac{2}{1 + b^2/R^2} = \frac{2}{1 + 1/\gamma^2} \approx \gamma \quad (21)$$

Однако квадрат радиуса инерции относительно малой оси $2b$ сохраняется таким же, как у шара (4). В реальности вектор \mathbf{v} не коллинеарен и не перпендикулярен вектору $\boldsymbol{\Omega}$ УСВЗ, образуя с ним периодически меняющийся в течение года угол $\psi = \boldsymbol{\Omega} \wedge \mathbf{v}$. В этом общем случае квадрат радиуса инерции $(R_{i\psi})^2$ Лоренцева эллипсоида вычисляется по формуле (20).

Найдём отношение квадратов радиусов инерции D_2 в двух точках земной орбиты с экстремальными значениями Лоренц-факторов γ_1 и γ_2 , и с соответствующими им углами ψ_1 и ψ_2 , используя формулу (20) два раза, и учитывая приближение (21) (если γ_1 и γ_2 близки к 1):

$$D_2 = \frac{\cos^2 \psi_1 + \frac{1}{\gamma_1} \sin^2 \psi_1}{\cos^2 \psi_2 + \frac{1}{\gamma_2} \sin^2 \psi_2} \quad (22)$$

ДК-эффект. Лоренцева контракция, уменьшая объём Земли в γ раз (при той же массе), увеличивает тем самым её плотность (17) во всех точках в γ раз. Это влечёт усиление поля ТМ в недрах Земли, сжатой по Лоренцу. Снова возникает Д-эффект, который отличается от исследованного выше ДМ-эффекта только *способом увеличения плотности* в γ раз. Здесь плотность возрастает вследствие сокращения объёма Земли без изменения массы, а в ДМ-эффекте – вследствие увеличения массы каждой частицы Земли без изменения её объёма. Поскольку в обеих ситуациях первопричина роста плотности недр сама по себе не повышает давления в недрах (Лоренцева контракция определяется внутриаомными эффектами и не зависит от классических сил упругости, по этой причине сама контракция не изменяет давлений в недрах Земли.), как следствие, можно ожидать *одинакового* сжатия объёма Земли (и радиуса инерции) Д-эффектом в ДМ- и ДК-процессах (см. формулу (16)):

$$D_3 = 1 + \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{5} \quad (23)$$

Подставляя выражения D_1 , D_2 , D_3 из формул (16), (22), (23) в формулу (13), находим квадрат *отношения* наибольшего и наименьшего радиуса инерции Земли в течение года, выраженного через γ_1 , γ_2 и углы ψ_1 , ψ_2 :

$$D = \left[1 + \frac{2}{5}(\gamma_2 - \gamma_1) \right] \frac{\cos^2 \psi_1 + \frac{1}{\gamma_1} \sin^2 \psi_1}{\cos^2 \psi_2 + \frac{1}{\gamma_2} \sin^2 \psi_2} \quad (24)$$

Относительный размах годичного изменения УСВЗ $v_s(t)$, обусловленный периодическим колебанием радиуса инерции Земли вследствие К- и D-эффектов, который назовём *субстанциальным размахом* Δv_s , равен:

$$\Delta v_s = D - 1 = \left[1 + \frac{2}{5}(\gamma_2 - \gamma_1) \right] \frac{\cos^2 \psi_1 + \frac{1}{\gamma_1} \sin^2 \psi_1}{\cos^2 \psi_2 + \frac{1}{\gamma_2} \sin^2 \psi_2} - 1 \quad (25)$$

Для вычисления временной зависимости $v_s(t)$ можно в формуле (25) приравнять $\gamma_1 = 1$ & $\gamma_2 = \gamma$ & $\psi_2 = \psi$. Считая, как и раньше, что γ близка к 1, после упрощений получаем приближённую формулу:

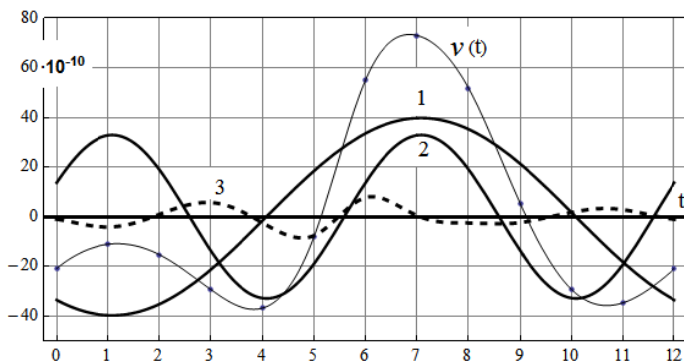
$$v_s(t) = (\gamma - 1) \left(\frac{2}{5} + \sin^2 \psi \right) \quad (26)$$

где $\gamma = 1/\sqrt{1 - \mathbf{v}^2/c^2}$; $\mathbf{v} = \mathbf{v}(t)$ – абсолютная скорость ЦМ Земли; угол $\psi(t) = \boldsymbol{\Omega} \wedge \mathbf{v}(t)$, а его синус вычисляется через векторное произведение:

$$\sin \psi(t) = \frac{|\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}(t)|}{\Omega v(t)} \quad (27)$$

Спектральный анализ интерполяционной зависимости $v(t)$ даёт относительную *амплитуду годичной гармоники* $v_1 = 39,8 \cdot 10^{-10}$ с размахом $\Delta v_1 \cong 80 \cdot 10^{-10}$, максимумом 3 августа и минимумом в начале февраля.

На графике справа, где $v(t)$ ещё раз построена по точкам, её годичная гармоника отмечена цифрой 1, вторая гармоника – цифрой 2, а штриховой линией 3 показана *разностная* кривая,



полученная вычитанием из $v(t)$ суммы двух названных гармоник. Иначе говоря, кривая 3 представляет собой сумму всех высших гармоник, начиная с 3-й, она отклоняется от нуля менее, чем на $9 \cdot 10^{-10}$. Все её значения меньше среднеквадратичных отклонений $\sigma = (10 \dots 20) \cdot 10^{-10}$.

С другой стороны, в спектре *субстанциональной* зависимости (26) $v_5(t)$, сумма гармоник выше 1-й составляет лишь малую долю порядка единиц % от амплитуды 1-й гармоники. Поэтому есть уверенность в том, что годовая гармоника спектра $v(t)$, изображённая на последнем графике и обозначенная цифрой 1, обязана своему появлению, прежде всего законам субстанциональной динамики, и только во вторую очередь – климатическими явлениями, для которых характерна стохастичность и, вместе с тем, сезонная повторяемость. На это явно указывает 2-я гармоника спектра $v(t)$ (обозначена цифрой 2), имеющая полупериод 3 месяца.

Поэтому логично перейти к рассмотрению физики влияния климата на внутригодовые вариации УСВЗ.

2. Сезонно-климатические процессы можно отнести к пунктам 1) и 2) *контактных* силовых взаимодействий, перечисленных на 1-й странице данного параграфа. Они порождаются солнечной энергией. Периодическое разогревание Солнцем дневной стороны Земли, а затем охлаждение её ночной стороны тепловым излучением в космос, порождают разности давлений и, как следствие, – движения воздуха – *ветры*, движения вод Мирового океана – океанические *течения*, *испарения влаги*, её *перенос* ветрами и последующее выпадение влаги на поверхность моря или суши в виде жидких и твёрдых *осадков*, функционирование рек, ледников, миграцию подземных вод и многое другое. Климатические процессы (в отличие от эффектов АСД) нестабильны по своей природе, так как их сезонная повторяемость обнаруживает внятные закономерности лишь после статистической обработки многолетних выборов.

Поскольку нас интересуют явления, способные *заметно* изменить УСВЗ, исключаем из рассмотрения *внутриатмосферные* и *внутриокеанические* процессы, так как они выпадают из перечня воздействий на литосферу, приведённого на 1-й странице данного параграфа.

Любопытно, что все постоянные течения в Мировом океане фактически закольцованы: наряду с течениями существуют *противотечения* – глубинные, подповерхностные, а иногда и поверхностные [176, с.90-102], [177, с.412-416], они в значительной мере компенсируют кинетический момент основных течений.

Аналогично происходит и в атмосфере: наряду с постоянно дующими восточными пассатами в экваториальной зоне атмосферы, существуют *антипассаты* в тропосфере и стратосфере, а также постоянные западные ветры вокруг Антарктики. [185]

Закону сохранения кинетического момента должны подчиняться и

локальные взаимодействия между атмосферой и Мировым океаном.¹ Следовательно, возбуждаемые Солнцем и ветрами океанические течения, зарождение и движение циклонов и ураганов *над океанами* логично тоже исключить, поскольку суммарный кинетический момент атмосферы и Мирового океана при их локальных взаимодействиях меняться не должен.

Взаимодействие регулярных лунно-солнечных приливных волн с сушей, а также нерегулярных *межгодовых* колебаний УСВЗ было в самом начале исключено из таблиц [180] и графиков по *условию* нашей задачи, и оно далее не рассматривается. Ураганные и штормовые волны, которые обрушиваются на океанские берега и отмели, могут вызвать лишь случайные флуктуации скорости вращения Земли. *Придонные* океанские течения имеют ничтожно малые скорости, к тому же обладают постоянством [176, с.30-31], поэтому их вязкое трение о дно океана не оказывает влияния на сезонные вариации УСВЗ. Следовательно, из непосредственных взаимодействий Мирового океана с сушей остаются только сезонные изменения речного, ледникового и подземного стока в океан [177, с.90].

Атмосфера служит посредником переноса влаги между участками суши, а также между сушей и Мировым океаном в процессах *испарения* и выпадения *осадков*. При этом заметное влияние на вращение Земли оказывает только та влага, которая способна *месяцами накапливаться на суше* в виде подземных вод [177, с.90] или снежного покрова [182], а затем *испаряться* (посредником служит атмосфера) или *стаивать* (посредником служит речной и подземный сток), оказываясь в более низких (высоких) широтах на суше, либо в Мировом океане, порождая тем самым сезонные изменения радиуса инерции Земли и УСВЗ.

Кроме того, *сезонно меняющиеся над сушей* восточные и западные ветры – *муссоны* и *циклоны*, оказывают *аэродинамическое* силовое действие на поверхность *суши* регулярно меняющимся во времени моментом аэродинамических сил в проекции на ось вращения Земли. Эти силы на каждой малой площадке твёрдой земной поверхности раскладываются на две взаимно перпендикулярные компоненты: силу вязкого *трения*, направленную по *касательной* к поверхности площадки в направлении ветра, и *нормальную силу динамического давления* воздушного потока, обтекающего данную площадку.

Самое простое из перечисленных выше явлений – сезонный ледниковый сток, точнее, влагообмен между ледниками Антарктиды, (а также Гренландии и др. арктических островов) и Мировым океаном. Его период один год, он включает зимнее наращивание снежного покрова на берего-

¹ Если эти взаимодействия не отягощены последующим взаимодействием с сушей, например, переносом влаги посредством атмосферы из океана на сушу или в обратном направлении.

вых и шельфовых ледниках Антарктиды¹ и арктических островов, в основном за счёт испарения влаги из Мирового океана и выпадения влаги в виде снега на указанные ледники, затем летнее подтаивание береговых и шельфовых ледников с последующим стоком талых вод обратно в Мировой океан. Поскольку большая часть площади Мирового океана находится в низких широтах, накопление снежного покрова на ледниках высоких широт сопровождается уменьшением радиуса инерции Земли и увеличением УСВЗ, а таяние названных льдов даёт противоположный эффект.²

Для расчёта такого рода эффектов полезны формулы для площади S_T трапеции на приближённо сферической поверхности планеты радиусом R и момента инерции J_T (относительно оси вращения планеты) массы m , *равномерно* распределённой по площади S_T этой трапеции, которая ограничена двумя долготами $\lambda_2 > \lambda_1$ (в радианах) и двумя широтами $\varphi_2 > \varphi_1$ (южная широта и западная долгота отрицательны):

$$S_T = R^2(\lambda_2 - \lambda_1)(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) \quad (28)$$

$$J_T = mR^2[1 - \frac{1}{3}(\sin^2 \varphi_1 + \sin^2 \varphi_2 + \sin \varphi_1 \sin \varphi_2)] \quad (29)$$

Чтобы обеспечить требуемую точность расчётов, участок *произвольного* очертания следует разбить на достаточно малые сферические трапеции, а затем просуммировать их площади и моменты инерции. Разбиением на 5-градусные трапеции по широте автору удалось вычислить *момент инерции поверхностного слоя Мирового океана толщиной 1 мм*. Он равен $1,01 \cdot 10^{28} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, т.е. составляет долю $1,25 \cdot 10^{-10}$ от момента инерции Земли. Эти величины, а также площадь Мирового океана 361,2 млн км², весьма полезны при расчётах, так как в большинстве рассматриваемых процессов влагооборота, Мировой океан участвует непосредственно, либо оказывается промежуточным резервуаром влаги. Относительное приращение УСВЗ при переносе влаги заданной массы с участка земной сферы, где эта масса относительно оси вращения имеет момент инерции J_1 , на участок, где та же масса относительно той же оси получает момент инерции J_2 , вычисляется с хорошим приближением по формуле (30), где $J = 8,041 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент инерции Земли относительно её оси:

$$\Delta v = \frac{J_1 - J_2}{J} \quad (30)$$

¹ В отличие от побережья, погода в центральной Антарктиде из-за сильнейших морозов очень сухая, а снеговые осадки, как правило, уносятся сильными *стоковыми* ветрами в направлении от центрального купола к берегам континента, оседая на береговых и шельфовых ледниках, которые медленно сползают в океан. [60]

² Благодаря закону Архимеда, аналогичный влагообмен Мирового океана с *плавающими* льдами Арктики и Антарктики, а также с береговым припаем, если он на плаву, практически не влияет на момент инерции Земли.

Пример 1. По данным [177, с.125] ледниковый сток Антарктиды составляет 2,31 тыс. км³/год. Предположив, что данный объём влаги возвращается зимой в виде твёрдых осадков *равномерно* на территорию между 70° и 80° ю.ш., найдём годовой размах относительного изменения УСВЗ.

Объём воды 2,31 тыс. км³ имеет массу $m = 2,31 \cdot 10^{15}$ кг. При среднем радиусе Земли $R = 6,37 \cdot 10^6$ м формула (29) даёт момент инерции массы снега на территории между широтами 70° и 80° к концу зимнего накопления $J_1 = 6,93 \cdot 10^{27}$ кг · м². Таяние льда данной массы возвращает влагу в океан, увеличивая уровень Мирового океана к концу летнего таяния на 6,4 мм (он равен отношению объёма 2,31 тыс. км³ к площади Мирового океана 361 млн км²). Если слой воды толщиной 1 мм даёт момент инерции $1,01 \cdot 10^{28}$ кг · м², то 6,4 мм дают момент инерции $J_2 = 6,46 \cdot 10^{28}$ кг · м². Формула (30) даёт годичный размах УСВЗ при стоке из Антарктиды: $\Delta v = (6,93 - 64,6) \cdot 10^{27} / (8,041 \cdot 10^{37}) = -7,2 \cdot 10^{-10}$.

То есть антарктическим летом УСВЗ уменьшается, а зимой (т.е. летом северного полушария) возрастает. Ледниковый сток Гренландии и остальных арктических островов составляет ~700 км³/год [177, с.126]. Поскольку он действует в противофазе Антарктике, то суммарный ледниковый сток Арктики и Антарктики может дать годовой размах изменения УСВЗ лишь около $5 \cdot 10^{-10}$ т.е. амплитуду увеличения УСВЗ северным летом $\sim 2,5 \cdot 10^{-10}$. Столь малая амплитуда объясняет лишь 1/30 долю летнего выброса $73 \cdot 10^{-10}$ УСВЗ на экспериментальной кривой $v(t)$.

Годичный период характерен и для тех территорий *суши*, где влага в виде подземных вод или в виде снежного покрова, способна длительное время накапливаться в течение одной половины года, и испаряться (стаивать и стекать) в остальное время года [182]. Например, северной зимой происходит существенное вымораживание влаги в атмосфере северного полушария и в результате наступает *сухой сезон* в приэкваториальных территориях – зонах *саванн* северного полушария. Влага, испаряемая с высушиваемых почв и грунта саванн, конденсируется в итоге не только в виде снежного покрова на северных территориях, но по пути на север¹ вызывает обильные зимние дожди в *субтропическом* поясе, значительно повышая уровень грунтовых и почвенных вод в средних широтах зимой. Поскольку накапливаемая зимой влага в виде снежного покрова и подземных вод оказывается в более высоких широтах (ближе к оси вращения Земли), радиус инерции Земли уменьшается, а её вращение зимой ускоряется. С наступлением весны снежный покров постепенно стаивает, реки увеличивают сток в океаны, влажность атмосферы северного полушария повышается и в саваннах наступает *сезон дождей*. Таким образом, влага, накоплен-

¹ Не нужно понимать эту фразу буквально, так как в абсолютном большинстве случаев посредником переноса влаги служит Мировой океан.

ная зимой в высоких и средних широтах, весной и летом возвращается через Мировой океан обратно¹ в зону саванн, где увеличивается объём грунтовых и почвенных вод, высохшие зимой бессточные озёра и болота снова наполняются водой весной и летом [183]. Весеннее возвращение влаги в низкие широты и её накопление в течение лета в зоне саванн увеличивает радиус инерции Земли, и её вращение замедляется, следовательно, совершается в *противофазе* упомянутому выше летнему выбросу УСВЗ.

Пример 2. По данным монографии [182, с.86] масса снега, сезонно покрывающего *сушу* в северном полушарии, равна в среднем $8,3 \cdot 10^{15}$ кг. Площадь временно заснеженных территорий оценивается в 59 млн км². Поскольку в эти территории включены даже южные зоны, где высота снежного покрова может начинаться от 1 см, мы можем дать грубую оценку момента инерции этого покрова, сократив данную площадь в 2 раза за счёт южных территорий и узкой полосы Крайнего Севера, одновременно увеличив в 2 раза его среднюю высоту на оставшейся посредине территории. Кроме того, учтём замороженные почвенные воды, находящиеся под снежным покровом, которые были накоплены на северных территориях в период осенних дождей, удвоив массу снежного покрова, получим $m = 16,6 \cdot 10^{15}$ кг. Наиболее стабильный и высокий сезонный снежный покров наблюдается между широтами 50° и 70° с.ш. Формула (29) даёт его момент инерции с учётом замёрзших почвенных вод: $J_1 = 1,82 \cdot 10^{29}$ кг · м². Предположим, что к концу северного лета и сезона дождей в саваннах *вся масса m* влаги окажется в зоне саванн, равномерно распределённой между широтами 5° и 20°. Тогда формула (29) даст новый момент инерции этой массы: $J_2 = 6,39 \cdot 10^{29}$ кг · м². Относительный размах изменения УСВЗ: $\Delta v = (1,82 - 6,39) \cdot 10^{29} / 8,041 \cdot 10^{37} = -56,8 \cdot 10^{-10}$. Минимум УСВЗ, равный $-28,4 \cdot 10^{-10}$, приходится на конец северного лета, а максимум $+28,4 \cdot 10^{-10}$ – на конец северной зимы.

Кроме того, существует сезонная миграция влаги (через Мировой океан) между субтропиками и саваннами, но найти данные по сезонным изменениям масс *подземных вод* на этих территориях автору не удалось, поэтому вопрос остаётся открытым. Кто располагает такими данными, может самостоятельно произвести соответствующие вычисления.

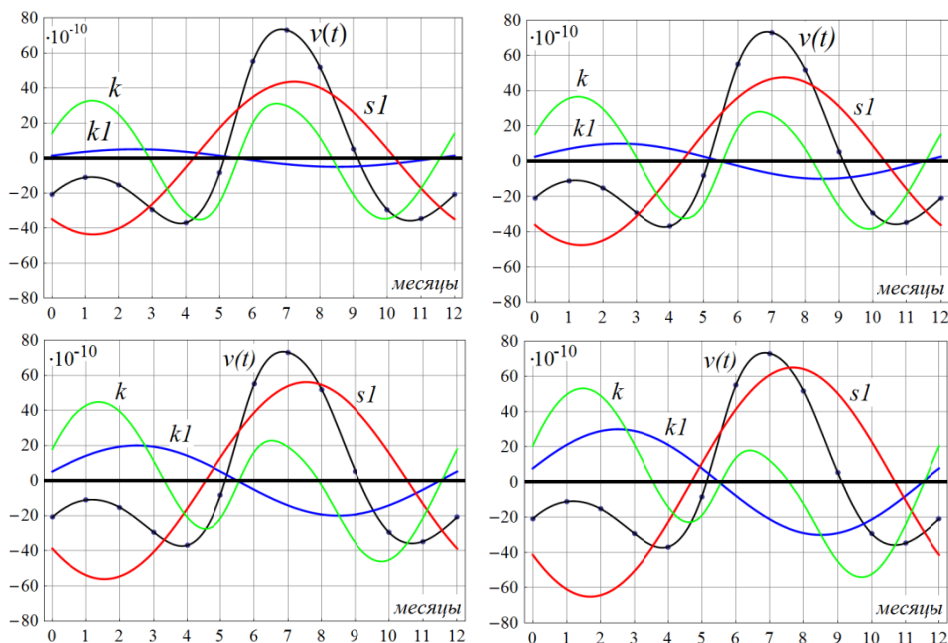
Если бы суша южного и северного полушарий Земли была симметрична относительно экватора, то такие же процессы, но со сдвигом по времени на 6 месяцев, происходили и в южном полушарии. Эти *противофазные процессы* в значительной мере компенсировали бы друг друга на кривой $v(t)$. Хотя саванны и субтропики с сезонным накоплением влаги есть и в южном полушарии, но там их площади *меньше*, чем в северном.

¹ Было бы неверно думать, что Мировой океан всегда и «честно» отдаёт обратно все выпавшие на него осадки в виде испарений, баланс миграции влаги намного сложнее. [177]

Важно, что площади суши с *сезонным* снежным покровом, который полностью исчезал бы в тёплое время года, в южном полушарии в десятки раз меньше, и их влиянием на УСВЗ можно пренебречь. Поэтому существенная часть влаги, которая испаряется в сухой сезон с саванн южного полушария, выпадает в виде осадков в Мировой океан. Такое «размазывание» влаги по всем широтам Мирового океана даёт заметно меньшее колебание радиуса инерции Земли, чем описанное в примере 2 *направленное* перемещение влаги в северном полушарии. Делаем отсюда важный вывод:

Суммарная сезонно-климатическая кривая $v_k(t)$ вариаций УСВЗ для земного шара обязана иметь *годовичную гармонику* $v_{k1}(t)$ с максимумом в конце зимы северного полушария и минимумом к концу лета.

Сумма двух годовичных гармоник $v_{s1}(t) + v_{k1}(t)$ должна иметь тот же период и ранее вычисленную амплитуду $v_1 = 39,8 \cdot 10^{-10}$. Поскольку 1-я климатическая гармоника $v_{k1}(t)$ находится *почти в противофазе* с 1-й гармоникой эффекта АСД $v_{s1}(t)$, прирост амплитуды $v_{k1}(t)$ ведёт к приросту амплитуды $v_{s1}(t)$ и её небольшому сдвигу по времени. Это хорошо видно на следующих графиках, где использованы обозначения:



$v(t)$ (чёрная кривая) – экспериментальная зависимость УСВЗ; kl (синяя кривая) – климатическая годовичная гармоника; sl (красная кривая) – 1-я гармоника эффекта АСД; k (зелёная кривая) – климатическая функция $v_k(t)$ есть разность между $v(t)$ и $sl(t)$ – 1-й гармоникой эффекта АСД

($v_{s1}(t)$). Четыре рисунка отличаются друг от друга *амплитудой* климатической годичной гармоник $v_{k1}(t)$, которая выбиралась равной (5; 10; 20; 30) $\cdot 10^{-10}$ (с максимумом в середине марта – в условном конце накопления влаги в северном полушарии). При этом $v_{k1}(t)$ однозначно задаёт и гармонику $v_{s1}(t)$, как разность между первой гармоникой $v(t)$ и $v_{k1}(t)$. В свою очередь, 1-я гармоника эффекта АСД, как сказано выше, определяет климатическую кривую $v_k(t)$, так как высшие гармоники в спектре $v_s(t)$ (25) весьма малы. Поэтому кривая $v_k(t)$ должна демонстрировать почти все нюансы климата, влияющие на сезонные вариации УСВЗ, разумеется, и влияние *асимметрии* между северным и южным полушарием Земли.

Анализ графиков показывает: когда амплитуда 1-й климатической гармоники $v_{k1}(t)$ изменяется в границах от $5 \cdot 10^{-10}$ до $30 \cdot 10^{-10}$, (при предполагаемой её дате $\max[v_{k1}(t)]$ 16 марта), фаза максимума 1-й гармоники $v_{s1}(t)$ эффекта АСД смещается во времени от **8 к 22 августа**, а амплитуда $v_{s1}(t)$ увеличивается от $45 \cdot 10^{-10}$ до $65 \cdot 10^{-10}$.

3. Вектор абсолютной скорости v_e ЦМ Солнца содержит три неизвестных скаляра – модуль и два угла, задающих направление. Чтобы вычислить их, необходимо знать тройку таких *величин*, которые математически связаны с искомыми. Две из них уже названы – амплитуда и фаза $v_{s1}(t)$, границы которых определяются спектральным анализом и построенными выше графиками. Недостающая третья величина – скалярная проекция v_o вектора v_e на плоскость орбиты Меркурия – вычислена в §16 при исследовании вращения перигелия этой планеты: $v_o = 21,2 \pm 2$ км/с.

Алгоритм вычисления v_e заключается в следующем.

1. В качестве КС выбираем прямоугольную *ЭГКС (эклиптическую



гелиоцентрическую КС с центром в ЦМ Солнца), ось X направлена в точку весеннего равноденствия, от которой ведётся отсчёт эклиптических долгот, а ось Z – на северный полюс эклиптики. Орбиту Земли приближённо считаем *круговой*. 23 сентября Земля пересекает положительную ветвь оси X , что задаёт *начало отсчёта времени $t = 0$* . В августе место Земли на орбите и вектор v её орбитальной скорости показаны на рисунке справа, изображающем плоскость

эклиптики. На том же рисунке показаны направления двух векторных проекций на плоскость эклиптики: Ω_e вектора Ω УСВЗ ($\Omega_e \uparrow Y$), а также v_{ee} – проекции на плоскость эклиптики вектора v_e абсолютной скорости ЦМ Солнца (имеет долготу λ). Линия узлов, по которой плоскость орбиты

Меркурия пересекает эклиптику, изображена штрихпунктиром, восходящий узел имеет эклиптическую долготу λ_y .

2. Задаём константы: $c = 3 \cdot 10^8$ м/с; $v = 29,8$ км/с – средняя орбитальная скорость Земли; $T = 365,242$ сут. – длительность года; $\delta = 7^\circ$ – наклон орбиты Меркурия к плоскости эклиптики; $\lambda_y = 48,33^\circ$ – долгота восходящего узла орбиты Меркурия; $\beta_\Omega = 66,56^\circ$ – наклон земной оси к плоскости эклиптики; $\Omega^0 = \{0; \cos \beta_\Omega; \sin \beta_\Omega\}$ – единичный вектор вектора Ω УСВЗ, заданный в проекциях на оси X, Y, Z *ЭГКС.

3. Вводим допустимые границы определяющих параметров: $t_M = 8 \dots 22$ августа – диапазон дат максимума 1-й гармоники $v_{s1}(t)$ эффекта АСД (отсчёт от $t = 0$) и диапазон её относительных размахов: $\Delta v_s = (90 \dots 130) \cdot 10^{-10}$; $v_o = 19,2 \dots 23,2$ км/с – диапазон проекций вектора \mathbf{v}_e на плоскость орбиты Меркурия; $v_e \geq v_o$ – множество модулей вектора \mathbf{v}_e .

4. Ключевым параметром вычислений является u_M – угол между восходящим узлом орбиты Меркурия и направлением векторной проекции \mathbf{v}_o вектора \mathbf{v}_e на *плоскость орбиты Меркурия* (§16), так как от u_M зависит преобразование координат из меркурианской *ГКС в *ЭГКС. Фрагмент программы в СКМ Mathematica приведён на следующей странице.

Задав какие-либо конкретные числовые значения t_M, v_o, v_e из допустимой области, а затем произвольное значение $u_M \geq 0$, запускаем **итерационный цикл** вычисления всех интересующих нас величин:

$i = \arccos(v_o/v_e)$ – угол между векторами \mathbf{v}_e и \mathbf{v}_o ;

$\beta = \arcsin(\sin i \cos \delta + \cos i \sin \delta \sin u_M)$ – эклиптическая широта апекса вектора \mathbf{v}_e ;

$\lambda = \lambda_y + \arccos(\cos i \cos u_M / \cos \beta) \pm 2\pi n$ – эклиптическая долгота апекса вектора \mathbf{v}_e , который задаём в проекциях на оси *ЭГКС:

$\mathbf{v}_e = v_e \{\cos \beta \cos \lambda; \cos \beta \sin \lambda; \sin \beta\}$;

$y_e = \lambda - \lambda_y$ – угол между восходящим узлом орбиты Меркурия и направлением проекции \mathbf{v}_{ee} вектора \mathbf{v}_e на *плоскость эклиптики*;

$\mathbf{v}_2 = v \{-\sin(\frac{2\pi}{T}t); \cos(\frac{2\pi}{T}t); 0\}$,

$\mathbf{v}_1 = v \{-\sin(\frac{2\pi}{T}t - \pi); \cos(\frac{2\pi}{T}t - \pi); 0\}$ – векторы орбитальной скорости ЦМ Земли в двух противоположных (\updownarrow) точках круговой орбиты, заданные в проекциях на оси *ЭГКС, как *функции* текущего времени t .

Зависят от t и следующие параметры: $\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_e$; $\mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_2 + \mathbf{v}_e$ – векторы абсолютной скорости ЦМ Земли в \updownarrow точках орбиты; и там же:

$\gamma_1 = 1/\sqrt{1 - |\mathbf{v}_1|^2/c^2}$; $\gamma_2 = 1/\sqrt{1 - |\mathbf{v}_2|^2/c^2}$ – Лоренц-факторы;

$\psi_1 = \Omega^0 \wedge \mathbf{v}_1$; $\psi_2 = \Omega^0 \wedge \mathbf{v}_2$ – углы между Ω^0 и векторами \mathbf{v}_1 и \mathbf{v}_2 .

Субстанциальный размах колебания УСВЗ $\Delta v_s(t)$ в \updownarrow точках орбиты вычисляем по формуле (25), а затем анализируем данную функцию на максимум, вычисляя одновременно и время t_j (j – номер итерации), кото-

```

2121 vem = 19200; (*проеция вектора переносной скорости Ve на плоскость орбиты Меркурия*)
2122 ve = 22000 (*модуль вектора Ve*); Print["ve = ", N[ve]]
ym = 227203  $\pi$  / 1800000; (* $\gamma_m$  - угол между линияей узлов орбиты Меркурия и вектором vem*)
c = 299792458; v = 29800 (*средняя орбитальная скорость Земли*);
T = 365242 / 1000 (*длительность года в сутках*);
 $\delta$  = 7  $\pi$  / 180 (*угол между плоскостями орбит Меркурия и Земли*);
 $\lambda\gamma$  = 4833  $\pi$  / 18000 (*эллиптическая долгота восходящего узла орбиты Меркурия*);
 $\beta$  = 6656  $\pi$  / 18000 (*эллиптическая широта вектора  $\Omega$  - наклон земной оси к эклиптике*);
 $\Omega$  = {0, Cos[ $\beta$ ], Sin[ $\beta$ ]} (*единичный вектор угловой скорости Земли*);
im = ArcCos[vem / ve]; (*угол между вектором Ve и плоскостью орбиты Меркурия*)
 $\beta e$  = ArcSin[Sin[im] Cos[ $\delta$ ] + Cos[im] Sin[ $\delta$ ] Sin[ym]]; Print[" $\beta e$  = ", N[180  $\beta e$  /  $\pi$ ]]
(* $\beta e$  - эклипт. широта вектора Ve*) (* $\lambda e$  - эллиптическая долгота вектора Ve*)
 $\lambda e$  =  $\lambda\gamma$  + ArcCos[Cos[im] Cos[ym] / Cos[ $\beta e$ ]]; Print[" $\lambda e$  = ", N[180  $\lambda e$  /  $\pi$ ]]
Clear[Ve, V1, V2, v1, v2,  $\Delta e$ ,  $\psi$ 1,  $\psi$ 2,  $\gamma$ 1,  $\gamma$ 2, t, x];
Ve := ve {Cos[ $\beta e$ ] Cos[ $\lambda e$ ], Cos[ $\beta e$ ] Sin[ $\lambda e$ ], Sin[ $\beta e$ ]]; (*вектор переносной скорости CS*)
(*вектор орбит. скорости Земли в 2-х  $\uparrow\downarrow$  точках (t=0 - точка осенн. равноденствия):*)
v2 := v {-Sin[ $\frac{2\pi}{T}$  t], Cos[ $\frac{2\pi}{T}$  t], 0}; v1 := v {-Sin[ $\frac{2\pi}{T}$  t -  $\pi$ ], Cos[ $\frac{2\pi}{T}$  t -  $\pi$ ], 0};
V1 := v1 + Ve; V2 := v2 + Ve; (*вектор абсолютной скорости Земли в 2-х  $\uparrow\downarrow$  точках*)
 $\gamma$ 1 := 1 /  $\sqrt{1 - (\text{Norm}[\text{V1}])^2 / c^2}$ ;  $\gamma$ 2 := 1 /  $\sqrt{1 - (\text{Norm}[\text{V2}])^2 / c^2}$ ; (* $\gamma$  в 2-х  $\uparrow\downarrow$  точках*)
 $\psi$ 1 := VectorAngle[ $\Omega$ , V1];  $\psi$ 2 := VectorAngle[ $\Omega$ , V2]; (* $\psi$  в 2-х  $\uparrow\downarrow$  точках*)
 $\Delta e$  :=  $\left(1 + \frac{2}{5} (\gamma2 - \gamma1)\right) \frac{\text{Cos}[\psi1]^2 + \text{Sin}[\psi1]^2 / \gamma1}{\text{Cos}[\psi2]^2 + \text{Sin}[\psi2]^2 / \gamma2} - 1$ ; (*размах полугодового колебания*)
x = FindMaximum[ $\Delta e$ , {t, -30}, Method  $\rightarrow$  "Newton", AccuracyGoal  $\rightarrow$  20, PrecisionGoal  $\rightarrow$  18,
WorkingPrecision  $\rightarrow$  70]

```

рое соответствует найденному максимуму. Проверяем: если $|t_j - t_M| \leq \Delta t$ (Δt – заданная погрешность вычисления), то цикл завершается и найденные величины заносятся в таблицу. Если иначе, вычисляется направление и величина следующего шага итерации для угла u_M , то есть пункт 4) повторяется, пока условие $|t_j - t_M| \leq \Delta t$ для погрешности Δt не выполнится.

5. Задавая новые значения параметра v_e , повторяем 4-й пункт, заносим в таблицу вычисленные результаты. Вариант таблицы для наиболее вероятного сочетания параметров $v_o = 20$ км/с, $t_M = -38$ приведён здесь:

Таблица 0.

$v_o ; t_M$	v_e (км/с)	β	λ	$\max[\Delta v_s(t)]$	u_M
$v_o = 20 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ $t_M = 15 \text{ авг.}$	20	0,9339°	55,96°	$170,9 \cdot 10^{-10}$	7,6865°
	20,1	6,812°	56,94°	$166,2 \cdot 10^{-10}$	9,3652°
	20,5	13,98°	58,16°	$160,2 \cdot 10^{-10}$	11,4624°
	21	19,20°	59,10°	$155,5 \cdot 10^{-10}$	13,0637°
	22	26,29°	60,49°	$148,3 \cdot 10^{-10}$	15,3957°
	23	31,44°	61,60°	$142,5 \cdot 10^{-10}$	17,2559°
	24	35,56°	62,59°	$137,2 \cdot 10^{-10}$	18,8835°
	25	39,01°	63,49°	$132,4 \cdot 10^{-10}$	20,3696°
	27	44,60°	65,18°	$123,2 \cdot 10^{-10}$	23,0831°
	30	50,93°	67,55°	$110,2 \cdot 10^{-10}$	26,792°
	35	58,43°	71,40°	$89,23 \cdot 10^{-10}$	32,549°
	40	63,79°	75,41°	$67,91 \cdot 10^{-10}$	38,1557°
	45	67,92°	79,83°	$45,59 \cdot 10^{-10}$	43,8493°
	50	71,25°	84,92°	$21,72 \cdot 10^{-10}$	49,8158°
	54	73,52°	89,74°	$1,067 \cdot 10^{-10}$	54,93039°

6. Вводим новое значение параметра v_o из диапазона 19,2 ... 23,2 км/с и повторяем пункты 4 и 5, заполняя новую таблицу. Аналогично поступаем, изменяя параметр времени t_M в диапазоне $-45 \leq t_M \leq -31$ сут (8 ... 22 августа), заполняя таблицы, недостающие для полного исследования. Для вычисления всех границ вектора v_e достаточно 4-х таблиц, рассчитанных для крайних значений параметров v_o и t_M :

1: ($v_o = 23,2$ км/с; $t_M = 8$ августа). **2:** ($v_o = 23,2$ км/с; $t_M = 22$ августа).

3: ($v_o = 19,2$ км/с; $t_M = 8$ августа). **4:** ($v_o = 19,2$ км/с; $t_M = 22$ августа).

Рассчитанные по данному алгоритму четыре таблицы №№ 1, 2, 3, 4 приведены ниже. По этим таблицам построены семейства графиков зависимостей трёх параметров вектора v_e : модуля v_e , эклиптической долготы λ и эклиптической широты β , как функции от размаха Δv_s для всех сочетаний граничных значений v_o и t_M . На указанных семействах графиков цифрами **1, 2, 3, 4** закодированы номера таблиц. Допустимые границы относительного размаха $\Delta v_s = (90 \dots 130) \cdot 10^{-10}$ максимума 1-й гармоники эффекта АСД показаны на графиках вертикальными штриховыми линиями.

Таблица 1.

$v_o ; t_M$	v_e (км/с)	β	λ	$\max[\Delta v_s(t)]$	y_M
$v_o = 23,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ $t_M = 8 \text{ авг.}$	23,2	0,0928°	49,09 °	$201,8 \cdot 10^{-10}$	0,7617°
	23,3	5,57°	50,14°	$197,4 \cdot 10^{-10}$	2,482°
	23,5	9,55°	50,92°	$194,0 \cdot 10^{-10}$	3,748°
	24	15,41°	52,11°	$188,7 \cdot 10^{-10}$	5,669°
	25	22,70°	53,69°	$181,4 \cdot 10^{-10}$	8,212°
	27	31,95°	55,97°	$170,3 \cdot 10^{-10}$	11,847°
	30	40,95°	58,69°	$156,4 \cdot 10^{-10}$	16,1153°
	35	50,68°	62,67°	$135,2 \cdot 10^{-10}$	22,1577°
	40	57,29°	66,52°	$114,4 \cdot 10^{-10}$	27,737°
	45	62,24°	70,53°	$92,80 \cdot 10^{-10}$	33,2257°
	50	66,16°	74,90°	$69,84 \cdot 10^{-10}$	38,8286°
	55	69,41°	79,90°	$45,07 \cdot 10^{-10}$	44,7251°
	60	72,18°	85,88°	$17,53 \cdot 10^{-10}$	51,1414°
	62	73,20°	88,68°	$5,48 \cdot 10^{-10}$	53,9293°

Таблица 2.

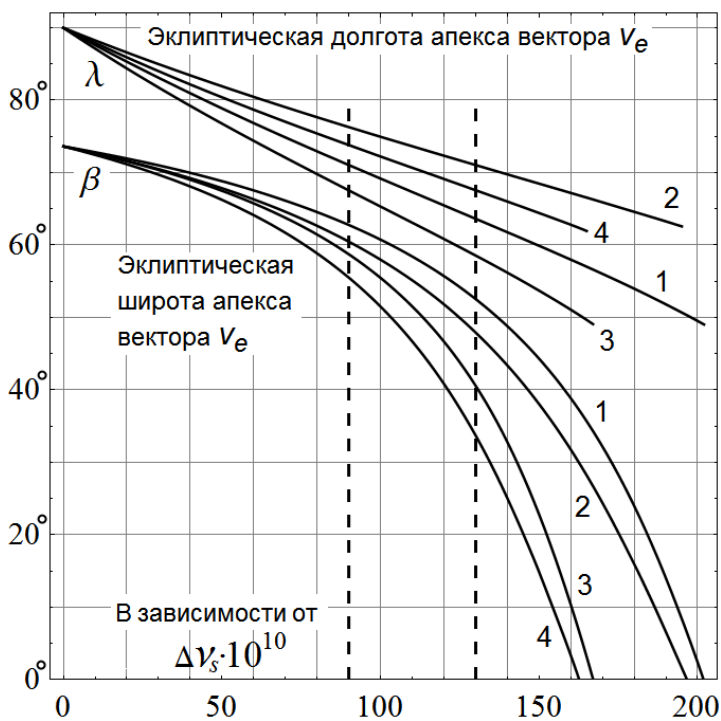
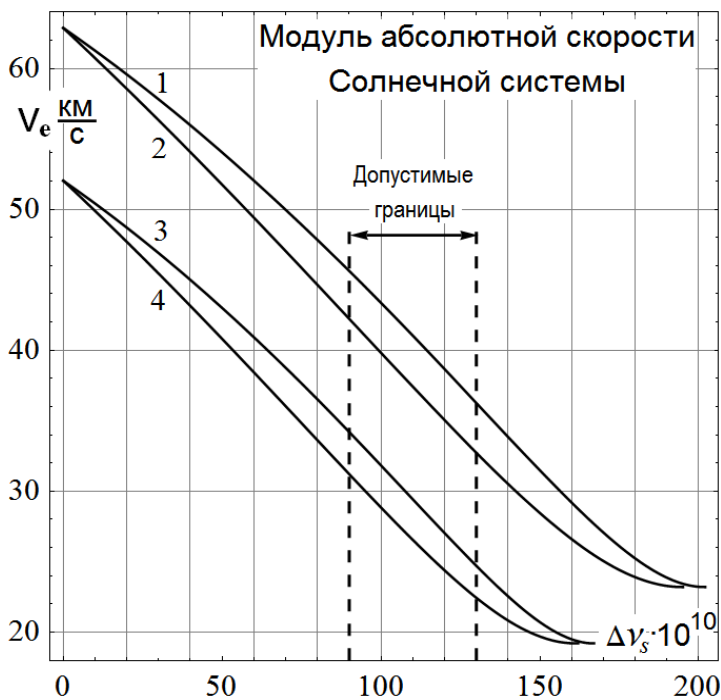
$v_o ; t_M$	v_e (км/с)	β	λ	$\max[\Delta v_s(t)]$	y_M
$v_o = 23,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ $t_M = 22 \text{ авг.}$	23,2	1,733°	62,60°	$194,9 \cdot 10^{-10}$	14,3718°
	23,3	7,170°	63,35°	$189,4 \cdot 10^{-10}$	15,7542°
	23,5	11,12°	63,90°	$185,3 \cdot 10^{-10}$	16,7718°
	24	16,93°	64,74°	$178,9 \cdot 10^{-10}$	18,3138°
	25	24,15°	65,87°	$170,3 \cdot 10^{-10}$	20,353°
	27	33,30°	67,50°	$157,7 \cdot 10^{-10}$	23,2607°
	30	42,19°	69,46°	$142,4 \cdot 10^{-10}$	26,6575°
	32	46,55°	70,64°	$133,2 \cdot 10^{-10}$	28,6466°
	35	51,75°	72,32°	$120,2 \cdot 10^{-10}$	31,4204°
	40	58,19°	75,06°	$99,24 \cdot 10^{-10}$	35,7512°
	45	62,97°	77,86°	$78,51 \cdot 10^{-10}$	39,9267°
	50	66,72°	80,83°	$57,49 \cdot 10^{-10}$	44,0757°
	55	69,77°	84,07°	$35,88 \cdot 10^{-10}$	48,2822°
	60	72,32°	87,69°	$13,40 \cdot 10^{-10}$	52,6181°
	62	73,24°	89,28°	$4,104 \cdot 10^{-10}$	54,40547°

Таблица 3.

$v_o ; t_M$	v_e (км/с)	β	λ	$\max[\Delta v_s(t)]$	y_M
$v_o = 19,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ $t_M = 8 \text{ авг.}$	19,2	0,0928°	49,09°	$167,0 \cdot 10^{-10}$	0,7617°
	19,3	6,12°	50,25°	$163,0 \cdot 10^{-10}$	2,653°
	19,5	10,48°	51,11°	$159,9 \cdot 10^{-10}$	4,0474°
	20	16,89°	52,42°	$155,0 \cdot 10^{-10}$	6,1669°
	22	30,34°	55,54°	$142,7 \cdot 10^{-10}$	11,1704°
	25	41,46°	58,86°	$128,7 \cdot 10^{-10}$	16,3859°
	30	52,55°	63,63°	$107,6 \cdot 10^{-10}$	23,576°
	35	59,72°	68,32°	$86,58 \cdot 10^{-10}$	30,25°
	40	64,94°	73,39°	$64,31 \cdot 10^{-10}$	36,9374°
	45	69,03°	79,23°	$39,98 \cdot 10^{-10}$	43,9651°
	50	72,40°	86,44°	$12,48 \cdot 10^{-10}$	51,7095°
	51	73,01°	88,13°	$6,45 \cdot 10^{-10}$	53,3943°

Таблица 4.

$v_o ; t_M$	v_e (км/с)	β	λ	$\max[\Delta v_s(t)]$	y_M
$v_o = 19,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ $t_M = 22 \text{ авг.}$	19,2	1,733°	62,60°	$161,3 \cdot 10^{-10}$	14,372°
	19,3	7,707°	63,42°	$156,3 \cdot 10^{-10}$	15,892°
	19,5	12,04°	64,03°	$152,5 \cdot 10^{-10}$	17,012°
	19,7	14,98°	64,45°	$149,9 \cdot 10^{-10}$	17,7898°
	20	18,39°	64,96°	$146,7 \cdot 10^{-10}$	18,7134°
	21	26,23°	66,21°	$138,8 \cdot 10^{-10}$	20,975°
	22	31,71°	67,20°	$132,5 \cdot 10^{-10}$	22,7203°
	23	36,03°	68,05°	$127,0 \cdot 10^{-10}$	24,2286°
	25	42,69°	69,59°	$117,1 \cdot 10^{-10}$	26,872°
	27	47,75°	70,99°	$108,0 \cdot 10^{-10}$	29,2414°
	30	53,57°	73,01°	$95,08 \cdot 10^{-10}$	32,5283°
	35	60,54°	76,33°	$74,27 \cdot 10^{-10}$	37,6749°
	40	65,56°	79,82°	$53,42 \cdot 10^{-10}$	42,69°
	45	69,42°	83,65°	$31,96 \cdot 10^{-10}$	47,7507°
	50	72,52°	88,02°	$9,50 \cdot 10^{-10}$	52,9876°
	52	73,61°	89,97°	$0,142 \cdot 10^{-10}$	55,16117°



Названные границы размаха Δv_s определяют одновременно и реальные границы модуля и направления **вектора абсолютной скорости ЦМ Солнца**:

$v_e = 22,4 \dots 45,6 \text{ км/с}$	$\lambda = 58,6^\circ \dots 76,3^\circ$	$\beta = 33,7^\circ \dots 62,8^\circ$
--------------------------------------	---	---------------------------------------

Сферическая трапеция, сформированная этими границами для углов λ и β , образует телесный угол 0,103 ср, её площадь (28) равна 1/121 полной площади небесной сферы произвольного радиуса. Хотя этот результат далёк от желаемой точности, он лучше, чем существовавшая ранее полная неопределённость в направлении вектора v_e .

Если принять, как наиболее вероятные значения: $v_o = 20 \text{ км/с}$ (обоснование в §16), $t_M = -38 \text{ сут}$ (15 августа) и $\Delta v_s = 110 \cdot 10^{-10}$, то описанный выше алгоритм даёт *наиболее вероятный* модуль абсолютной скорости ЦМ Солнца $v_c = 30,1 \text{ км/с}$ и *эклиптические координаты абсолютного апекса* Солнца: $\lambda_c = 67,6^\circ$; $\beta_c = 51,0^\circ$ (см. табл. №0), принадлежащие созвездию Кассиопея (галактические координаты: $\ell = 133^\circ$; $b = 11^\circ$).

Вычисленные здесь параметры вектора абсолютной скорости ЦМ Солнца можно использовать в экспериментах по радиолокации ближних планет с целью проверки модели Солнечной системы на основе АСД и *уточнения* границ названных величин.

Поскольку измерения производятся на Земле, полезно рассчитать *изменения абсолютной скорости ЦМ Земли $v(t)$* из-за её обращения вокруг Солнца, как векторную сумму переносной скорости Солнечной системы v_e и орбитальной скорости Земли v . Зависимость орбитальной скорости Земли $v(t)$ известна (см. формулы использованного выше алгоритма), а среди бесконечного множества векторов $v_e = \text{const}$ логично выбрать наиболее вероятную абсолютную скорость ЦМ Солнца v_c , а также те из векторов v_e (см. табл. №5), *параметры* которых в построенных выше графиках $v_e(\Delta v_s)$, $\beta(\Delta v_s)$, $\lambda(\Delta v_s)$ принимают *экстремальные* значения на границах допустимой области с размахом $\Delta v_s = (90 \text{ или } 130) \cdot 10^{-10}$. Экстремальные значения параметров v_e в табл. 5 подчёркнуты:

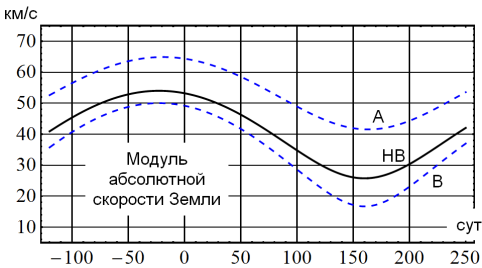
Таблица 5.

Символ кривой	v_e (м/с)	β	λ	Δv_s	Дата (сут)	v_o (м/с)	u_M	№ табл.
НВ	30056	51,036°	67,59°	$110 \cdot 10^{-10}$	-38	20000	26,859°	0
A	<u>45629</u>	<u>62,78°</u>	71,05°	$90 \cdot 10^{-10}$	-45	23200	33,921°	1
B	<u>22436</u>	<u>33,705°</u>	67,58°	$130 \cdot 10^{-10}$	-31	19200	23,399°	4
C	42230	60,484°	<u>76,297°</u>	$90 \cdot 10^{-10}$	-31	23200	37,623°	2
D	24696	40,558°	<u>58,553°</u>	$130 \cdot 10^{-10}$	-45	19200	15,907°	3

Сложение на осях x, y, z декартовой КС одноимённых проекций векторов \mathbf{v}_e и \mathbf{v} , выраженных через сферические координаты *ЭГКС, даёт формулы проекций вектора \mathbf{v} абсолютной скорости ЦМ Земли на эти оси: $v_x = v_e \cos \beta \cos \lambda - v \sin \omega t$; $v_y = v_e \cos \beta \sin \lambda + v \cos \omega t$; $v_z = v \sin \beta$; где $\omega = 2\pi/T$ – средняя угловая скорость обращения Земли вокруг Солнца. Параметры v, β_3, λ_3 вектора \mathbf{v} выражаются уравнениями:

(31)	(32)	(33)
$v(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$	$\sin \beta_3(t) = v_z / v$	$\cos \lambda_3(t) = v_x / \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

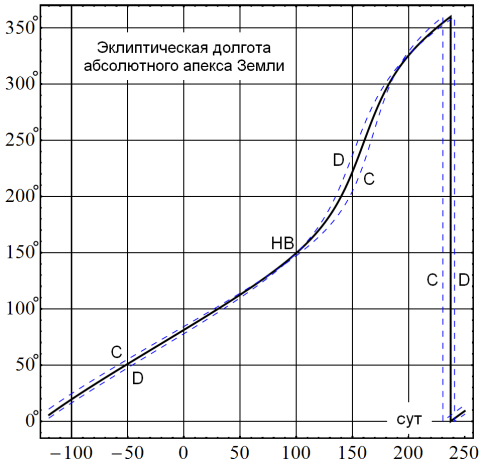
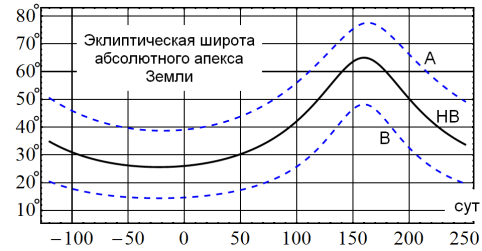
Ниже показаны графики ежегодной зависимости модуля абсолют-



ной скорости ЦМ Земли $v(t)$, и изменения направления её абсолютного апекса в эклиптических координатах $\beta_3(t), \lambda_3(t)$. Обозначения различных кривых на этих графиках расшифрованы в таблице №5.

Сплошные кривые иллюстрируют наиболее вероятные зависимости, а штриховые кривые каждого графика устанавливают их границы. Нулевому моменту времени соответствует день осеннего равноденствия.

Субстанциальная динамика основана на гипотезе Лоренца о неувлекаемости МС телами (см. ответ на вопрос 23). Если предположить, что МС не увлекаема и движениями *галактик*, тогда, зная галактические координаты и орбитальную скорость Солнечной системы в Галактике (она близка к 200 км/с), получаем абсолютную скорость ЦМ Галактики около 220 км/с, но её направление почти противоположно современному вектору орбитальной скорости Солнечной системы.



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Некоторые определения классической кинематики и ковариантность её важнейших уравнений.

В данном приложении даны новые определения важнейших понятий классической кинематики, сформулированы три теоремы, без ссылок на которые не обойтись при чтении книги, и продемонстрировано весьма полезное свойство уравнений кинематики, называемое ковариантностью.

Пространство есть необходимое средство *реализации* наблюдаемого мира.¹ Пространство трёхмерно [93]. Следует отличать *идеальное кинематическое пространство*, которое непрерывно и *изотропно*, от результатов измерений пространства *реальными* эталонами (линейками), размеры и прямизна которых всегда зависят от разных причин.

Время есть необходимое средство *изменения* наблюдаемого мира от прошлого к будущему, время одномерно. Следует отличать *идеальное (кинематическое) время*, которое течёт непрерывно, всюду одинаково и равномерно, от результатов измерений времени *реальными* эталонами (часами), темп хода которых всегда зависит от разных причин.

Координатная система (КС) – *идеальная*, не обладающая массой и недеформируемая в механических процессах геометрическая конструкция,² являющаяся *кинематическим* эталоном длин и предназначенная для точных *вычислений* в заданные моменты времени мгновенного пространственного положения частиц и точек тел, исследуемых в механике.

КС можно мысленно вообразить, либо запрограммировать на компьютере. Поэтому координатные системы есть *абстракции*, существующие в мыслях человека, либо в виде работающих компьютерных программ. Для наглядности они *приближённо* материализуются в виде чертежей с нанесёнными на них координатными осями, линиями или сетками.

Координатные орты, углы, радиус-векторы, перемещения, их производные по времени, линии и поверхности подчиняются теоремам аналитической и дифференциальной геометрии в *Евклидовом* пространстве.

Когда сравниваются кинематические параметры одной частицы в двух различно движущихся КС, одна из КС *условно принимается* за *неподвижную*,³ а другая КС автоматически *оказывается подвижной*. Радиус-вектор, скорость, ускорение данной частицы и её траектория в первой

¹ Область компетенции механики – наблюдаемый мир – только *часть* Вселенной.

² Такие *геометрические конструкции* как *идеальные* точки, прямые, кривые линии, плоскости, многогранники и кривые поверхности *существуют* только как *абстрактный* продукт естественной или искусственной интеллектуальной деятельности. См. также ответ на вопрос 8.

³ В отличие от кинематики, в абсолютной динамике существует и безусловная, то есть абсолютная неподвижность.

КС называются (также условно) *абсолютными*, а радиус-вектор, скорость, ускорение той же частицы и её траектория во второй КС – *относительными*. Движение подвижной КС (как недеформируемой конструкции) относительно неподвижной КС называется *переносным* движением.

Условность выбора любой из бесконечного множества КС для роли неподвижной КС позволяет говорить о *кинематическом равноправии*¹ всех КС. Его суть в том, что **уравнения** общих теорем, которые описывают связь *кинематических* параметров частицы в двух различно движущихся КС, не должны зависеть от того, *которая* из двух КС выбрана в качестве условно неподвижной КС. Указанное свойство уравнений называют **ковариантностью**. Выпишем несколько важнейших теорем классической кинематики [68], [94] и на простом примере продемонстрируем их ковариантность, попутно обнаруживая полезные закономерности.

Теорема сложения мгновенных² скоростей:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v} + \mathbf{v}_e \quad (1)$$

где $\mathbf{v} = d\mathbf{R}/dt$ и $\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt$ – абсолютная и относительная скорость одной частицы в двух КС – неподвижной и подвижной; \mathbf{R} и \mathbf{r} – мгновенные радиус-векторы³ абсолютного и относительного положений той же частицы в тех же КС; \mathbf{v}_e – переносная скорость той точки подвижной КС, где находится частица. Переносная скорость \mathbf{v}_e может быть разложена на поступательную скорость $\mathbf{v}_0 = d\mathbf{R}_0/dt$ и вращательную скорость $\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$ (линейную скорость) движения подвижной КС относительно неподвижной КС:

$$\mathbf{v}_e = \mathbf{v}_0 + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} \quad (2)$$

где $\boldsymbol{\omega}$ – угловая скорость переносного вращения подвижной КС.

Теорема сложения мгновенных угловых скоростей тела:

$$\boldsymbol{\Omega} = \boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\omega}_e \quad (3)$$

Сложение двух вращений тела – относительного и переносного – вокруг коллинеарных или пересекающихся осей, даёт вращение тела вокруг мгновенной оси с угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega}$ абсолютного вращения, равной векторной сумме угловых скоростей относительного $\boldsymbol{\omega}$ и переносного $\boldsymbol{\omega}_e$ вращений.

¹ Вместо кинематического равноправия КС в теории относительности часто используют словосочетание с двойным смыслом “принцип относительности” (см. ответ на вопрос 26).

² Все мгновенные кинематические параметры в данном приложении вычисляются для одного и того же момента кинематического времени.

³ Полос каждого радиус-вектора \mathbf{R} и \mathbf{r} совпадает с центром своей КС.

Теорема сложения мгновенных ускорений:

$$\mathbf{a} = \mathbf{a} + \mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c \quad (4)$$

где $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$ и $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$ – абсолютное и относительное ускорение частицы в двух КС; \mathbf{a}_e – переносное ускорение той точки подвижной КС, где в данный момент времени находится частица. В общем случае переносное ускорение может содержать до трёх составляющих его слагаемых:

$$\mathbf{a}_e = \mathbf{a}_0 + \boldsymbol{\varepsilon} \times \mathbf{r} + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}) \quad (5)$$

где $\mathbf{a}_0 = d\mathbf{v}_0/dt$ – ускорение начала подвижной КС (поступательное ускорение); $\boldsymbol{\varepsilon} \times \mathbf{r}$ – вращательное ускорение; $\boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r})$ – осестремительное ускорение упомянутой точки подвижной КС с относительным радиус-вектором \mathbf{r} ; $\boldsymbol{\varepsilon} = d\boldsymbol{\omega}/dt$ – угловое ускорение подвижной КС.

Поворотное ускорение¹ [210, с.71] частицы \mathbf{a}_c вычисляется как удвоенное векторное произведение угловой скорости переносного вращения подвижной КС $\boldsymbol{\omega}$ и относительной скорости частицы \mathbf{v} :

$$\mathbf{a}_c = 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v} \quad (6)$$

Пример. Пусть некоторое явление заключается в равномерном обращении частицы по окружности вокруг общего центра двух плоских КС, содержащих эту окружность. Одна из КС неподвижна, а другая равномерно вращается относительно неподвижной КС вокруг того же центра. Данное явление исследуем *два раза* за счёт «пересадки» наблюдателя, то есть смены той КС, которая принимается за условно неподвижную КС.

В *первом варианте* за условно неподвижную КС примем КС1, а КС2 – за вращающуюся с переносной угловой скоростью $\boldsymbol{\Omega}$ относительно КС1. При этом частица обращается в том же направлении с угловой скоростью $\boldsymbol{\omega} \uparrow \boldsymbol{\Omega}$ относительно КС2. Заполняем средний столбец таблицы, используя формулы (1)...(6) и формулы двойных векторных произведений [76, с.63].

Во *втором варианте* пересаживаем неподвижного наблюдателя из КС1 в КС2, то есть принимаем КС2 за условно неподвижную, а КС1 автоматически превращается в подвижную и будет вращаться с противоположной переносной угловой скоростью $-\boldsymbol{\Omega}$ относительно КС2. Результаты

¹ В нашей литературе поворотное ускорение $\mathbf{a}_c = 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ чаще называют “кориолисовым ускорением”, однако в литературе ряда стран западной Европы *кориолисовым* нередко называют ускорение $\mathbf{a}_k = -2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$, которое по форме *противоположно* поворотному ускорению [206]. Именно так мы будем поступать и в этой книге, чтобы различать указанные ускорения. Обоснование такого выбора изложено в §11 (п.4). Правильность и удачность термина «поворотное ускорение» для ускорения $\mathbf{a}_c = 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ и термина «поворотная сила» для силы $m\mathbf{a}_c$ демонстрируется решением задач №6, №7, №9 (§14).

расчёта второго варианта по тем же формулам (1)...(6) запишем в правый столбец той же таблицы для сравнения.

Параметры движения	Вар. 1. Условно неподвижна КС1	Вар. 2. Условно неподвижна КС2
<i>Абсолютная</i> угловая скорость	$\Omega + \omega$	ω
<i>Относительная</i> угловая скорость	ω	$\Omega + \omega$
Переносная угловая скорость	Ω	$-\Omega$
<i>Абсолютная</i> скорость \mathbf{v}	$(\Omega + \omega) \times \mathbf{r}$	$\omega \times \mathbf{r}$
<i>Относительная</i> скорость \mathbf{v}	$\omega \times \mathbf{r}$	$(\Omega + \omega) \times \mathbf{r}$
Переносная скорость \mathbf{v}_e	$\Omega \times \mathbf{r}$	$-\Omega \times \mathbf{r}$
<i>Абсолютное</i> ускорение \mathbf{a}	$-(\Omega + \omega)^2 \mathbf{r}$	$-\omega^2 \mathbf{r}$
<i>Относительное</i> ускорение \mathbf{a}	$-\omega^2 \mathbf{r}$	$-(\Omega + \omega)^2 \mathbf{r}$
Переносное ускорение \mathbf{a}_e	$-\Omega^2 \mathbf{r}$	$-\Omega^2 \mathbf{r}$
Поворотное ускорение \mathbf{a}_c	$-2 \Omega \omega \mathbf{r}$	$2 \Omega (\Omega + \omega) \mathbf{r}$
Сумма $(\mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c)$	$-\Omega (\Omega + 2 \omega) \mathbf{r}$	$\Omega (\Omega + 2 \omega) \mathbf{r}$

Выводы. В итоге пересадки неподвижного наблюдателя из КС1 в КС2 происходят *закономерные изменения*, которые можно назвать **теоремой о ковариантных преобразованиях уравнений кинематики**:

1. обмениваются местами пары кинематических величин:

- относительная \mathbf{v} и абсолютная \mathbf{v} скорости частицы;
- относительная угловая ω и абсолютная угловая Ω скорости частицы;
- относительное \mathbf{a} и абсолютное \mathbf{a} ускорения той же частицы;

2. меняют свой знак на противоположный:

- вектор переносной скорости \mathbf{v}_e ;
- вектор переносной угловой скорости ω_e ;
- сумма векторов $\mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c$ переносного и поворотного ускорений.

Исходные формулы (1), (3), (4) выражают абсолютные величины. Выразим из этих формул *относительные* величины и сравним формулы:

(7)	(8)	(9)
$\mathbf{v} = \mathbf{v} - \mathbf{v}_e$	$\omega = \Omega - \omega_e$	$\mathbf{a} = \mathbf{a} - (\mathbf{a}_e + \mathbf{a}_c)$

Обнаруженные при пересадке неподвижного наблюдателя из КС1 в КС2 изменения: обмен между абсолютными и относительными величинами и двукратная смена знака второго слагаемого в правых частях формул (7), (8), (9) делают *запись* каждого следствия (7), (8), (9) исходных формул (1), (3), (4) *идентичной по смыслу соответствующей исходной формуле*. Именно эти закономерности обеспечивают ковариантность рассмотренных уравнений кинематики. Поэтому найденные закономерности выполняются для *любой* пары КС, выбранных для исследования движений частицы.

Использованный выше термин *кинематическое равноправие* КС несколько диссонирует с сильной зависимостью простоты решения конкретной задачи от успеха в выборе той или иной, более или менее *удачной* КС. Поэтому вместо кинематического равноправия КС лучше говорить о свойстве **ковариантности рассмотренных уравнений кинематики**.

Кинематика, как раздел математики, не требует привлечения динамики с её специфическими понятиями инерциальности, неинерциальности, масс частиц и их силовых взаимодействий. Однако динамику без кинематики построить невозможно. Указанная связь определяет **ведущее место кинематики в механике**. Поскольку кинематика не требует обязательного привлечения физических взаимодействий, исторически она возникла значительно раньше динамики [97].

Но после создания абсолютной динамики, классическая кинематика обретает «второе дыхание», так как существование мировой среды выделяет **класс абсолютно неподвижных КС (АКС)**, которые неподвижны относительно мировой среды. В отличие от кинематики, в абсолютной динамике понятия **абсолютных скоростей** и **абсолютных ускорений** теряют условность, приобретая **истинную абсолютность**.

В Главах 2 и 3 доказано *динамическое неравноправие* АКС с остальными КС, так как *абсолютные* параметры движения присутствуют практически во всех точных решениях задач абсолютной динамики. Поскольку АКС неустранима из решений основных задач динамики, мы вправе назвать её **базовой КС**, относительно которой *должны* вычисляться абсолютные скорости и абсолютные ускорения частиц и точек тел.

Практические КС, удобные для решения конкретных задач абсолютной динамики, будем называть **рабочими КС**. Рабочие КС, как правило, не принадлежат к АКС, и в абсолютной динамике они делятся на собственные и несобственные КС (§8).

Поскольку в качестве базовых КС в динамике используются АКС, **переносная скорость и переносное ускорение каждой точки рабочей КС всегда совпадает, соответственно, с абсолютной скоростью и с абсолютным ускорением названной точки**. Данное свойство переносной

скорости и особенно переносного ускорения, в сочетании с 1-й аксиомой АСД, оказалось решающим для введения основного метода динамистатики, который, с целью автоматического исключения фиктивных сил из уравнений динамистатики, рекомендует выбор *собственных* КС (СКС) для решения задач на равновесие сил (§11, п.1).

В §3 продемонстрирована неоднозначность *релятивистской* кинематики при вращении астрономических КС. Вследствие этого дефекта релятивистская кинематика **не** переходит в классическую кинематику, даже при самых малых угловых скоростях вращения астрономических КС (например, в венерианской СКС), то есть не удовлетворяет принципу соответствия (§5). Пример – задача № 4 (§13), в которой удаляющееся от Земли тело через несколько суток преодолевает в собственной КС Земли «световой барьер». В релятивистской механике невозможна даже постановка задач с условиями такого рода. Однако АСД, основанная на классической кинематике, в отличие от ТО, решает такие задачи однозначно.

Среди классиков кинематики можно назвать Эйлера, Виллиса, Френе, Чебышёва, Резаля, Сомова, Ассура [68], [94]. Наследие классической кинематики, нацеленное на многочисленные технические приложения, прошло мимо творцов теории относительности, соблазнённых *необычайными перспективами неевклидовых геометрий*.¹



¹ Исключить классическую кинематику, механику и её создателей из определяющего раздела физики под названием «механика», подменив этот раздел теорией относительности, – есть релятивистская мечта-химера. Эта мечта явно руководила и составителями советского биографического справочника «Физики» [154], в котором из семи вышеназванных учёных, шестеро даже не упомянуты.

В названном справочнике мы не найдём и выдающегося русского механика Н.Е. Жуковского, академиков А.Н. Крылова, И.И. Артоболевского, М.В. Келдыша, А.Ю. Ишлинского, а также большинства других выдающихся механиков СССР и Западной Европы. Вычёркивать из «физиков» самого Исаака Ньютона составители справочника не рискнули (вероятно, за его заслуги в оптике), зато досталось классику 17 века от строгих биографов за мнимые грехи: абсолютное пространство, абсолютное время, дальное действие сил тяготения. Забавно выглядит в справочнике и *упрёк классике механики за ограниченность классической физики и механистический материализм*. При этом *собственную ограниченность* шорами релятивизма составители справочника не заметили.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Анализ важнейших экспериментов по волновой оптике с учётом эффектов FLL

В 1972 году АН СССР издала научно-популярную книгу под названием «Оптика движущихся тел», в которой были описаны десятки экспериментов по волновой оптике. По мнению её авторов, *ни одна из теорий, кроме теории относительности (ТО), «не в состоянии столь же просто и изящно, без привлечения ad hoc дополнительных гипотез объяснить всю совокупность экспериментальных данных»* [139, с.67]. На самом деле **все** эти опыты легко объясняются и субстанциальной теорией Максвелла-Лоренца, созданной до 1905 года [58]. Более того, предсказываются принципиально новые эффекты, например, *доплеровский сдвиг частоты 3-го порядка* (см. далее пункт 6), доказывающий **абсолютность движений**.

Поскольку в книге по механике отводить значительное место оптике нерационально, автор кратко рассматривает здесь только важнейшие эксперименты и доказывает ненужность ТО для их объяснения, чтобы дать ясное представление об общих методах таких доказательств.

Классическая оптика опирается: 1) на существование лоренцевой всюду неподвижной мировой среды (МС), которая не увлекается движениями тел и задаёт вектор **c** электромагнитных волн и фотонов относительно МС, а не относительно наблюдателя; 2) на классическую кинематику; 3) на эффекты FLL, то есть контракцию твёрдых тел и замедление темпа некоторых физических процессов в подвижных координатных системах (КС), как динамических эффектов движения экспериментальной установки относительно абсолютной КС (АКС), привязанной к МС (§9).

1. Первое вычисление скорости света.

В 17 веке большинство учёных были убеждены в мгновенном распространении света, особенно после неудачи Галилея при попытке измерения скорости света в опыте с сигнальными фонарями на вершинах двух холмов. Однако во второй половине 60-х годов 17 века знаменитый итальянский астроном Джованни Кассини и французский астроном Жан Пикар, наблюдая за спутником Юпитера **Ио** с острова Вен (Швеция), а затем и в парижской обсерватории, открыли странное непостоянство периода обращения Ио вокруг Юпитера, измеряемое по моментам времени затмения этого спутника Юпитером. Кассини составил подробные таблицы моментов затмений Ио за несколько лет наблюдений.

Помогавший Пикару и Кассини молодой датский астроном Олаф Рёмер, проанализировав таблицы Кассини, в 1675 году высказал *гипотезу*

о конечности скорости света. Эта гипотеза легко объясняла кажущуюся изменчивость периода обращения Ио вокруг Юпитера *изменением расстояния* между Юпитером и Землёй вследствие орбитального движения Земли, переносящего и наблюдателя. Гипотезу Рёмера вначале принял и Кассини,¹ который в августе 1675 года опубликовал заметку, где написал: *«Это неравенство возникает под воздействием света, которому необходимо какое-то время, чтобы от спутника дойти до наблюдателя. Свет тратит около 10 мин 50 секунд, чтобы пересечь расстояние, равное половине диаметра земной орбиты»*.

Кассини повезло: в 1672 г., когда по результатам измерения параллакса Марса, был найден параллакс Солнца $9,5''..10''$, был вычислен и радиус земной орбиты (131..138 млн. км – в современных единицах). В итоге, поделив радиус земной орбиты на время запаздывания света, мы получаем первое в истории вычисление скорости света: 200...210 тыс. км/с.

Погрешность 30% объясняется не только завышенным параллаксом Солнца, но главным образом недостаточной точностью водяных и ртутных часов, которые в то время были в ходу у астрономов. Их абсолютная суточная погрешность достигала нескольких *минут*. Коррекция часов ночью по звёздам помогала избежать накопления абсолютной погрешности и улучшала *относительную* точность измерений на временах в недели и месяцы. Отсюда понятно – почему Кассини получил $10^m 50^c$ вместо истинных $8^m 19^c$ (ошибка составила 2,5 мин). В описываемые времена точность несовершенных пока маятниковых часов была значительно хуже [98].

Пока точность измерений в данном опыте не очень велика, его результат может успешно объясняться как классической оптикой (КО), так и теорией относительности (ТО). В самом деле, согласно ТО, скорость света относительно инерциального наблюдателя всегда равна c . А согласно КО, названная скорость заключена в границах $c \pm v$, где v – абсолютная скорость Земли. Относительное различие между результатами ТО и КО имеет порядок $v/c \sim 10^{-4}$ (§21, п.3). Поэтому вместо $8^m 19^c = 499^c$ по ТО, мы получим по КО $499^c \pm 0,05^c$. Но чтобы обнаружить это различие, равное $0,05^c = 50$ мс, с погрешностью хотя бы 10%, требуется измерить 499^c с ошибкой не хуже 5 мс.

Именно с такой точностью необходимо фиксировать моменты времени входа Ио в тень Юпитера (или выхода из тени), чтобы опровергнуть одну из двух названных теорий. На сегодняшний день такая точность не реальна, поскольку она на два порядка превышает возможности современной техники оптических фиксаций моментов затмений Ио, который движется относительно Юпитера, к сожалению, медленно. Почти в два раза больше круговая скорость Метиды – ближайшего спутника Юпитера.

¹ Однако через несколько месяцев отказался от гипотезы Рёмера.

Идея Максвелла – использовать в качестве измерительной дистанции вместо радиуса земной орбиты поперечник орбиты Юпитера – способна улучшить точность измерения ещё на один порядок.

Пожалуй, только радиомаяк на круговой орбите вокруг Юпитера поможет разрешить эту проблему в пользу одной из конкурирующих теорий. Радиотехнические измерения (§18, §19) на несколько порядков точнее фотометрических фиксаций затмений.

2. Сравнение скоростей света в противоположных направлениях.

Введение мировой среды, относительно которой в вакууме¹ свет распространяется всегда с одной и той же скоростью $c = 299792458$ м/с, и применение классической кинематики, влечёт зависимость относительной скорости света u от абсолютной скорости v измерительного прибора. Этот факт понимали со времён Френеля и изобретали всевозможные способы измерения v , как слагаемого абсолютной скорости света c :

$$c = u + v \quad \Rightarrow \quad u = c - v \quad (1)$$

В §18 выведены формулы (38) и (39) для скорости прямой u_1 и обратной u_2 электромагнитных волн в случае их отражения от мишени:

$$(2) \quad u_1 = \frac{c}{\gamma} \sqrt{\frac{1 - x \cos \tilde{\theta}}{1 + x \cos \tilde{\theta}}} \quad ; \quad u_2 = \frac{c}{\gamma} \sqrt{\frac{1 + x \cos \tilde{\theta}}{1 - x \cos \tilde{\theta}}} \quad (3)$$

где $x = v/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1 - x^2}$. Из формул (2) и (3) получаем относительную разность скоростей:

$$\frac{u_2 - u_1}{c} = \frac{2 x \cos \tilde{\theta} \sqrt{1 - x^2}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \tilde{\theta}}} \cong 2 \frac{v}{c} \cos \tilde{\theta} \left(1 - \frac{v^2}{2 c^2} \sin^2 \tilde{\theta} \right) \quad (4)$$

где $\tilde{\theta}$ – реально измеряемый угол между вектором v и направлением измерительной дистанции, он учитывает лоренцеву контракцию угломерного инструмента (§17).

При измерении и сравнении скоростей света в противоположных направлениях возникает *проблема синхронизации* измерителей времени (часов), расположенных на концах измерительной дистанции длиной L . Неразрешимость этой проблемы путём транспортировки часов (с любой скоростью) или использования для их синхронизации световых или радиосигналов, когда абсолютная скорость v измерительной лаборатории зара-

¹ Вакуум – технический термин, то есть объём, откачанный от вещества.

нее неизвестна, была показана в §20 (п.2). Электрическая синхронизация по проводам подвержена тем же проблемам. Возможно, *это* стало основанием для категорического высказывания Пуанкаре о том, что **постулат** об одинаковой скорости света во всех направлениях **никогда** не будет проверен на опыте [99, с.426]. Эта идея Пуанкаре была положена в основу ТО.

Однако *относительность одновременности*, выводимая из данного постулата, *не является непреодолимой* по причине теоретической возможности *механической синхронизации событий*, разнесённых в пространстве, демонстрируя *классический тезис* о возможности **абсолютной одновременности** и защищая его от релятивистских атак.

Механическая синхронизация при помощи двух одинаковых зубчатых колёс, соединённых жёстким валом длиной L , который вращается электромотором, чисто теоретически рассматривалась ещё в 19 веке Майкельсоном и Морли, а в начале 20 века – Вильгельмом Вином, Швейцером и Жакобом. Реальные опыты пытался проводить болгарский экспериментатор Стефан Маринов в 80-е годы 20 века в городе Грац [100] (см. рис.).

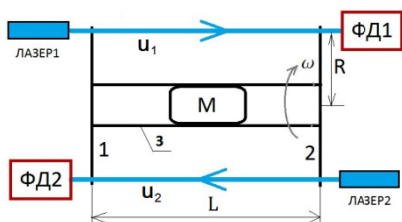


Рис.2 Упрощённая схема установки Маринова.

1 и 2 – диски; 3 – вал; М – гиомотор расположен внутри вала;
ФД1 и ФД2 – фотодетекторы лазерных пучков света, имеющих скорости u_1 и u_2 относительно установки и прошедших сквозь оба противоположные отверстия в каждом диске;
 L – расстояние между дисками; ω – угловая скорость их вращения;
 R – радиус каждого диска; b – ширина каждого дискового отверстия.
Устройства обработки фототоков, регулировки и настройки оптической схемы на рисунке не показаны.

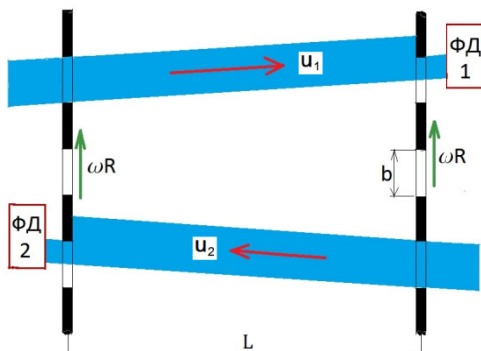


Рис.3 Ориентация световых пучков относительно дисковых отверстий

Два световых пучка, диаметром d каждый, проходят в противоположных направлениях одинаковую измерительную дистанцию L между зубцами двух колёс, попадая через щели шириной b между зубцами на два фотодетектора ФД1 и ФД2, включённые в измерительный мост, регистрирующий разность их средних фототоков Δi . В состоянии покоя или очень медленного вращения, фототоки устанавливаются одинаковыми: $\Delta i = 0$. Но из-за неодинаковых скоростей света u_1 и u_2 в противоположных направлениях, быстрое вращение колёс порождает неодинаковые смещения Δd_1 и Δd_2 световых пучков относительно краёв дальних щелей на одинаковой измерительной дистанции L между вращаемыми колёсами:

$$(5) \quad \Delta d_1 = L v / u_1 \quad ; \quad \Delta d_2 = L v / u_2 \quad (6)$$

где $v = \omega R$ – линейная скорость вращения зубцов. Подставляя u_1 и u_2 из формул (2) и (3) в формулы (5) и (6), получаем разность $\Delta d = \Delta d_1 - \Delta d_2$, которая вызывает наблюдаемый фототок $\Delta i \neq 0$:

$$(7) \quad \Delta d = 2 L \frac{v v}{c^2} \cos \theta \quad ; \quad \frac{\Delta i}{I_0} \propto \frac{L}{d} \frac{v v}{c^2} \cos \theta \quad (8)$$

где $d \leq b$; I_0 – наибольший ток каждого фотодетектора в состоянии покоя ($\omega = 0$ & $v = 0$), когда световой пучок не закрыт ближайшей щелью.

Пример. Для $L = 5$ м, $v = 300$ м/с, $\theta = 0$, $v/c \sim 10^{-4}$ (§21, п.3), получаем полезный эффект в виде разности смещений противоположных световых пучков на вращаемых колёсах: $\Delta d \sim 10^{-9}$ м.

Этот ничтожный полезный эффект (учитывая предельную скорость вращения зубцов, которая не может превысить сотен м/с) на много порядков меньше случайных *изгибных и крутильных динамических деформаций* зубчатых колёс и вала, поэтому в простой схеме, вряд ли может быть измерен с необходимой *точностью*, а главное – с *убедительностью*.

Несмотря на то, что полезный эффект пропорционален длине измерительной дистанции L , увеличение L с одновременным сохранением жёсткости вала на изгиб и кручение, проблематично из-за резкого удорожания установки, обусловленного: 1) большими габаритами и весом деталей в сочетании с прецизионной точностью их обработки по нанотехнологиям; 2) введением сложных автоматических систем высокоточных измерений динамических деформаций с целью их автоматического вычитания; 3) требованиями безопасности. Если же не беспокоиться о дороговизне эксперимента, *принципиальная возможность* измерения и сравнения скоростей света в противоположных направлениях *существует*.

3. Коэффициент увлечения света движением вещества.

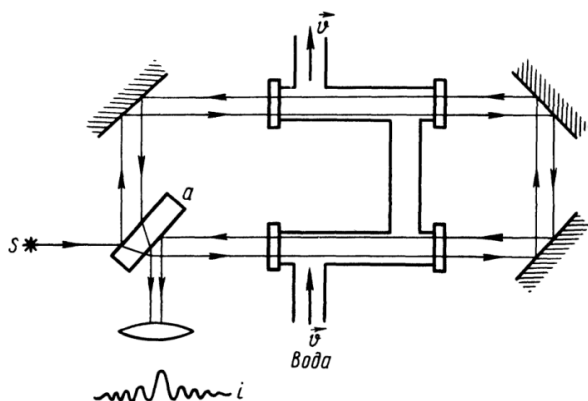
Для объяснения отрицательного результата опыта Араго с движущимися призмами Френель предложил гипотезу о *частичном увлечении*¹ «эфира» движением вещества. Из гипотезы Френеля выводилась формула для коэффициента k – *увлечения света* движением прозрачного вещества:

$$(1) \quad u = \frac{c}{n} \pm k v \quad ; \quad k = \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \quad (2)$$

где v – скорость движения вещества, n – показатель его преломления, c/n – скорость света в **неподвижном** веществе, u – скорость света в движущемся веществе, она отличается на величину $\pm kv$ ($0 \leq k < 1$).

¹ Вместо слова «увлечение» в литературе иногда ошибочно пишут «увеличение», искажая авторский смысл данного явления, принадлежащий Френелю.

Формула Френеля была подтверждена в 1851 году опытами Физо путём измерения скорости света в движущейся воде. Схема опыта изображена на рисунке ниже, заимствованном из учебника [102, с.212], где S



– источник когерентного света. Свет увлекается движением воды в двух горизонтальных трубках. При любом изменении скорости v воды возникает сдвиг полос интерференционной картины i .

Несмотря на подтверждение формулы Френеля, его гипотеза о *частичном* увлечении «эфира» движением ве-

щества, как и гипотеза Стокса о *полном* увлечении «эфира», **не** выдержали экспериментальной проверки в других оптических (а позже и в электродинамических) экспериментах [58, с.148-165].

К концу 19-го века полную победу над указанными теориями, а также и над теорией Герца, одержала электронная теория Лоренца, основанная на уравнениях Максвелла и гипотезе существования *всюду неподвижного* «эфира», **неу**влекаемого движением тел. Эта теория успешно объяснила *все* оптические и электродинамические эксперименты 19 века и была подтверждена в серии принципиально новых экспериментов, проведённых в Москве российским физиком А.А. Эйхенвальдом в 1901–1904 годах [58, с.161-165].

Френелевский коэффициент (2) выводился теперь из теории Лоренца. Но в этой теории он означал не спорное «увлечение эфира», а **увлечение света** движением прозрачного вещества.

Названное увлечение света выводится также и из квантово-статистических представлений о свете, как потоке фотонов, причём проще, чем в волновой теории Лоренца. Самый простой вывод формулы Френеля можно найти в упомянутом выше учебнике [102, с.328] в решении задачи 63.1:

«Если рассмотреть движение отдельного фотона в неподвижном диэлектрике в течение времени Δt , то в среднем в течение времени $\Delta t/n$ фотон находится в свободном состоянии, двигаясь со скоростью c , все же остальное время он находится в поглощенном состоянии в атомах. Поэтому *средняя* скорость фотона равна c/n . Если диэлектрик движется со скоростью v , то время свободного движения фотона в том же направлении равно $\frac{c}{(c-v)} \frac{\Delta t}{n}$, длительность же поглощенного состояния останется преж-

ней, т. е. $\Delta t \left(1 - \frac{1}{n}\right)$. Таким образом, за время $\Delta T = \frac{c}{(c-v)} \frac{\Delta t}{n} + \Delta t \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ фотон пройдет путь $\Delta l = \frac{c}{(c-v)} \frac{\Delta t}{n} c + \Delta t \left(1 - \frac{1}{n}\right) v$, т. е. его средняя скорость равна $u = \frac{\Delta l}{\Delta T} \approx \frac{c}{n} + v \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$.»

При желании, если учесть Лоренцеву контракцию прозрачного вещества и замедление процессов излучения и поглощения фотонов внутри атомов, можно получить более точную формулу для скорости света u в веществе, движущемся с абсолютной скоростью v при условии $u \parallel v$. Эту формулу автор вывел в 1992 году:

$$u = \frac{\frac{c}{n} \pm v}{1 \pm \frac{v}{n c}} \quad (3)$$

Формула (3) внешне совпадает с релятивистской формулой М. Лауэ, но отличается от неё смыслом скорости v : в теории относительности абсолютных скоростей не бывает.

4. Кинематическая абберация света.

Освобождённая от релятивистских догм субстанциальная теория кинематической абберации, основанная на классической кинематике и факте существования мировой среды (МС), изложена в §17. Там же сформулированы адекватные определения, понятия и термины новой теории взамен устаревших. Введение МС позволило, наконец, говорить о существовании для каждого момента времени *истинного положения в пространстве* источника электромагнитных волн (ЭМВ).

Однако, в релятивистской механике и подражающей ей классической механике, постулируется *равноправие* всех инерциальных КС, и как следствие этого равноправия – отсутствие выделенной КС. Это делает каждое наблюдаемое положение источника ЭМВ *относительным* [81] и *кажущимся*, не обладающим никакими преимуществами перед остальными кажущимися положениями при смене инерциальных координатных систем. По этой причине, понятие “истинного” положения космических светил в критикуемых теориях, на самом деле *бессодержательно*.

Поскольку *кинематическая абберация устанавливает мгновенную связь наблюдаемого и истинного положений светила*, без её расчётов не обойтись в небесной механике и астродинамике – как при вычислениях эфемерид, так и в межпланетной навигации, особенно при коррекциях перелётных траекторий АМС, а также зондов, направляемых к кометам и астероидам. Доказанная в §17 теорема о векторе кинематической абберации и выведенная из неё приближённая формула (30) помогут нам быстро рас-

считать кинематическую aberrацию в наиболее интересных случаях.

На первый взгляд, идеальным объектом для наблюдения aberrации *может показаться* любой **геостационарный спутник (ГСС)**, так как в СКЗ Земли он «висит» над поверхностью Земли почти неподвижно, имея радиус орбиты 42164 км. СКЗ Земли вращается относительно мировой среды, поэтому в геоцентрической КС (*ЗКС), которая **не** вращается относительно АКС, круговая скорость ГСС ($w = 3075$ м/с) во много раз больше скорости земного наблюдателя даже на экваторе ($v = 465,1$ м/с). В рабочей *ЗКС высота ГСС над экватором равна 35786 км, поэтому aberrационное время согласно формуле (15), §17 $\tau \cong 0,12$ с, оно на 6 порядков меньше земных суток. За это время ЦМ Земли перемещается в гелиоцентрической *КС всего лишь на несколько единиц км, что составляет ничтожную долю дуги околосолнечной орбиты Земли, поэтому можно с высокой точностью считать абсолютное движение *ЗКС равномерным и прямолинейным. За это же время ГСС переместится в *ЗКС на $wt = 367$ м, а приёмник света на экваторе – на $vt = 55$ м. Столь малые перемещения ничтожно малы в сравнении с радиусами их траекторий вокруг ЦМ Земли. Поэтому *перемещения за aberrационное время* можно считать *прямолинейными*, а скорости *постоянными* и смело применять формулу (27), §17 теоремы о векторе кинематической aberrации, а также её следствие – формулу (30), к любому моменту времени и участку траектории ГСС, ибо все условия данной теоремы выполняются с хорошей точностью.

Модуль *векторной* разности параллельных скоростей $|w - v| = 2610$ м/с. Формула (30), §17 для $i \approx 90^\circ$ даёт угол кинематической aberrации, на который наблюдаемое положение ГСС *всегда отстаёт* от его *истинного* положения на орбите: $\kappa \cong 1,8''$. Согласно указанной теореме, этот угол не зависит от движения Земли относительно МС, более того, он практически *не меняется* при её суточном вращении и орбитальном обращении Земли вокруг Солнца, а модуль вектора ΔR всегда равен 312 м.

Совокупность земного наблюдателя и ГСС можно сравнить с оптической скамьёй, упомянутой в примере, рассмотренном в §17, демонстрирующем теорему о нулевой aberrации. Существенное различие между ними в большой разнице линейных скоростей вращения, которая и даёт aberrацию от $1,8''$ до $2,1''$ – в зависимости от географической широты.

Очевидно, что пересадка наблюдателя с Земли на ГСС поменяет только знак кинематической aberrации: ближайшая точка экватора Земли будет казаться наблюдателю *всегда впереди* на 312 м от её *истинного* положения на поверхности Земли. Однако убедительно измерить наличие описанной aberrации экспериментами, практически нереально из-за трудности отличить угол кинематической aberrации от технической неточности вывода спутника на точку «стояния» по географической долготе, ведь дозволенная документами ошибка вывода ГСС на точку стояния на два

порядка больше, чем 312 м. Вдобавок, из-за лунно-солнечных приливных возмущений¹ ГСС не покоится в точке стояния, а непрерывно движется около неё и довольно быстро уходит от родной точки на угол, превышающий не только абберрационный, но и допустимый. Приходится часто включать двигатели коррекции орбиты, возвращая ГСС на его законное место.

Рассматривая кинематическую абберацию **Солнца**, как результат вращения оптической скамьи длиной ~ 1 а.е. вокруг ЦМ Солнца с линейной скоростью Земли от 29,29 км/с до 30,29 км/с, получаем угол кинематической абберации $20,15''..20,84''$ – в зависимости от скорости Земли на её эллиптической орбите. Учёт вращения Земли, то есть суточной абберации, может изменить данную величину на $0,12''..-0,32''$. Принципиальное отличие кинематической абберации Солнца от годичной абберации далёких звёзд в том, что *наблюдаемое с Земли положение Солнца всегда опережает его истинное положение в пространстве*. А вариацию мгновенной абберации Солнца из-за эллиптичности земной орбиты, составляющую десятые доли угловой секунды за месяцы, измерить непросто.

Для того, чтобы *наблюдать изменение* кинематической абберации Солнца как звёздную абберацию, наблюдатель должен **не** обращаться вокруг Солнца, а изменять свою скорость на противоположную, находясь от Солнца приблизительно с одной стороны. Для такого опыта годится спутник самой массивной планеты – Юпитера. Наблюдая со спутника за Солнцем, мы заметили бы колебательные смещения не только звёзд, но и Солнца – с периодом обращения этого спутника.

Непросто измерить и *вариации* кинематической абберации **Луны**, которая обращается вокруг геоцентрической *КС (*ЗБКС) со скоростью от 0,97 до 1,10 км/с. Согласно формуле (30), §17, из орбитальной скорости Луны нужно вычесть скорость вращения земной поверхности в точке, где находится земной наблюдатель, относительно *ЗБКС. Поэтому угол кинематической абберации для Луны равен $0,35''..0,90''$ – в зависимости от текущего расстояния до Луны, времени и широты места наблюдения на Земле.

Среди планет Солнечной системы наибольшую кинематическую абберацию (относительно земного наблюдателя) даёт **Меркурий** в его верхнем соединении (то есть за Солнцем), поскольку там он движется почти противоположно Земле. В этом случае разность орбитальных скоростей Меркурия и Земли (особенно когда Меркурий проходит перигелий) может достигать 88 км/с, а угол кинематической абберации более $60''$. Этот угол в три раза больше амплитуды мгновенной годичной абберации звёзд, наблюдаемых с Земли, и в 12 раз больше углового диаметра Мерку-

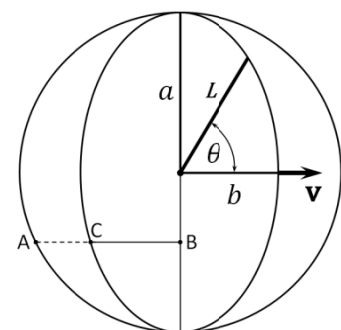
¹ Сжимающе-растягивающее приливное поле Луны (§10) превращает орбиты ГСС в некое подобие овалов Кассини (см. ответ на вопрос 31). В аналогичном процессе деформируется околоземная орбита Луны в приливном поле тяжести Солнца [188].

рия в его верхнем соединении. По существу это может означать, что самая быстрая планета физически уже скрылась от земного наблюдателя за солнечным диском, но благодаря кинематической аберрации она будет ещё долго казаться приближающейся снаружи к краю солнечного диска.

Кинематическую аберрацию в несколько раз большую, чем у Меркурия, могут дать **кометы**, пролетающие вблизи Солнца, поскольку их скорости в перигелии могут достигать многих сотен км/с.

5. Опыты с интерферометрами Майкельсона и Кеннеди-Торндайка.

Применяя классическую электродинамику Максвелла, Х. Лоренц¹ теоретически доказал, что сферическая эквипотенциальная поверхность электрического поля заряда, находящегося в покое относительно мировой



$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{AB}{BC}$$

среды,² при равномерном и прямолинейном движении заряда со скоростью v относительно последней, превращается в сжатый эллипсоид вращения (см. рис.) [58, с.166]. При этом малая полуось b эллипсоида параллельна направлению движения заряда и меньше поперечной полуоси в $\gamma = a/b = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ раз.³ Отсюда Лоренц делает логичный вывод о сжатии (*контракции*) размеров любого твёрдого тела, «каркас» которого составляют электрические заряды, причём в той же пропорции γ , по которой эллипсоид вращения

сжат по отношению к сфере, описанной вокруг него, если данное тело движется равномерно и прямолинейно относительно мировой среды.

Как видим, в гипотезе о контракции тел нет никакой «искусственности», в которой сторонники ТО упрекали Лоренца. Как раз, наоборот, из данной гипотезы никак не следует релятивистская «деформация пространства» и его «псевдоевклидова геометрия», – и то и другое – *непроверяемые математические гипотезы* [120, с.69]. До конца своей жизни Лоренц считал контракцию тел вполне *естественным и реальным* явлением, объясняемым субстанциональной электродинамикой Максвелла.⁴

Далее покажем, как легко Лоренцева контракция объясняет отрицательные результаты экспериментов с интерферометрами. На рисунке изображён эллипс с полуосями a и b , в который превращается окружность, сжатая в γ раз при движении, и плечо интерферометра длиной L , дефор-

¹ Независимо от О. Хевисайда и Дж. Фитцджеральда. [200]

² Мировая среда называлась тогда мировым эфиром.

³ γ – Лоренц-фактор. Сжатие электронной оболочки атома подтверждено расчётами в §9.

⁴ Странно то, что некоторые авторы называли Лоренца сторонником ТО [139, с.103].

мированное Лоренцевой контракцией. Обозначим: $L(\theta)$ – длина плеча, образующая произвольный угол θ с вектором абсолютной скорости \mathbf{v} . Воспользуемся формулой (см. Ф-1), доказываемой в геометрии эллипсов:

$$L(\theta) = \frac{a b}{\sqrt{a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta}} \quad (1)$$

Разделив числитель и знаменатель формулы (1) на b , с учётом того, что $\gamma = a/b$, упрощаем формулу (1):

$$L(\theta) = \frac{a}{\sqrt{\gamma^2 \cos^2 \theta + \sin^2 \theta}} \quad (2)$$

Вводя обозначение $x = v/c$, подставляем $\gamma = 1/\sqrt{1-x^2}$ в формулу (2), и получаем зависимость длины плеча от безразмерной скорости x и угла θ :

$$L(\theta) = \frac{L_0 \sqrt{1-x^2}}{\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta}} \quad (3)$$

где $a = L_0 = L(90^\circ)$ – длина плеча в состоянии абсолютного покоя, она сохраняется и при движении, когда плечо перпендикулярно абсолютной скорости \mathbf{v} .

Теорема 1. Суммарное число электромагнитных волн в вакууме, которое укладывается вдоль плеча интерферометра в процессе распространения этих волн в прямом и обратном направлениях, не зависит ни от ориентации плеча, ни от абсолютной скорости равномерного и прямолинейного движения интерферометра относительно мировой среды.

Доказательство. Обозначим количество волн в прямом и обратном направлениях N_1 и N_2 соответственно:

$$(4) \quad N_1 = L/\lambda_1 \quad ; \quad N_2 = L/\lambda_2 \quad (5)$$

где длины волн в прямом $\lambda_1 = u_1/f$ и обратном $\lambda_2 = u_2/f$ направлениях найдём подстановкой сюда из готовых формул (23) и (22) для относительных скоростей света u_1 и u_2 , выведенных в §18 для явлений радио- и светолокации:

$$\lambda_1 = \frac{c}{f} \left(\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta} - x \cos \theta \right) \quad (6)$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f} \left(\sqrt{1-x^2 \sin^2 \theta} + x \cos \theta \right) \quad (7)$$

Подставляя правые части формул (6) и (7) в формулы (4) и (5), после простых преобразований, находим суммарное число волн:

$$N_1 + N_2 = \frac{2 L f \sqrt{1 - x^2 \sin^2 \theta}}{c (1 - x^2)} \quad (8)$$

Подставляя в формулу (8) вместо L его выражение для произвольного угла θ из формулы (3), находим искомую сумму количества волн:

$$N_1 + N_2 = \frac{2 L_0 f}{c \sqrt{1 - x^2}} \quad (9)$$

Полученная сумма волн не содержит угла θ , и является константой, при условии $f = const$ & $x = const$. Однако при орбитальном движении Земли x и f связаны между собой формулой Лоренца-Лармора (1) из §19, которая описывает эффект субстанционального замедления процессов генерации электромагнитных волн:

$$f = f_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = f_0 \sqrt{1 - x^2} \quad (10)$$

где f_0 – частота генерации в состоянии абсолютного покоя. Подставляя в формулу (9) вместо частоты f её выражение из формулы (10), получаем окончательное выражение для суммарного числа электромагнитных волн в вакууме, которое укладывается вдоль плеча интерферометра в процессе распространения волн в прямом и обратном направлениях:

$$N_1 + N_2 = 2 L_0 f_0 / c \quad (11)$$

где c , L_0 и f_0 – константы в исследуемом явлении. Поэтому $N_1 + N_2 = const$. Это число не зависит ни от ориентации плеча интерферометра, ни от абсолютной скорости равномерного и прямолинейного движения интерферометра относительно мировой среды. *Теорема доказана.*

Поскольку теорема верна для каждого плеча интерферометра произвольной длины и ориентации, то она верна и для интерферометров с любым количеством одинаковых или разных плеч, соединённых последовательно или параллельно, и как угодно ориентированных в пространстве, при условии жёсткости интерферометра при его поворотах.

Данная теорема доказана автором АСД и для аналогичных экспериментов с мазерами или лазерами [101] при сравнении генерируемых ими фаз или частот, так как длина каждого радиочастотного (или оптического) резонатора испытывает точно такую же контракцию, как и длина плеча интерферометра, а частота генерации зависит от размеров резонаторов.

Теорема 2. Если интерферометр Майкельсона движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно мировой среды, *средняя* скорость света \bar{c} , измеренная как произведение средней длины волны $\bar{\lambda}$ в плече интерферометра, на измеренную частоту f данной волны, оказывается всегда равной планковской скорости $c = \bar{\lambda} f = const$.

Доказательство. Поскольку $\bar{c} = \bar{\lambda} f$, $\bar{\lambda} = 2L/(N_1 + N_2)$ – по определению, получаем: $\bar{c} = 2Lf/(N_1 + N_2)$. Согласно условиям 1-й теоремы, сумма $(N_1 + N_2)$ не зависит от абсолютной скорости интерферометра и его ориентации в пространстве. Если не редуцировать результаты измерений к АКС, то *измеренная* длина плеча L , несмотря на Лоренцеву контракцию, будет одна и та же при любой скорости и ориентации, так как движущийся рядом эталон длины испытывают одновременно точно такую же контракцию. Аналогично, *измеренная* частота f световой волны, несмотря на её замедление, будет одна и та же при любой скорости, так как движущийся рядом эталон частоты и времени испытывает одновременно точно такое же замедление. Следовательно, $\bar{c} = 2Lf/(N_1 + N_2) = \text{const}$ – при *любой* скорости, в том числе и при $\mathbf{v} = 0$. Но при $\mathbf{v} = 0$ получаем: $N_1 = N_2 = N_0 \Rightarrow (N_1 + N_2) = 2N_0$; $L = L_0$; $f = f_0 \Rightarrow \bar{c} = L_0 f_0 / N_0 = \lambda_0 f_0 = c$. Теорема доказана.

Теорема 2 раскрывает причину удивительного **постоянства** результатов измерений средней скорости света в противоположных направлениях – независимо от орбитального и суточного движения земных лабораторий относительно мировой среды.

Несмотря на то, что реальное движение физической лаборатории относительно мировой среды всегда происходит с ускорением, например, из-за суточного вращения Земли (см. также §10), однако сдвиг интерференционных полос, вызываемый этим небольшим ускорением, слишком мал для обнаружения таким способом.

Во много раз больше ускорения, возникающие при *принудительном* вращении экспериментальной установки. Такие ускорения могут вызвать дополнительный **набег фазы** (обусловленный разными факторами), который по ошибке может быть принят исполнителями эксперимента за полезный эффект. Если к тому же жёсткость деталей установки слаба, вращение неравномерно (при ручном приводе это неизбежно), ось вращения не вертикальна, а стабилизация температуры и частоты недостаточна, то результаты такого опыта вряд ли приобретут научную весомость.

6. Эффекты второго и третьего порядка смещения частоты электромагнитных волн.

Названные эффекты проявляются в чистом виде при отсутствии радиального движения ($\mathbf{w}_R = 0$) излучателя света, например, при *трансверсальном* движении (§19, $\mathbf{w}_T \neq 0$). Пусть приёмник света движется относительно АКС с *абсолютной* скоростью $\mathbf{v} = \text{const}$, лежащей в плоскости окружности радиуса R , по которой излучатель света в *СКС приёмника обращается вокруг приёмника с постоянной линейной скоростью $w_T = \omega R$ ($\omega \perp \mathbf{R}$). Относительный сдвиг δ частоты излучения f в точке приёма

заимствуем из формулы (38), §19, в которой гравитационное смещение частоты учитывать не будем (последнее было детально рассмотрено в §20 (п.п. 4–7)):

$$\delta = \frac{\Delta f}{f_{\Pi}} = \frac{c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2 - \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2} \sqrt{\frac{c^2 - W^2}{c^2 - v^2}} - 1 \quad (1)$$

Здесь \mathbf{W} – абсолютная скорость излучателя, \mathbf{c}_2 – абсолютная скорость света. *Дробь*, содержащая скалярные произведения векторов $\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2$ и $\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2$, описывает эффект Доплера-Физо. Эту дробь можно вычислить, используя готовые формулы (18) и (28) из §19, где $x = v/c$, $y = w_R/c = 0$, $z = w_T/c$, $\check{\theta}$ – текущий угол между вектором абсолютной скорости \mathbf{v} приёмника и *измеренным* направлением \mathbf{R} на излучатель:

$$\frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} = \frac{x (x - \cos \check{\theta})}{1 - x \cos \check{\theta}} \quad (2)$$

$$\frac{\mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2}{c^2} = x^2 - \frac{x(1 - x^2) \cos \check{\theta}}{1 + x \cos \check{\theta}} - \frac{x z \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}} \quad (3)$$

Радикал в формуле (1), содержащий W^2 и v^2 , описывает субстанциальный эффект Лоренца-Лармора (§5, §9 и §19). Для вычисления абсолютной скорости излучателя \mathbf{W} воспользуемся формулой (22) из §19, с учётом того, что $\mathbf{w}_R = 0$ & $\mathbf{w}_{\perp} = 0$:

$$\mathbf{W} = \mathbf{v} + \mathbf{w}_T \quad (4)$$

Учитывая, что текущий угол между векторами $\mathbf{v} \wedge \mathbf{w}_T = \pi/2 + \theta$, квадрат абсолютной скорости излучателя выразится формулой:

$$W^2 = v^2 + w_T^2 - 2 v w_T \sin \theta \quad (5)$$

После деления уравнения (5) на c^2 , перехода к безразмерным скоростям и замены абсолютного угла θ по формуле (10) из §17 *измеряемым* углом $\check{\theta}$, получаем отношение W^2 / c^2 :

$$\frac{W^2}{c^2} = x^2 + z^2 - \frac{2 x z \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}} \quad (6)$$

После подстановки в формулу (1) выражений по формулам (2), (3), (6) и последующего алгебраического упрощения результатов подстановки, получаем *точную* формулу для вычисления относительного сдвига частоты:

ты излучения в точке приёма, при равномерном движении излучателя по окружности вокруг приёмника в плоскости вектора \mathbf{v} :

$$\delta = \frac{\Delta f}{f_{\Pi}} = \frac{\sqrt{\left(1 - x^2 - z^2 + \frac{2xz \sin \check{\theta}}{\sqrt{1 - x^2 \cos^2 \check{\theta}}}\right)(1 - x^2)}}{1 - x^2 + xz \sqrt{\frac{1 - x \cos \check{\theta}}{1 + x \cos \check{\theta}} \sin \check{\theta}}} - 1 \quad (7)$$

Разложение данной формулы в ряд Тейлора по малым параметрам x и z , с точностью до слагаемых, которые можно измерить уже сегодня или в самом ближайшем будущем, имеет простой вид в безразмерном (8) и в размерном (9) виде:

$$(8) \quad \delta \approx -\frac{z^2}{2} + \frac{zx^2}{2} \sin(2\check{\theta}) \quad ; \quad \delta \approx -\frac{w_T^2}{2c^2} + \frac{w_T v^2}{2c^3} \sin(2\check{\theta}) \quad (9)$$

Первое слагаемое $-w_T^2/(2c^2)$ сторонники ТО называют “*эффектом Доплера второго порядка*”. Чтобы *опровергнуть* это **неадекватное название**, оставим в формуле (1) только $(c^2 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{c}_2)/(c^2 - \mathbf{W} \cdot \mathbf{c}_2) - 1$, то есть *доплеровскую* часть, исключив из неё радикал. Тогда вычисления относительного сдвига частоты излучения в точке приёма дадут следующее разложение в ряд Тейлора с точностью до 3-го порядка малости:

$$\delta_{\text{доплер}} \approx -\frac{w_T v}{c^2} \sin \check{\theta} + \frac{w_T v^2}{2c^3} \sin(2\check{\theta}) \quad (10)$$

Итак, в чисто доплеровском варианте слагаемое $-w_T^2/(2c^2)$ пропало. Как видим, к исследованиям Доплера и Физо эффект второго порядка $-w_T^2/(2c^2)$ в формуле (9) не имеет отношения. Указанный эффект имеет иную причину и возникает в формулах (1), (7), (8), (9) вследствие наличия радикала $\sqrt{(c^2 - W^2)/(c^2 - v^2)}$, описывающего замедление процесса генерации электромагнитных колебаний вследствие *субстанциального* эффекта Лоренца-Лармора. Эффект впервые измерили сторонники теории Лоренца Г. Айвс и Д. Стилуэлл в 1938 году. Однако сторонники ТО немедленно приписали это открытие теории относительности, а назвав его бесосновательно именем Доплера, поступили вдвойне несправедливо.

Слагаемое $w_T v^2 \sin(2\check{\theta})/(2c^3)$ в формуле (9) имеет третий порядок малости и присутствует также в формуле (10), следовательно, именно это слагаемое имеет *классическое доплеровское происхождение*. Его будущее измерение подтвердит реальность существования мировой среды и **анизотропию** физических процессов при движении физической лаборатории относительно МС. Действительно, $\sin(2\check{\theta})$ даёт нули в четырёх на-

правлениях: при $\theta = 0; \pi/2; \pi; 3\pi/2$, а между этими направлениями – при $\theta = \pi/4; 3\pi/4; 5\pi/4; 7\pi/4$; $\sin(2\theta)$ равен "+ 1", либо "- 1".

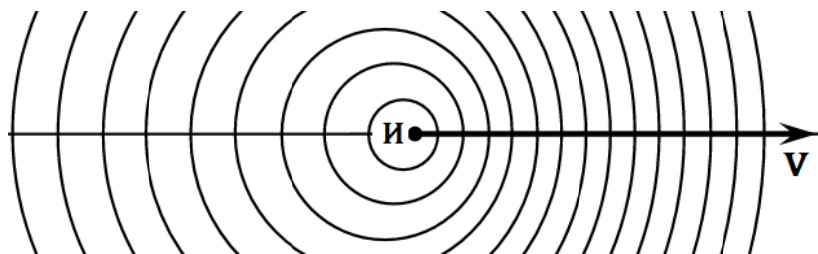
Читатель может доказать, что слагаемое 3-го порядка в формулах (8) и (9) обнуляется, когда плоскость круговой орбиты излучателя перпендикулярна абсолютной скорости \mathbf{v} приёмника. В этой конфигурации вектор \mathbf{v} образует с ортогональным вектором \mathbf{w}_\perp (§19) правый винт и указывает на **абсолютный апекс**. Измеряя в экспериментах доплеровское смещение частоты 3 порядка, можно рассчитать такую ориентацию круговой траектории излучателя, при которой эффект Доплера 3-го порядка обнулится, и таким способом вычислить абсолютную скорость \mathbf{v} приёмника излучения.

Для этой цели можно использовать НКА ГЛОНАСС: их орбиты хорошо известны, на борту НКА находятся высокоточные стандарты частоты и времени, поэтому *ГЛОНАСС может использоваться для вычисления и уточнения абсолютной скорости Земли и Солнечной системы*.

7. Эффект Харреса-Саньяка и волоконно-оптические гироскопы.

Интерферометр Майкельсона-Морли с двумя перпендикулярными плечами показал свою полную непригодность для решения задачи измерения скорости такого интерферометра относительно мировой среды, вследствие полной компенсации конкурирующих эффектов (см. пункт 5).

А нельзя ли этот интерферометр усовершенствовать? Если прямолинейные плечи интерферометра расположить **не** под углом 90° , а под углом 180° , тогда вместо ничтожного эффекта 2-го порядка v^2/c^2 (компенсируемого лоренцевой контракцией – п.5) возникнет более весомый эффект 1-го порядка v/c , обусловленный эффектом Доплера-Физо для длин световых волн в противоположных направлениях. На рисунке показан срез



мгновенной волновой картины, создаваемый источником света **И**, который движется с постоянной скоростью \mathbf{v} относительно мировой среды:

Когда абсолютная скорость \mathbf{v} интерферометра параллельна его плечам **РА** и **РВ** (рис. 1 на следующей стр.), длины световых волн в вакууме,¹

¹ В абсолютной динамике термин «вакуум» употребляется лишь в техническом смысле.

направленных по абсолютному движению и против него, согласно формуле (2), §19, окажутся различными,¹ отличаясь друг от друга на удвоенную относительную величину v/c :

$$(1) \quad \lambda_1 = \lambda_0(1 - v/c) \quad ; \quad \lambda_2 = \lambda_0(1 + v/c) \quad (2)$$

где $\lambda_0 = c/f_0$ – длина световой волны и её частота f_0 в состоянии абсолютного покоя интерферометра. Количество волн N_1 и N_2 , в каждом плече длиной L , определится формулами (4) и (5) пункта 5, а их разность $\Delta N = N_2 - N_1$ легко вычислима:

$$\Delta N = \frac{L}{\lambda_2} - \frac{L}{\lambda_1} = \frac{2Lv}{\lambda_0 c} \gamma^2 = \frac{2Lf_0 v}{c^2} \gamma^2 \quad (3)$$

где $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ – Лоренц-фактор (§9), $f_0 = c/\lambda_0$. Равноплечий интерферометр с коллинеарными плечами изображён ниже на рис. 1: **И** – источник света, **Р** – расщепитель светового пучка.

Однако проблема заключается в том, что пока концы **А** и **В** двух плеч далеко разнесены в пространстве, интерференционную картину (для измерения разности фаз на этих концах) получить невозможно.

Идея оказалась простой (рис. 2): изогнём плечи интерферометра по дугам двух половин окружности, сближив концы дуг **А** и **В** до расстояния,

Рис. 1

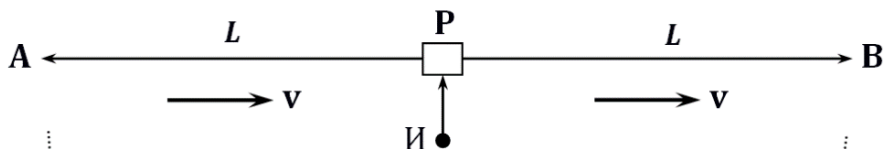
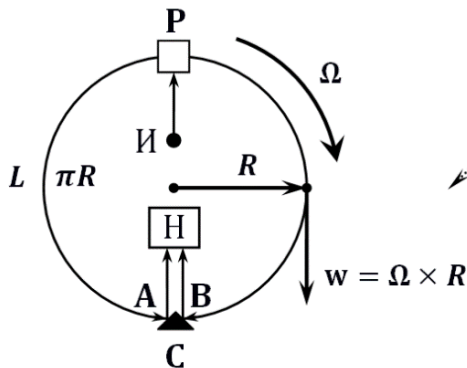


Рис. 2



¹ В классической оптике и электродинамике (в отличие от теории относительности) мгновенная пространственная картина волнового поля, в частности абсолютные длины волн, служат базовыми инвариантами для вычислений (§11).

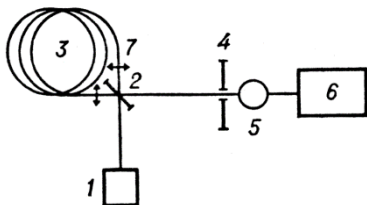
обеспечивающего получение интерференционной картины, и одновременно заменим абсолютное поступательное движение интерферометра со скоростью \mathbf{v} , абсолютным вращательным движением с такой же по модулю, но линейной скоростью $\mathbf{w} = \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{R}$, где $w = v$.

Концы плеч **A** и **B** сойдутся в точке **C**, например, на двугранном зеркале, которое направит оба пучка света в место наблюдения **H** интерференционной картины. Тогда на любом предельно коротком участке dL данной окружности сохранится прежнее соотношение модуля и направления абсолютной скорости света и абсолютной скорости данного участка интерферометра относительно мировой среды. Следовательно, на каждом участке dL будет выполняться формула Доплера-Физо и все её следствия – формулы (1) и (2) для длин противоположно направленных световых волн, а значит и формула (3). Поэтому в формуле (3) останется только заменить скорость v линейной скоростью $\Omega R = w$, а длину плеча L – длиной *полуокружности* πR . В результате этих замен вместо формулы (3) получаем обновлённую формулу:

$$\Delta N = \frac{2\pi R w}{\lambda_0 c} \gamma^2 = \frac{2\pi R^2 \Omega f_0}{c^2} \gamma^2 \quad (4)$$

которая отличается от известной формулы Саньяка заменой πR^2 площадью окружности S , а также множителем 4 вместо 2, так как для измерения абсолютной угловой скорости Ω в реальных оптических гироскопах один и тот же оптический путь используется *дважды*, как для прямого, так и для обратного хода светового пучка. Это не только экономит длину оптического световода, но что важнее, улучшает стабильность прибора при случайных деформациях световода из-за колебаний температуры и вибраций. Простейшая схема волоконно-оптического гироскопа (ВОГ), заимствованная из [202], показана ниже:

Схема волоконно-оптического гироскопа: 1 — источник света; 2 — светоделительная пластинка; 3 — катушка с оптическим волокном; 4 — диафрагма; 5 — фотоприёмник; 6 — схема обработки информации; 7 — микрообъективы.



Заинтересованный читатель, используя *коэффициент увлечения света* движением прозрачного световода (пункт 3, П2), может доказать **теорему о ВОГ**: показатель преломления $n > 1$ среды распространения не оказывает заметного влияния на результат интерференции в кольцевом интерферометре. Поэтому сдвиг полос в ВОГ определяется той же формулой (4), но, разумеется, с поправкой на число витков Z световода, которые используются, как было сказано выше, дважды, то есть с заменой множителя 2 на 4, а множителем $\gamma^2 \approx 1$ можно пренебречь:

$$\Delta N = \frac{4 S \Omega f_0}{c^2} Z \quad (5)$$

В заключение обсуждения эффекта Харреса-Саньяка¹ можно добавить следующее. Известно много **механических эффектов**, которые объясняются *абсолютностью* вращений относительно мировой среды, среди них: 1) полярное сжатие планет² центробежным полем ИТ; 2) сохранение плоскости качания³ маятника Фуко; 3) сохранение *направления оси вращения* гироскопа или планеты при отсутствии силовых возмущений.

Например, трёхосная механическая гироплатформа в невесомости, находясь вдали от космических масс, задаёт *абсолютные направления трёх координатных осей* свободно падающей координатной системы (СПКС-ЭИКС), которая не вращается относительно мировой среды.

Эффект Харреса-Саньяка знаменит тем, что он *впервые доказал абсолютность движения* с помощью *оптического* явления. Сущность данного эффекта в том, что количество световых волн, укладываемых в каждом полукольце интерферометра, *однозначно* зависит от линейной скорости вращения $\mathbf{w} = \mathbf{\Omega} \times \mathbf{R}$ кольца интерферометра относительно АКС вокруг оси, перпендикулярной плоскости кольца (абсолютное *поступательное* движение даёт лишь малую поправку).

Абсолютность данного эффекта доказывается тем, что *относительное вращение наблюдателя вокруг кольца интерферометра не способно изменить показаний прибора*. Зато изменение скорости вращения платформы с интерферометром, относительно трёхосной гироплатформы, находящейся в невесомости, даёт немедленный и абсолютный сдвиг интерференционных полос, — независимо от любых вращений наблюдателя.

Поскольку в теории относительности *отсутствуют теоретические основания* для существования абсолютных движений, то основываясь только на относительности движений, *теория относительности в принципе не может дать однозначного предсказания сдвига полос в обсуждаемом приборе*. Следовательно, предсказания теории относительности, исходящие из относительности любых движений, должны быть в принципе неоднозначными, а *удивительно совпадающие* вычисления сторонников ТО с классическим результатом в данном явлении следует рассматривать как релятивистскую *подгонку* под однозначный и хорошо известный клас-

¹ Первая идея была высказана ещё Майкельсоном в 1904 году [103, с.52-58], в 1909-1911 годах впервые и весьма искусно реализована Харресом [103, с.63-76], в 1913 году – Саньяком, а в 1925 году – Майкельсоном и Гаэлем. Все изобретатели использовали не окружности, а многоугольники, например, Харрес – стеклянный 10-угольник с использованием полного внутреннего отражения. Криволинейные световоды были изобретены позже.

² Полярное сжатие Сатурна и Юпитера заметно в хороший телескоп даже без измерений.

³ Независимо от скорости вращения планеты, если маятник подвешен на полюсе планеты.

сический экспериментальный результат – гибкость теории относительно-сти это позволяет.

В 1928 году Сергей Иванович Вавилов писал об опытах Саньяка: «Если бы явление Саньяка было открыто раньше, чем выяснились результаты опытов второго порядка, оно, конечно, рассматривалось бы как блестящее экспериментальное доказательство наличия эфира» [104].

Маловероятно, чтобы более сложный по технической реализации эксперимент умудрились осуществить раньше, чем его упрощённый вариант. Тем не менее, физика, наверное, пошла бы по созидательному пути Лоренца, а не по разрушительному пути Эйнштейна и Минковского, если бы эксперименты, подобные экспериментам Харреса и Саньяка, были реализованы до 1905 года и были истолкованы так, как изложено здесь. Факты – упрямая вещь. Теория относительности не родилась бы вовсе.

Пример. Если бы Э. Морли и Д. Миллер воспользовались до 1905 года новой идеей Майкельсона,¹ и суммарный оптический путь длиной 60 м направили **не** по взаимно перпендикулярным направлениям, а *коллинеарно* в противоположных направлениях, например, каждый путь по десяти сторонам одинаковых квадратов со стороной $a = 3$ м, с суммарным периметром $2 \times 10a = 60$ м, то даже при небольшой угловой скорости вращения интерферометра, например, $\Omega = 0,2$ рад/с, они получили бы абсолютный сдвиг интерференционных полос $\Delta N = \pm 0,1$ (при длине волны 0,57 мкм). А это более чем в 2 раза превысило бы результат Миллера 20-х годов с интерферометром на перпендикулярных плечах с суммарной длиной оптического пути 64 м. Ну а схема Саньяка ещё удвоила бы полезный эффект при той же оптической длине 60 м. Причём сдвиг ΔN не зависел бы от угла поворота, но был бы прямо пропорционален скорости вращения, а знак сдвига полос *однозначно* менялся бы при смене направления вращения, доказывая первый порядок w/c обнаруженного субстанциального эффекта.



¹ Тот факт, что Морли и Миллер **не** воспользовались в 1904 году новой идеей Майкельсона, опубликованной им в *Philos. Mag.*, 1904 (6). 8, s. 716, свидетельствует, вероятно, о том, что они эту идею недооценили. К сожалению, опыты Харреса и Саньяка серьезно запоздали: релятивистский проект шёл уже полным ходом, сметая на своём пути все препятствия [137], *остановить* его уже не могли ни опровергающие опыты, ни многочисленные критические публикации авторитетных учёных.

Заключение

Сомневаться сегодня в справедливости специальной теории относительности – всё равно, что сомневаться в существовании ядерной энергии или в реальности ускорителей элементарных частиц.¹

В первой главе описаны основные дефекты теории относительности (ТО) и показана их неустранимость в рамках релятивистской концепции, как следствие ошибочности её постулатов. Неоднозначность релятивистской математической модели отнимает у релятивистской теории предсказательную способность, превращая её в гибкую, легко приспособляемую эмпирическую модель, оперативно подгоняемую под новые экспериментальные факты [105]. Аналогичным свойством обладала, например, теория Птолемея. Гибкость её математической модели позволяла в случае необходимости манипулировать не только параметрами движений планет, но и вводить новые эпициклы, когда точность модели оказывалась неприемлемой.

В отличие от ТО, субстанциальная динамика не революционизирует механику и не противоречит ни одному факту в области своей ответственности, зато она последовательно развивает и уточняет динамику Ньютона, являясь её органическим расширением на любые скорости. АСД удовлетворяет и принципу соответствия классической динамике. По мере уменьшения абсолютных скоростей, эффекты АСД (§9 и глава3) становятся всё менее заметными, и новая динамика *плавно* переходит в динамику Ньютона.

Взамен релятивистской концепции в §5 и §6 автором АСД уточнены формулировки известных классических принципов и изложены рабочие гипотезы, развивая которые во 2-й главе, удалось построить непротиворечивую и более точную механику, способную к расчётам не только высокоскоростных процессов (глава 3), в том числе и ускорителей частиц (§9, §15 и ответ на вопрос 11), но и на основе закона сохранения массы, объяснить «дефект» масс² – основу энергетики ядерных и термоядерных реакций.

Аксиомы абсолютной динамики изложены в §7. Единственная новая аксиома, добавленная автором АСД к системе аксиом Ньютона, впервые раскрыла квантовый механизм, связывающий инертную и гравитационную массу (§6). Явление инертности,³ то есть противодействие мировой

¹ Из коллекции высказываний о непогрешимости теории относительности. [139, с.65]

² См. ответ на вопрос 15 в разделе 2.

³ Явление **инертности** (§6) следует отличать от явления *инерции*.

среды (МС) ускорению частиц и тел относительно неё, оказалось непосредственным следствием закона связи гравитационной массы и энергии частицы, который выведен из гипотезы гравитационно-квантового перехода инертной массы между МС и миром гравитирующим (МГ). В итоге отпала потребность в сомнительном принципе Маха для объяснения известного ещё Ньютону явления инертности (§7).

В §9 доказаны наиболее важные теоремы, выводимые из аксиом субстанциальной динамики для абсолютных координатных систем (АКС). В частности показано, что все эффекты Фитцджеральда-Лоренца-Лармора¹ (эффекты FLL) есть *динамические* эффекты АСД, обусловленные взаимодействием ускоряемых частиц вещества с МС: изменение массы частиц и быстроты физических процессов, контракция тел не нуждаются в дополнительных гипотезах *ad hoc*. До последнего времени арбитрами в подтверждении двух последних эффектов служили, как правило, эксперименты по волновой оптике. Анализ важнейших из них проиллюстрирован в Приложении 2. Замечательно то, что *все* оптические эксперименты (многие из которых инициировали когда-то создание теории относительности, а позднее объявлялись её подтверждениями), могут быть строго объяснены и без ТО – при помощи субстанциальной динамики, а также нерелятивистской оптики – классической, либо квантовой.

В §10 и §11, а также в главе 3, продемонстрировано применение абсолютной динамики для исследования механических явлений в ДКС – рабочих КС, которые движутся относительно мировой среды. Введено понятие поля искусственной тяжести и раскрыт физический смысл сил инертности. Показана несостоятельность известных формулировок релятивистского принципа эквивалентности.

В §11 и §13 доказана ошибочность применения общего принципа относительности и принципа Даламбера, к вычислению динамических нагрузок на тела, которые находятся в состоянии движения относительно рабочей КС. Термин-оксюморон «кинетостатика», буквально переводимый с греческого как «подвижная неподвижность», в новой механике не рекомендуется к употреблению и заменён более адекватным термином *динамистатика*.² Полный список не рекомендуемых в механике терминов, с необходимыми ссылками на текст самоучителя, размещён на Ф-3.

Долгожданный результат для теоретической механики – новый *критерий* реальности сил, как сил, вызывающих механические напряжения и деформации в телах (§10), а также новые методы решения задач, автома-

¹ Необходимо отличать субстанциальные **эффекты FLL** (§5) и их формулы, выведенные в §9, от *релятивистских преобразований пространственно-временных координат*. Авторами последних были математики А. Пуанкаре и Г. Минковский. Физика субстанциальных эффектов принципиально отличается от смысла релятивистских преобразований (§9).

² См. Предисловие.

тически устраняющие появление фиктивных сил в уравнениях АСД и помогающие грамотно идентифицировать силы инертности (§11, §13, §14).

В §13 продемонстрировано преимущество субстанциальной динамики перед классической механикой и теорией относительности при решении ряда *задач на движение* в произвольно движущихся КС.

В теоретической механике используется модель абсолютно твёрдого тела. Благодаря этой модели классические уравнения динамики твёрдого тела упрощаются. Поэтому во всех случаях, когда деформации твёрдых тел несущественны, отказываться от этой модели неразумно.

Для решения задач с частицами высоких энергий в §15 впервые публикуются общие формулы, которые опровергают принцип относительности Галилея в координатных системах, движущихся с постоянной скоростью относительно мировой среды. В физических явлениях с частицами высоких энергий проявляется субстанциальная *анизотропия* динамических процессов, которая потребовала коррекции известных формул механики, относящихся к вычислению работы, энергии и импульса в быстро движущихся лабораториях. Учёт анизотропии динамических процессов делает АСД более *точной* теорией в сравнении с ТО, построенной на принципе относительности.

В §16, кроме объяснения аномального вращения перигелия Меркурия, вычислена минимальная скорость абсолютного движения Солнечной системы, необходимая для указанного вращения перигелия. Предсказана также долгопериодическая (до десятков и сотен миллионов лет) *субстанциальная* эволюция размеров, эксцентриситетов, поворотов и наклонов планетных орбит в Солнечной системе, в дополнение к эволюции орбит, известной специалистам сегодня.

В §§17-19 доказаны важные теоремы волновых теорий кинематической аберрации и космических траекторных вычислений, в которых постоянство скорости электромагнитных волн принято только для случаев измерений относительно АКС в пространстве, не заполненном веществом. В подвижных КС эти скорости подчинены закону сложения скоростей классической кинематики, как и в теории Максвелла-Лоренца. Выведены более точные формулы, готовые для экспериментальных проверок. Описано явление *излучательной аберрации*, при помощи которого удалось убедительно объяснить недостаточную точность релятивистской теории радиолокации планет с Земли, основанной на постулате ТО об инвариантности скорости света, из-за чего релятивистские прогнозы прохождения Венеры в 2004 и 2012 годах по диску Солнца оказались неточными.

В §20 (пункты 2, 3, 7) показана обманчивость *простых* идей для измерения абсолютной скорости физических лабораторий в механических опытах. В пунктах 5 и 6 описаны идеи и выведены формулы для проведения новых экспериментов по проверке конкурирующих гипотез замедления хода квантовых часов.

Не менее интересен открытый автором D-эффект (§21), который убедительно объясняет странное, но *ежегодно и стабильно наблюдаемое ускорение суточного вращения Земли с июня по сентябрь*. На основе D-эффекта *впервые удалось вычислить модуль и направление абсолютной скорости Солнечной системы*. Из-за сильного влияния на угловое вращение Земли сезонных климатических факторов полученный результат пока не обладает высокой точностью. Поэтому задача ближайших лет – уточнение модуля и направления абсолютной скорости Солнечной системы путём совершенствования теории D-эффекта и повышения точности измерений тех климатических факторов, которые влияют на угловую скорость вращения Земли и маскируют D-эффект.

Классическая кинематика, лежащая в основе электродинамики Максвелла-Лоренца, предсказывает *эффект Доплера-Физо 3-го порядка*, который исследован в Приложении 2 (п. 6). Он даёт в случае равномерного обращения излучателя вокруг приёмника излучения по круговой орбите радиусом R со скоростью w_T , относительное смещение частоты δ до величины

$$\max(\delta) = w_T v^2 \sin(2 t w_T / R) / (2c^3)$$

где v – абсолютная скорость приёмника излучения. Если относительная погрешность измерений частоты квантовых стандартов, размещённых на спутниках глобальной навигационной системы, будет лучше $3 \cdot 10^{-14}$, то названный эффект может быть проверен уже сегодня. Успешное обнаружение эффекта Доплера-Физо третьего порядка поможет вычислить абсолютную скорость Земли и Солнечной системы *независимо* от вычислений по D-эффекту. Уменьшение погрешности квантовых стандартов частоты в перспективе до 10^{-14} и менее, превратит систему ГЛОНАСС в самый точный измеритель абсолютных скоростей и в навигационную систему, способную работать с требуемой точностью без псевдоспутников.

После уточнения абсолютной скорости Солнечной системы точность прогнозирования эфемерид естественных и искусственных тел Солнечной системы, а также точность спутниковых систем навигации для морского и воздушного транспорта, действующего в океанских просторах вдали от берегов, может быть улучшена на несколько порядков.



РАЗДЕЛ 2

ОТВЕТЫ НА АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Физическая сущность действительно понимаемого вопроса может быть объяснена без помощи сложных формул.

Энрико Ферми

Вопрос 1. В научно-популярной литературе [109], [110], [111] можно прочитывать о том, что общая теория относительности (ОТО) сделала системы мира Птолемея¹ и Коперника *равноправными*. Получается, что борьба между сторонниками этих систем была напрасной. А может действительно стороны конфликта просто не понимали *относительность* взглядов двух разных наблюдателей – Птолемея, живущего на грешной Земле, и Коперника, который сумел как бы «взглянуть» на солнечно-планетный мир из далёкого космоса?

Ответ. Ошибочно думать, что в 16 и 17 веках спорящие были настолько неграмотны, что не понимали относительности *движений*. Относительность движений – открытие отнюдь не теории относительности. Такого рода относительность была доступна разуму не только Коперника, но и всем образованным людям, его окружавшим, в том числе и служителям церкви. Джордано Бруно, за пропаганду системы мира Коперника и множественности населённых миров, был приговорён к костру инквизиции, а Галилей – тоже сторонник системы Коперника – к отречению от своих взглядов, но судили их далеко не глупцы, а те, кто со временем поняли опасность широкого распространения революционных идей.

В 19 веке был достигнут большой прогресс в развитии новых геометрических теорий, и среди некоторых математиков (с.8) вновь стала популярной идея сведения механики к геометрии в движении, то есть к кинематике.² Дело в том, что преобразования координат в кинематике *ковариантны* – вид формул для преобразований координат и некоторых параметров движения не зависит от выбора той координатной системы (КС), которая условно принимается за неподвижную КС (П1).

¹ В системе мира Птолемея все планеты, Солнце и звёзды обращались вокруг неподвижной Земли, а в системе мира Коперника центральным космическим телом было уже Солнце, вокруг которого обращалась Земля и ещё пять планет, известных в то время.

² Странно, но геометризаторы не придавали значения тому, что *кинематика* лишена механического понятия *силы*. Механика без сил утрачивает возможность расчётов конструкций на техническую осуществимость, статическую и динамическую прочность.

Первую, но неудачную попытку реализации указанной идеи, то есть механики без использования понятия силы, предпринял Генрих Герц в конце 19 века. Вторая попытка была предпринята через два десятилетия автором ОТО. В 1915 году он опубликовал уравнения теории гравитации в ковариантном виде. После чего автор ОТО сделал вывод, что реализовал указанную идею. Казалось бы, из её успешного решения следовало равноправие всех систем отсчёта, в частности, равноправие систем мира Птолемея и Коперника. Эту мысль подхватили популяризаторы науки, а в СМИ начался пиар ОТО.

Однако одной ковариантности недостаточно, чтобы в *механике* возникло *равноправие всех* систем отсчёта. Другое, очевидное и необходимое свойство ковариантной теории – широта охвата реально применяемых систем отсчёта. В системе Птолемея все звёзды обращались вокруг земного наблюдателя со сверхсветовыми скоростями, хотя Птолемей, разумеется, не мог об этом знать. Релятивистская теория, которая принципиально не допускала таких скоростей, была вынуждена изобрести *неоднозначно* деформируемые координаты,¹ которые отстают от вращения Земли и в итоге закручиваются в многовитковые спирали. В 1918 году сам автор ОТО признал «непрактичность» таких координат, заметив, что «*никто их не будет применять для исследования Солнечной системы*» (§3). Мы видим, что популяризаторы ОТО сильно *преувеличили* значение этой теории, якобы сделавшей системы мира Птолемея и Коперника равноправными.

На самом деле, всю механику нельзя свести к кинематике, так как в механике исследуют не только движения, но и вычисляют *силы*, действующие на тела (две основные задачи механики [45, §84-88]). Этим занимаются статика и кинетостатика² – два важных раздела механики. Но кинематика для такого рода задач *не предназначена* по определению.

Если же говорить о классической механике, системы мира Птолемея и Коперника *равноправны в ней только кинематически* – в силу ковариантности уравнений классической кинематики (П1). Однако обе системы не соответствуют *динамике*, так как та и другая система содержат абсолютно ненужные для динамики *эпициклы*, которые предназначены только для подгонки точности под наблюдаемые движения планет. При этом система Коперника оказалась прогрессивнее: при одинаковой точности в ней требовалось заметно меньше эпициклов, чем в системе Птолемея.

Динамическое сравнение трёх систем – Птолемея, Коперника и Кеплера³ – очевидно в пользу системы Кеплера, ибо последняя была не только точнее, но через полвека была физически обоснована динамикой Ньютона.

¹ Известный американский физик Бриджмен метко назвал их «резиновыми» линейками. Ведь они не только изгибаются, но и многократно растягиваются (§3).

² В АСД классическая статика и кинетостатика объединены в один раздел динамистатики.

³ В системе Кеплера каждая планета обращается вокруг Солнца по своему эллипсу.

В пользу прогрессивности системы Кеплера-Ньютона против системы Птолемея свидетельствует множество научных фактов, уместно напомнить лишь самые очевидные из них. 1) Сжатие Земли с полюсов. Оно было измерено в первой половине 18 века и доказало *вращение Земли* относительно звёзд, то есть показало чистую кинематичность системы Птолемея, которая неспособна давать такие объяснения. Невращающаяся Земля имела бы шаровую форму, как Венера, без полярного сжатия. 2) Маятник Фуко – самое наглядное доказательство. При его подвесе на полюсе Земли *плоскость* качания маятника остаётся *неподвижной* относительно звёздного неба. При этом Земля вращается под маятником относительно звёзд, практически не имея способа¹ увлечь маятник своим суточным вращением. 3) Механические гироскопы своей прецессией доказывают суточное вращение Земли. На этом эффекте в 20 веке было основано действие гироскопических приборов инерциальной навигации морских судов.

В сравнении систем мира Птолемея и Кеплера-Ньютона не менее интересен и *теоретический* аспект. Система Птолемея, по мере обнаружения расхождений с астрономическими наблюдениями, нуждалась в исправлениях. Исправления сводились как к числовым поправкам, так и к введению новых эпициклов. Этот факт доказывает чистую эмпиричность теории. Иначе говоря, математика Птолемея решала *ситуативную задачу аппроксимации* и готовность к непредвидимой заранее *коррекции* увиденного при помощи *подгонки* математической модели движения планет под трудно предсказуемую реальную картину неба. Это напоминает работу флюгера, который всё время подстраивается под *фактическое* изменение ветра – «держит нос по ветру», но заранее *предсказать* направление ветра флюгер не способен.

Система Кеплера, доведённая до совершенства в теории Ньютона, выгодно отличается своей точностью и предсказательностью. Механика Ньютона не требовала исправлений, наоборот, на её основе прогнозировались новые явления, с её помощью открывали новые планеты, а в 21 веке открывают и транснептуновые объекты.

Вопрос 2. В ответе на 1-й вопрос прозвучало, что автор общей теории относительности якобы воплотил в уравнениях ОТО идею сведения механики к геометрии. Однако изучение произведений Эйнштейна [113] говорит о другом – о его увлечении идеями Маха и его принципом. О том же косвенно свидетельствует и длинная цитата из статьи Эйнштейна, приведённая в §3 абсолютной динамики.

Ответ. Эйнштейн действительно был увлечён релятивистскими идеями Маха, пытаясь воплотить сомнительный принцип Маха в уравне-

¹ Только трением о воздух и в точке подвеса. Для снижения трения массивный груз маятника можно подвешивать на тонкой и длинной струне.

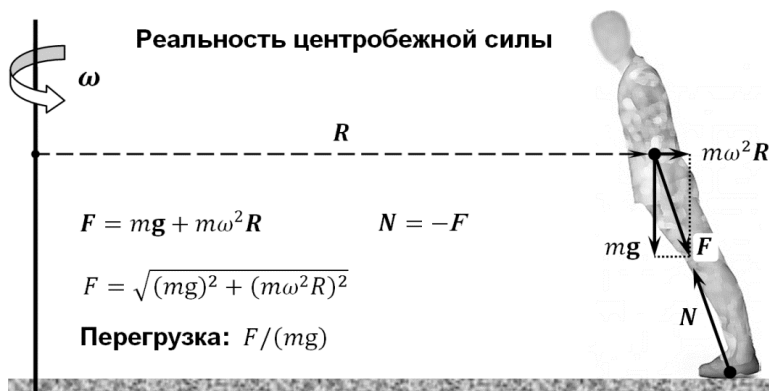
ниях тяготения. Но из этой затеи ничего дельного не получилось [190]. Не получилось это и у более искусных математиков 20 века [115, с. 586].

Вопрос 3. Чем так притягателен для учёных принцип Маха?

Ответ. Он притягателен, прежде всего, *экономией мышления*.¹ Из принципа экономии мышления в системе Маха вытекает положение об *описании* как идеале науки. В развитой науке, с точки зрения Маха, *объяснительная часть является излишней, паразитической и в целях экономии мышления должна быть удалена*. Одним из таких паразитических элементов науки Мах считал понятие причинности [138]. Покажем философские следствия экономии мышления на простых примерах из механики.

Из повседневного опыта известно, что вращение вызывает *центробежные силы инертности* (ЦБСИ). Эти силы изгибают плоскую поверхность чая в стакане при его размешивании ложкой вокруг вертикальной оси, если не менять направления вращения. ЦБСИ натягивают раскручиваемую верёвку с грузом на её конце и даже разрывают слишком быстро вращаемые детали, например лопасти скоростных турбин. Они выжимают воду из белья в центрифуге стиральной машины, а в центрифуге для тренировки космонавтов – сильно вдавливают тело человека в спинку кресла. Наконец, ЦБСИ сплющивают форму вращающихся планет.

Для быстрой смены театральных декораций устанавливают сцены с вращаемым полом. Артист, неподвижно стоящий на вращаемой сцене (см. рисунок), ощущает действие ЦБСИ,² равной $m\omega^2 R$ и направленной по радиусу от оси вращения наружу. Чтобы скомпенсировать ЦБСИ, ему придётся наклониться в направлении оси вращения и тем сильнее, чем дальше от оси он стоит. В итоге, вес артиста заметно возрастёт, и человек почувствует это, как усиление деформации ног.



¹ Например, принцип экономии мышления помогал философу Маху отрицать реальность атомов и молекул [154, с.181-182]. Критика Маха с позиции астрономов дана в статье [153].

² ЦБСИ – одно из трёх слагаемых переносной силы инертности.

На естественный вопрос: относительно чего нужно вращать тело, чтобы на него действовала ЦБСИ? На первый взгляд, ответ простой: вращать надо относительно Земли. Однако приведённый выше пример с планетами вынуждает мыслителя пойти на уточнение: вращать нужно относительно звёздного неба! Это подтверждает и поворот плоскости качания маятника Фуко, если подвесить его на полюсе Земли. Ведь на полюсе плоскость качания маятника остаётся неподвижной относительно звёзд – независимо от факта вращения Земли, а этот опыт возможен не только на Земле, но и на Луне, а также на других планетах и их спутниках с твёрдой поверхностью.

В итоге, задача решена экономно – виноваты звёзды, именно они вызывают действие ЦБСИ во всех телах, вращаемых относительно звёзд. Ну а объяснять детали, как это удаётся звёздам, Мах считал излишним (принцип экономией мышления).¹ Из принципа Маха прямо следует: если бы звёзд не было, то не было бы и сил инертности, в том числе и центробежных – Земля была бы шаром, ни одна центрифуга не работала бы, отжимать бельё пришлось бы руками и т.д.

В 1916 году автор ОТО объявил, что принцип Маха реализован им в ОТО [114]. Однако позже независимый анализ ОТО показал: если чисто математически удалить всю массу звёзд на бесконечность, то ОТО переходит в частную ТО [115, с. 586]. Однако в частной ТО явления инерции и инертности никуда не исчезают, они остаются, но остаются они по-прежнему не объяснёнными [116]. Ложь о реализации принципа Маха в ОТО долгое время выдавалась апологетами ТО за истину, дезинформируя миллионы людей по всему миру [111].

Весьма показательно издание в 1969 году в Нью-Йорке книги: «The physical Foundations of general Relativity» («Физические основания общей относительности»), в которой её автор японского происхождения D.W. Sciama опубликовал *свой* вариант реализации принципа Маха, как якобы принадлежащий “гению Эйнштейна”. Несмотря на то, что в ОТО принцип Маха не работает (это понимал и переводчик книги), брошюра-фальшивка, оперативно переведённая на русский язык, была издана в СССР в 1971 году издательством «Мир» большим тиражом под *изменённым* и более внушительным названием: «Физические принципы общей теории относительности» [117], прозрачно намекая этим названием якобы на авторство Эйнштейна.

Более полувека публику вводили в заблуждение принципом Маха не только в Европе, Японии и Америке, но и в СССР. Впрочем, и в наше время этот экономный принцип продолжает смущать умы некоторых математиков, околдованных его экономной простотой.

¹ Впрочем, австрийский философ-релятивист Мах не был первым. Английский философ Беркли высказал ту же экономную мысль на полтора века раньше.

На самом деле, центробежные силы инертности порождаются взаимодействием вращаемых тел с мировой средой (§6, §11) и в звёздах на небе не нуждаются.

Вопрос 4. Принцип относительности очень удобен, он упрощает решение многих задач. Но отказ от него породил бы неравноправие разных инерциальных систем отсчёта и потребовал бы указать *особую* систему отсчёта, в которой хоть что-то происходит иначе, чем в других системах отсчёта. Не слышал, чтобы данный принцип когда-либо нарушался.

Ответ. Принцип равноправия инерциальных систем отсчёта, впервые описанный Галилеем, уточнённый Декартом и распространённый позже на все физические явления, действительно полезен для расчётов. Без этого принципа специалистам, выросшим в эпоху его широчайшего применения, нелегко представить современную физику. Но компрометирующие его опыты *были*. Они обязаны несколькими открытиями.

В 1728 году была открыта *звёздная абберация* [58, с.147], обусловленная конечностью скорости света и описанная в §17. Представим себе, что все звёзды собраны не в созвездия, а равномерно распределены в пространстве, а значит, и по всему небосводу. Но такую *изотропную* картину увидит только *покоящийся* относительно звёзд наблюдатель. *Движение* наблюдателя искажает равномерную картину звёзд, *одновременно* смещая все звёзды на определённые углы в *направлении движения* наблюдателя. Кажущиеся смещения звёзд возрастают с увеличением скорости наблюдателя. Направление вектора скорости (апекс) наблюдателя оказывается видимым, как точка на небе, вокруг которой густота звёзд максимальна. Скорость наблюдателя легко вычисляется по разнице числа звёзд в передней и задней полусфере или же по относительным угловым смещениям нескольких *опорных* звёзд. Существование опорных звёзд делает совсем не обязательным наше пожелание о равномерном распределении звёзд по небосводу в состоянии покоя наблюдателя для того, чтобы вычислять скорость движения наблюдателя.

В 1965 году было открыто реликтовое излучение “Вселенной”, а позже и доплеровская *дипольная анизотропия* того же излучения, обнаруженная при орбитальном движении Земли вокруг Солнца [118]. В итоге была измерена современная скорость Солнечной системы относительно реликтового фона, она составила примерно 366 км/с [119]. Наличие дипольной анизотропии превратит космический аппарат (КА), отправленный со скоростью ~366 км/с относительно Солнца в направлении антиапекса¹ данного излучения, в *особую* систему отсчёта, поскольку в такой системе отсчёта реликтовое излучение окажется *изотропным*, то есть практически

¹ Апекс – точка на небе, в которую направлен вектор скорости тела, например Солнца. Апекс движения Солнца относительно реликтового фона расположен на границе созвездий Льва и Чаша. Антиапекс – точка на небе, противоположная апексу.

независимым от направления радиоприёма. Если скорость КА относительно реликтового фона будет очень большой, то её можно вычислить даже по разности температур корпуса КА в противоположных его точках.

Чисто теоретически, будущие межзвёздные и даже межгалактические аппараты смогли бы измерять не только свою *скорость*, но и *координаты* при помощи измерителей углов между опорными квазарами, либо при помощи доплеровских измерителей дипольной анизотропии реликтового фона и интеграторов скорости, не применяя других методов навигации. Такие способы навигации основаны именно на *нарушении* равноправия инерциальных систем отсчёта.

В §16 доказано, что аномальное вращение перигелия Меркурия, обнаруженное в 19 веке Леверье, объясняется не кривизной пространства-времени, как нам пытаются объяснить ОТО, а движением Солнечной системы относительно мировой среды и зависимостью массы Меркурия от его абсолютной скорости при обращении вокруг Солнца.

В §18 автором предсказано явление *излучательной аберрации*, требующее дополнительного поворота антенны радиолокатора для точного попадания радиолучом в центр мишени. Это явление было обнаружено 60 лет назад, но истолковывалось неправильно. Оно объясняется формулой (20), §18 – классическим законом сложения *абсолютной* (переносной) скорости локатора и скорости распространения радиолуча *относительно* локатора, предсказывая нарушение равноправия инерциальных систем отсчёта (см. ответ на вопрос 27).

Полвека назад была обнаружена удивительная *стабильность* летнего ускорения УСВЗ (угловой скорости вращения Земли), которую невозможно было объяснить сезонной миграцией влаги и другими случайными климатическими явлениями. В §21 автор АСД объяснил это явление периодическим уменьшением момента инерции Земли в результате ежегодной *деформации* сжатия её недр (D-эффект) вследствие изменения *абсолютной* скорости Земли при орбитальном обращении вокруг Солнца.

Нарушение равноправия инерциальных систем, как *анизотропия динамических процессов* в лабораторных КС, предсказывается субстанциальной динамикой в §15 – для *частиц высоких энергий*.

Вопрос 5. Абсолютная скорость Солнечной системы вычислена автором АСД в §21 лишь приближённо. Для её уточнения потребуются дорогостоящие исследования. Кто их оплатит? В связи с этим есть предложение назвать *абсолютную* скорость, которая входит во вторую и третью аксиомы абсолютной динамики (§7), *относительной* скоростью. Тогда механика высоких скоростей сохранила бы в себе принцип относительности Галилея. Такое решение могло бы стать разумным компромиссом.

Ответ. Данное предложение *только кажется компромиссом* между субстанциальной и релятивистской механикой. На самом деле, после за-

мены абсолютной скорости относительной скоростью, возникнет не только релятивистское равноправие некоторого класса подвижных систем отсчёта, но *исчезнет* и выделенная среди них, то есть *особая система отсчёта*, неподвижная относительно мировой среды. Тогда утратят смысл и принципиально новые – субстанциальные эффекты, обусловленные абсолютным движением и предсказанные в главе 3, а всю теорию, с её нерелятивистскими формулами, изложенную в §9, придётся истолковывать теперь в релятивистском духе. Все субстанциальные эффекты абсолютной динамики окажутся в этой компромиссной теории *взаимными*, как и в теории относительности. Следовательно, **вернётся парадокс равноправных близнецов**, ибо замедление процессов окажется *взаимно* относительным. Об этом уже было сказано в конце §4, где причиной парадокса названо именно *равноправие* инерциальных систем отсчёта и, как следствие, отсутствие выделенной системы отсчёта.

На этом неустранимом противоречии разумно закончить критику компромиссной теории, хотя можно было бы указать и другие её недостатки, например, относительность масс и сил, девальвацию статуса реальных сил инертности до жалкого статуса фиктивных сил и т.д.

Было бы странно ожидать финансирования исследований и экспериментов по уточнению абсолютной скорости Солнечной системы от тех, кому это не выгодно. Скорее всего, они будут препятствовать таким исследованиям, используя против честных учёных всю мощь административного ресурса.

В названных исследованиях и экспериментах больше всех заинтересованы специалисты, которые надеются повысить точность ГЛОНАСС без привлечения густой сети наземных станций дифференциальных поправок. Увы, такие станции (псевдоспутники) постепенно подменяют собой глобальную спутниковую систему навигации из-за *недостаточной точности её релятивистской модели* (§20, п.6).

Вопрос 6. В 19 веке предлагалось немало механических моделей мирового эфира, но все они оказались несостоятельными. Какую модель мировой среды предлагает автор субстанциальной динамики? Почему автор отказался от первоначального термина *инертный мир*?

Ответ. Уместный вопрос. Автор не фантаст, чтобы предлагать свою модель мировой среды (МС) – во многом ещё загадочной *субстанции*, о свойствах которой мы можем судить *только из результатов наблюдений и экспериментов*.

Два века назад, в результате создания О. Френелем волновой оптики, впервые удалось найти научный подход к изучению тайн мировой среды, именуемой тогда «эфиром». Явления *поляризации* света адекватно описывались в предположении *поперечности* колебаний среды распространения света. Поскольку поперечные колебания *невозможны* ни в га-

зах, ни в жидкостях,¹ можно было предположить, что мировая среда по свойствам сдвиговой упругости и плотности подобна твёрдым телам, но с гораздо бóльшим, чем у них, отношением модуля сдвига к плотности $\sim 10^{17}$ Дж/кг – в триста миллионов раз больше, чем у алмаза.

Данная субстанция явно выходила за рамки всего привычного и **не могла быть обычным веществом**. По существу речь шла о новом *состоянии материи*, удивительные свойства которой стали открываться в 20 веке, в результате успехов экспериментальной квантовой механики и квантовой электродинамики (§1). Оказалось, что свету присущи свойства частиц (фотонов), а частицам вещества – волновые свойства (волны де-Бройля). В такой ситуации *абсолютная прозрачность* мировой среды для свободного движения частиц-волн и волн-частиц перестаёт слыть невозможным чудом, как это считалось до квантовых экспериментов. Но ещё в конце 19 века Лармор представлял себе частицы, как «сингулярности» в эфире, а Пуанкаре в 1908 году – как «дырки» в сверхплотной субстанции [120].

Часть свойств этой субстанции перечислена в §1. К ним следует добавить три важных следствия АСД: оказание инертного противодействия ускорению любых тел относительно МС (§§6, 7, 11), существование абсолютного предела скорости относительно МС (§9), абсолютная прозрачность МС для волн де-Бройля, которая порождает полное отсутствие сопротивления *инерциальному* движению частиц и состоящих из них тел.

Однако любые **неинерциальные** движения частиц и тел влекут появление сил инертности, как результат их взаимодействия с МС. Неинерциальное движение может продолжаться как угодно долго, если работа полной силы инертности на некотором промежутке времени равна нулю, например, положительная работа компенсируется отрицательной работой той же силы на последующем интервале времени. Указанная особенность обеспечивает неуничтожимость движений планет вокруг звёзд и звёзд в галактиках на протяжении миллиардов лет.

Если же работа полной силы инертности на данном интервале времени не равна нулю, то энергия и масса частицы за это время изменяется как $\Delta E = \Delta m c^2$ (§6). Аналогично изменяется и энергия тел, содержащих такие частицы (§9 и §11, пункт 3).

С точки зрения электродинамики, мировая среда – идеальный изотропный *диэлектрик с единичной* относительной диэлектрической и относительной магнитной проницаемостью. Распространение в мировой среде электромагнитных волн было бы невозможно без токов смещения, предсказанных Максвеллом. По существу – это токи поляризации субстанции, а поляризация и нулевые колебания так называемого «физического вакуума» были обнаружены в квантовых экспериментах ещё в середине про-

¹ Модуль сдвига в этих средах равен нулю.

шлого века (§1). Если к субстанции применимо понятие температуры, то, скорее всего она равна абсолютному нулю, об этом свидетельствует отсутствие рассеяния света звёзд в межгалактическом пространстве наблюдаемого мира.

С точки зрения механики, субстанция, по крайней мере, в границах звёздных систем, *неподвижна* относительно себя и *изотропна* по своим свойствам. Это сплошная среда, она обладает пока неизвестной нам структурой и практически не увлекается движением тел. Частичное *увлечение* субстанции возможно только микрочастицами. Именно этим объясняется зависимость масс частиц (следовательно, и тел), от их абсолютной скорости (§9). Любое *уподобление мировой среды состояниям известных нам веществ оказывается недопустимо грубым*, так как плотность субстанции превышает плотность вещества нейтронных звёзд (больше 10^{18} кг/м³), но в отличие от нейтронного вещества, субстанция не подчиняется закону всемирного тяготения. Для физиков это **принципиально новое состояние материи, не имеющее аналогов в наблюдаемом мире**. Термин *инертный мир*, употреблённый в 1-м издании, недопустимо широк по своему смыслу, так как все эксперименты свидетельствуют лишь об особой *среде*.

Убеждённость некоторых критиков ТО в газоподобности мировой среды («эфира» в их понимании) противоречит чудовищной плотности данной субстанции (§1) и неспособности газоподобной среды пропускать свет без рэлеевского рассеяния. Не может служить газоподобный «эфир» и светоносной средой, так как световые волны – это волны *поперечные*, о чём уже было сказано выше. “Тончайший эфир” древних греков, как и декартовские “эфирные вихри”, которые якобы увлекают планеты своим движением вокруг Солнца – это даже не позапрошлый век, а *доньютоновская* эпоха в физике, успешно преодолённая более трёх веков назад.

Вопрос 7. Формулы релятивистских преобразований носят имя Лоренца. Разве логично включать релятивистские формулы в *нерелятивистскую* теорию?

Ответ. Отличный вопрос. По поводу релятивистских формул ещё в 1923 году пророчески высказался Поль Пенлеве, цитата которого приведена в конце §9. Формулы Фитцджеральда-Лармора-Лоренца (формулы FLL), первоначально понимаемые их авторами как особые эффекты, происходящие при движении в мировой среде (МС) с массами тел, а также с их размерами и быстротой процессов, изначально были не релятивистскими, а субстанциальными.¹ Их релятивистская *интерпретация* стала возможной только в итоге абсолютизации принципа относительности Галилея не только для всех скоростей, но и всех физических явлений. Экстравагантная идея принципа относительности и необходимое для этого ис-

¹ Не были релятивистами и названные авторы субстанциальных эффектов.

правление формул Лоренца, а также присвоение имени Лоренца свежеспечённым релятивистским преобразованиям координат – было сделано Пуанкаре, а затем развито Минковским в новую, релятивистскую систему Мира. Названные математики записали Лоренца в свой «релятивистский клуб», даже не спросив его согласия. Аналогично поступили авторы «Оптики движущихся тел», включив Лоренца в список «сторонников теории относительности», но уже после его смерти [139, с.103].

Но как только мы отказываемся в физике от принципа относительности в пользу существования МС, с формул FLL слетает релятивистский «макияж», нанесённый математиками.

В абсолютной динамике есть немало формул, внешне похожих на релятивистские, но субстанциальные формулы содержат *абсолютные* скорости, поэтому имеют **нерелятивистский** смысл и не порождают неустрашимых парадоксов вроде парадокса близнецов (§4).

Вопрос 8. В механике принято использовать системы отсчёта (СО). Зачем в субстанциальной динамике понадобилось заменять СО координатными системами (КС)?

Ответ. Вопрос, казалось бы, чисто терминологический. Но это только на первый взгляд. Чтобы разобраться в нём, важно *понять различие* между *реальными* предметами (их можно рассматривать с разных сторон или ощущать благодаря осязанию) и исключительно воображаемыми, то есть абстрактными, *идеальными геометрическими объектами*.

КС принадлежат к идеальным геометрическим объектам, так как координаты – это математические точки с *нулевыми* размерами, координатные оси и координатные линии – это идеальные прямые, или идеальные окружности, либо идеальные эллипсы, то есть линии *без толщины*. Координатные поверхности тоже не имеют толщины: это идеальные плоскости, идеальные цилиндры, идеальные сферы или идеальные эллипсоиды. Очевидно, что геометрические объекты «существуют» только в наших мыслях, либо в виде наборов знаков, то есть в виде формул аналитической геометрии. Изображения названных геометрических объектов на чертежах или экранах компьютеров оказывается *невозможными без искажений*, хотя бы по причине *добавления толщины* к точкам, линиям и поверхностям, а также невозможности *однозначного* изображения кривой поверхности на плоском чертеже.

Поскольку перечисленные элементы КС, не имеют толщины, они не имеют массы, нематериальны, не отражают света, а значит невидимы. Следовательно, *КС непригодны для измерения¹ координат*. Может возникнуть недоумённый вопрос: а для чего тогда нужны КС? Ответ: координат-

¹ **Измерение** – нахождение *опытным* путём числового значения выбранной физической величины в принятых единицах с оценочной точностью. / Политехнический словарь. 1989.

ные системы изобретены математиками только для **вычислений** по определённым формулам. Например, для *вычислений* координат точек, длин линий, их кривизны и кручения, экстремальных точек, свойств траекторий, поверхностей, объёмов фигур и т.д., короче говоря, – всего, что входит в компетенцию аналитической и дифференциальной геометрии, а также математического анализа, который стал возможным после публикации «Геометрии» Декарта в 1637 году. Декарт ввёл не только понятие координатной системы, но также понятие функции и её графика.

Важно отметить: для **измерений** геометрических величин используют не абстрактные КС, а *реально существующие и осязаемые* измерительные устройства: *измерительные инструменты* и *измерительные приборы*. Для измерений длин применяют линейки, штангенциркули, микрометры, рулетки, оптические дальномеры, концевые меры. Для измерений углов используют угломерные инструменты: транспортиры, лимбы и нониусы, уровни, отвесы и нивелиры, теодолиты, секстанты, меридианные круги с микрометрическими винтами. Существуют также комбинированные и автоматические инструменты и приборы.

Например, в астрономии координатно-измерительная машина *имитирует* плоскую прямоугольную КС для *измерения* координат звёзд на астрофотографиях, с погрешностью до долей мкм, она автоматически обрабатывает измерения и записывает их результаты. А в геодезической и маркшейдерской съёмке координаты опорных точек не только измеряют, но и *вычисляют* по формулам триангуляции, полигонометрии и трилатерации по итогам *измерений* базисных расстояний или углов на местности.

Прогресс техники ведёт к неуклонному росту точности всех *измерений* благодаря повышению *стабильности* и *воспроизводимости* высокоточных *эталонов*, которые входят в состав каждого измерительного устройства. Отметим, что *точность вычислений* должна быть больше точности измерений с определённым запасом, и это ей легко удаётся. Ведь точность компьютерных вычислений можно задать лучше точности измерений на любое желаемое число десятичных знаков.

Вся история измерительной техники – это история приближения к идеалу. *Идеальность* геометрических конструкций, в том числе и КС, даёт не только требуемую точность вычислений, но и *однозначность сравнения с идеалом* изменчивых реальных вещей [132], а **главное** – возможность обнаружения закономерностей в ходе измерения параметров физических процессов. Поэтому КС, как идеальные геометрические объекты с нулевыми толщинами точек, линий и поверхностей, идеально подходят для *вычислений* в современной науке и технике и *всегда будут востребованы*.

Административное насаждение ТО нарушило естественный ход развития науки. ТО навязала «резиновые» линейки и часы для конструирования СО вместо классических КС. Однако на релятивистских «эталонах» построить однозначную теорию не получилось. Релятивистская идея, с её

гиперпринципом: «всё относительно», отменяет здравый смысл [112, с.66] и помогает загнать себя в угол. «*Системы отсчёта*» – наглядная реализация релятивистской концепции, своего рода «троянский конь»¹ в механике. Это релятивистское изобретение с материальными деформируемыми линейками (§3) вместо идеальных координатных линий и осей, и с материальными, вечно отстающими часами (§4), вместо идеально идущих часов. По релятивистскому замыслу, изменчивость длин линеек должна подразумевать изменчивость и относительность самого пространства, а изменчивость хода часов подразумевает изменчивость и относительность самого времени. Идея конечно амбициозная, но, увы, *она не проверяема*. В 1924 году русский физик, профессор МГУ А.К. Тимирязев верно подметил: «*Теория относительности очень искусно забронирована от опыта*».

Вопрос 9. В §8 вводятся свободно падающие координатные системы (СПКС). Однако в приложении №1 даётся общее определение КС, где сказано: «Координатная система (КС) – идеальная, *не обладающая массой* ... геометрическая конструкция».

Если СПКС тоже *не обладает массой*, то она не будет подчиняться закону всемирного тяготения, а значит, не будет и двигаться с ускорением свободного падения. Следовательно, СПКС – это ошибка автора АСД и придётся всё же вернуться к материализованным системам отсчёта.

Ответ. Да, идеальная КС не имеет массы и не притягивается к космическим телам. Более того, идеальный безмассовый объект может двигаться даже со сверхсветовой скоростью, например в ваших мыслях, когда вы фантазируете о межпланетных или межгалактических перелётах.

Тем не менее, вы не учли важное обстоятельство. КС применяются в механике не для физических измерений, а для *математических вычислений*. По этой причине *привязка* каждой КС к исследуемому объекту всегда *виртуальна* (§8). Если этот объект (например, барицентр нескольких тел) свободно падает в поле тяготения других космических масс, то он увлекает в свободное падение и *виртуально привязанную* к нему КС, которая в данном случае превращается в СПКС. Идеальность КС необходима для обеспечения *точности* вычислений по математическим моделям и *однозначности* сравнения с идеалом изменчивых параметров реальных вещей.

Вопрос 10. В §11 автор упоминает о «виртуальном хранилище» эталонов длины и времени, якобы находящихся в абсолютном покое. Интересно, кто же будет осуществлять периодическую поверку этих средств?

Ответ. Полезный вопрос. В периодической поверке нуждаютсяся

¹ В «Илиаде» Гомера повествуется, как греческие воины, спрятавшись в деревянном коне, овладели неприступной крепостью Троя, перехитрив её защитников, которые на свою беду доставили коня в город. Ночью воины вышли из чрева коня и открыли ворота крепости.

только реальные измерительные приборы и эталоны. А *виртуальные* эталоны массы, длины, времени – *идеальны*, они служат исключительно для наших вычислений, поэтому в реальном изготовлении, реальном хранении и тем более в поверках не нуждаются.

Сказанное можно пояснить на простых примерах. Расстояния между галактиками измеряют в мегапарсеках, а земельные площади – в гектарах и квадратных километрах. Хотя никто и никогда не видел названных эталонов по причине нелепости их изготовления, это обстоятельство не мешает специалистам пользоваться этими виртуальными эталонами для вычислений расстояний в астрономии и реальных площадей на земле и на море. Чтобы перевести гектары и квадратные километры в десятины, акры или квадратные мили, нам не потребуется изготовление и этих эталонов, а только знание коэффициентов пересчёта одних эталонов в другие. Точно так же «хранятся» и применяются в расчётах любые виртуальные эталоны. Необходимые в абсолютной динамике абсолютные эталоны не являются исключением. Коэффициенты их пересчёта являются предметом настоящей теории.

Вопрос 11. Авторитетные физики пишут, что теория относительно-сти уже давно стала *инженерной* наукой.¹ Не зря ведь она изучается не только в университетах и технических вузах, но даже в школах?

Ответ. Если апологеты ТО добьются изучения теории относительно-сти и в детских садах, то даже этот удивительный факт не поможет им доказать адекватность теории относительности природе. Когда-то и теория Птолемея была **официальной** наукой. Но прогресс науки неостановим.

Кратко об инженерных приложениях ТО. Верно, усилиями математиков в начале 20 века была релятивизирована классическая **электродинамика**, а позже и многие её технические приложения, например, оптика движущихся тел, ускорительная техника, космическая радиолокация и радионавигация. Однако составная часть классической электродинамики – волновая оптика – способна с помощью классической оптики и АСД объяснить **все** оптические эксперименты без привлечения теории относительности (П2). И *это* не смотря на то, что в своё время именно оптические опыты инициировали создание ТО в начале 20-го века. Субстанциальная динамика в содружестве с классической электродинамикой сможет обеспечить и технику расчёта ускорителей заряженных частиц и мощных микроволновых генераторов, работа которых основана на «релятивистских» эффектах. А в §§17-20 выведены нерелятивистские формулы для применения в космической радиолокации и радионавигации.

Субстанциальная динамика сегодня успешно заменяет и уточняет **релятивистскую механику**. В **небесной механике** общая теория относи-

¹ Из коллекции высказываний о непогрешимости теории относительности [112], [192].

тельности (ОТО), как релятивистская теория тяготения (§2), даёт, в сравнении с законом тяготения Ньютона, лишь небольшое вековое смещение перигелия Меркурия. АСД не только объяснила известные из наблюдений смещения перигелия Меркурия (§16), но и вычислила *абсолютную скорость* ЦМ Солнца (§21), существование которой прямо опровергает теорию относительности. Отметим, что гравитационные волны и замедление *процессов* в полях тяготения должна описать будущая **субстанциальная теория тяготения** (вопрос 33).

Возвращение в физику мировой среды, признание приближённости принципа относительности и снятие релятивистских запретов откроет новые перспективы и для других инженерных приложений, особенно в **физике микромира**, поскольку ОТО несовместима с названной наукой (§1).

А насчёт **изучения теории относительности в школах** хорошо высказался в 1908 году автор принципа относительности [58], [123] французский математик Анри Пуанкаре, он предвидел тот разрушительный характер, который внесёт релятивизм в систему школьного образования:

«Новые теории еще не доказаны. У них еще много дефектов. Они лишь опираются на совокупность вероятностей, достаточно серьезную, чтобы не относиться к ним с пренебрежением. Последующие эксперименты, очевидно, покажут, что мы должны думать по этому поводу... В заключение да будет мне позволено высказать пожелание. Предположим, что через несколько лет эти теории пройдут новые проверки и выйдут из этого испытания победительницами. Тогда нашему школьному образованию будет грозить серьезная опасность: некоторые преподаватели, несомненно, захотят найти место для новых теорий. Новизна всегда так привлекательна, а казаться недостаточно передовым так неприятно! Во всяком случае, захотят ознакомить детей с новой точкой зрения, и, прежде чем обучать их обычной механике, их предупредят, что она уже отжила свое время и годилась разве только для этого старого глупца Лапласа. И тогда они не усвоят обычной механики. Правильно ли предупредить учащихся, что она дает лишь приближенные результаты? Да! Но позже! Когда они проникнутся ею, так сказать, до мозга костей, когда они привыкнут думать только с ее помощью, когда не будет больше риска, что они разучатся, тогда можно будет показать им ее границы. Жить им придется с обычной механикой, это единственная механика, которую они будут применять». [157, с.515]

Предупреждение Пуанкаре не было услышано. Автор АСД просмотрел десяток учебников физики для 11 класса средней школы, изданных в России разными авторами в 21 веке. Из них только два не содержат специальной главы о ТО. Это “упущение” скомпенсировано в одном из учебников упоминанием автора теории относительности 66 раз! Наверно без таких *реверансов* учебник не издали бы.

Вопрос 12. Приверженность автора АСД концепции близкодействия удивляет. В последние годы было немало сообщений об успешных квантовых экспериментах по телепортации. Что же это – как не *мгновенная* передача информации, причём на какое угодно большое расстояние?

Ответ. Ожидаемый вопрос. Термин «телепортация» – яркий пример *псевдонаучного пиара* реального явления, как якобы мгновенной передачи информации на любое расстояние посредством пары частиц с квантово-сцеплёнными состояниями. *Такая интерпретация* противоречит не только концепции близкодействия, но и действительности. Если два адресата, удалённые друг от друга, заранее предупреждённые об условиях опыта, *одновременно* получают взаимно связанную противоположную информацию, то делать отсюда далеко идущий вывод о мгновенном обмене информацией якобы *между* адресатами в момент одновременного получения ими этой информации – либо заблуждение, либо преднамеренный обман. Разоблачение тривиально: пути передачи информации соединяют источник информации с двумя получателями, но *между* получателями никакой информации не передаётся *по условию* эксперимента.

Нередко распространяемая в СМИ неверная интерпретация явления под неуместным названием *телепортация*, как и сам термин, берут начало в *позитивистской* философии [25] представителей копенгагенской школы квантовой механики (Н. Бор, В. Гейзенберг). Позитивисты отрицают объективность существования параметров у микрочастиц, пока они не измерены наблюдателем. Реальностью для них является лишь *момент* измерения. Как анекдот, уместно привести здесь вопрос Эйнштейна Бору: «Вы действительно считаете, что Луна существует, *только* когда вы на неё смотрите?». Ответ Бора: «Конечно, если луна – микрочастица».

Вопрос 13. В субстанциальной динамике, основанной на законе тяготения Ньютона, в §10 автор вывел формулу для вычисления абсолютно-го ускорения свободно падающего тела, и заявил, что упомянутое ускорение определяется суммой сил тяготения *исключительно тел Солнечной системы*, но тела вне Солнечной системы якобы не оказывают на это ускорение заметного влияния.

Однако ещё в 19 веке немецкие учёные Карл Нейман и Гуго фон Зелигер строго доказали, что в бесконечной Вселенной силы тяготения, выражаемые законом Ньютона, оказываются *неопределёнными*. Это доказательство получило название **парадокса Неймана-Зелигера**. Из этого парадокса следует, что в механике Ньютона должно быть *неопределённым* и абсолютное ускорение свободного падения. Именно поэтому в общей теории относительности (ОТО) используются только *относительные* скорости и ускорения [121].

Ответ. *Природа не знает парадоксов*, они – следствия только интеллектуальной деятельности людей. Парадоксы, как логические противо-

речия, выявляются либо в неудачных теориях, но тогда они служат индикаторами этих ошибочных теорий, либо возникают в головах и трудах теоретиков в форме *неверной интерпретации* добротной теории.

*Закон тяготения Ньютона не знает неопределённостей в границах наблюдаемого мира.*¹ Но если работающая теория чисто теоретически отказывается работать на *бесконечности*, то есть за границами Наблюдаемого Мира, то этот факт компрометирует не теорию, а только амбициозность мышления *теоретиков*, которые пытались раньше и пытаются в наше время экстраполировать действие работающей теории наблюдаемого мира на *всю* Вселенную, полностью игнорируя принцип проверяемости (§5).

Фантазии о гравитационном парадоксе в бесконечной Вселенной не давали спокойно спать математикам. Но физики исследуют наблюдаемый мир, а наука, называемая физикой, должна работать только с проверенными фактами. По этой причине автор АСД обходится без философского термина *Вселенная*, который гордо, но неуместно эксплуатировался автором ОТО.

В отличие от математиков 19-го века, физик 20-го века видит на практике чёткую **иерархическую структуру наблюдаемого мира**.² На его нижнем уровне – **микромир** атомов, который подчиняется в основном законам квантовой электродинамики и ядерной физики. На следующем уровне – **макромир** веществ, в котором доминируют законы термодинамики, химии и биологии. На верхнем уровне – **мегамир** космоса, в котором доминируют законы гравитации. Интересно, что законы абсолютной субстанциальной динамики, хотя они не являются доминирующими, тем не менее, оказываются работающими на каждом из уровней данной иерархии, устанавливая связь названных уровней через законы механики. Есть ли у нас убедительные основания ограничивать Мироздание *только тремя* названными уровнями с хорошо известными законами?

Парадокс Неймана-Зелигера следует интерпретировать **не** как опровержение закона тяготения Ньютона на бесконечности (впрочем, безосновательное – из-за невозможности *экспериментально проверить на бесконечности* исследуемую математическую модель), а как *возможность* существования более высокого – четвёртого уровня иерархии Мироздания с новым доминирующим законом, который непринуждённо устранил и названный парадокс (если он не заблуждение). Такая гипотеза больше импонирует автору, чем *бесплодное празднословие о свойствах Вселенной на бесконечности*. Ведь законы четвёртого уровня иерархии, надо полагать,

¹ В таблице §10 на с. 56 вычислены для сравнения напряжённости различных полей тяготения, начиная от Земли, Луны и Солнца, и кончая полушарием наблюдаемого мира.

² В отличие от гипотезы Ламберта, который ещё в 18 веке предлагал иерархическую структуру Вселенной, иерархия в описанной здесь структуре наблюдаемого мира учитывает не только различие масштабов, но предполагает и *обновление* перечня *доминирующих* законов природы одновременно со сменой масштабов.

работают не только за горизонтом наблюдаемого мира, но и в наблюдаемом мире. Но здесь они не являются доминирующими, и наверное по этой причине ещё не открыты.

В заключение, несколько слов о “равноправии” относительных скоростей и относительных ускорений в ОТО. Этот тезис оказался несостоятельным. В отношении ускорений он исследовался академиком В. Фоком и кратко изложен в §2. Полная непригодность принципа равноправия относительных ускорений в динамике реальных тел была показана и на конкретных примерах в §10 и §11. *Приближённость* принципа равноправия относительных скоростей доказывается в субстанциональной динамике и исследуется в 3-й главе данной книги, а также в Приложении 2.

Вопрос 14. Автор АСД часто критикует математиков. Но ведь без математики не было бы и физики.

Ответ. Есть такой миф. Жил-был в Древней Греции очень искусный скульптор. Звали его Пигмалион. Много лет работал Пигмалион и изваял прекрасную статую – девушку. Удивительно красива была та девушка, она часто являлась ему во снах, и влюбился Пигмалион в своё творение, и возмечтал он увидеть её живой. Узнав об этом, богиня любви оживила статую, и таким образом наградила скульптора за его любовь.¹

А теперь попытаемся осмыслить то, что писал в 60-е годы 20 века известный ирландский физик-теоретик и математик Джон Лейтон Синг:

«Я провожу четкое различие между реальным, Действительным миром (Д-миром) и несколькими Модельными мирами (М-мирами) созданными человеческим умом. Следовало бы воздать хвалу тому, кто додумался до различения этих миров.² Кроме того, я предлагаю обозначать термином "синдром Пигмалиона" такое психическое заболевание, при котором утрачивается чёткое различие между Д-миром и М-мирами... С той поры как я придумал термин «синдром Пигмалиона», я «просвещаю» на этот предмет всех моих знакомых физиков-теоретиков и убеждаюсь в том, что эта болезнь чрезвычайно широко распространена» [122].

Аналогично Пигмалиону, некоторые из выдающихся математиков всерьёз верили и верят, что создаваемые ими математические шедевры – красивые теории – не изобретения человеческого ума, а сама действительность (реальность), одушевляемая изящными формулами.

Твёрдая вера в то, что наш Мир управляется идеями, – ядро идеалистической философии Платона. Великий французский математик Анри Пуанкаре – настоящий автор начального варианта теории относительности

¹ Похожий сюжет, но уже как фарс, был разыгран в известном фильме «Формула любви».

² Впервые затронул эту тему итальянский философ Джамбаттиста Вико в книге «О современном методе исследования» (1708 г.).

[58], [123] – отнюдь не был идеалистом. Он изложил свою теорию в 1905 году не как истину в последней инстанции, а как **гипотезу**. Даже в 1908 году Пуанкаре *осторожно* заметил: «*Выше мы разобрали причины, побуждающие нас рассматривать принцип относительности как основной закон природы. Посмотрим, к каким следствиям приведёт этот принцип, если мы будем считать его окончательно установленным*» [157, с.502].

В отличие от Пуанкаре, в том же 1908 году математик Герман Минковский, развивая идеи четырёхмерной релятивистской теории, начал популяризировать свои математические фантазии не на математическом симпозиуме, а на съезде *естествоиспытателей* и врачей, где изрёк следующее: «*Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции, и лишь некоторый вид соединения их должен ещё сохранить самостоятельность*» [124], [125].

Автор АСД восхищается удивительными достижениями математической науки. Однако, когда математик далёк от запросов *прикладных* наук, он легко ошибается в расстановке приоритетов и в попытках толкования результатов математических исследований. Ведь красота выводимых им формул оказывается для него, как правило, дороже физической необходимости *точности* расчётов реальных явлений и процессов, изучаемых науками о природе.

На самом деле ***природа предоставляет шанс тем математикам, кто умеет своевременно укрощать свою математическую фантазию, сверяя её с богатым экспериментальным наследием науки***. Именно так создавали свои бессмертные физические теории математик Исаак Ньютон и математик Джеймс Максвелл. Вот с кого и ныне можно брать пример тем математикам, которые возомнили себя физиками, увлекаясь изобретением всё новых, но безнадежно *непроверяемых* теорий, тем не менее, презентуемых ими как физические.¹

Академик Алексей Николаевич Крылов любил цитировать изречение английского биолога Томаса Гексли: «*Математика подобно жёрнову, перемалывает то, что под него засыпают, и как засыпав лебеду, вы не получите пшеничной муки, так исписав целые страницы формулами, вы не получите истины из ложных предпосылок*».

Вопрос 15. В субстанциональной динамике инертная масса сохраняется. Но в литературе по физике можно прочесть о превращении массы в энергию, энергии в массу, а также о дефекте массы. С чем это связано?

Ответ. Это связано, в основном с тем, что в теории относительности (ТО) *недопустимо* говорить о массе в движении [55], а только о массе покоя. Обратите внимание: массу покоя в ТО называют просто «массой».

¹ Пример *непроверяемой* математической теории, которую называют физической теорией – *теория струн*, она рекламировалась некоторыми математиками как ТЕОРИЯ ВСЕГО...

Если при столкновении частицы с античастицей, имеющих **ненулевую** массу, происходит их аннигиляция с рождением фотонов, то на релятивистском языке это явление влечёт “исчезновение массы”: согласно ТО, фотоны, обладающие нулевой массой покоя, не обладают ею и в движении, поэтому их называют «безмассовыми частицами». Однако фотоны обладают импульсом и энергией, следовательно, в процессе аннигиляции (с релятивистской точки зрения) “масса превращается в энергию”.

Невозможность в ТО безупречного введения *относительной* массы в движении обусловлена её внутренней противоречивостью [57]. Действительно, для наблюдателя, летящего с *околосветовой* скоростью, вся окружающая его Вселенная многократно увеличит свою массу, а значит, и взаимное *притяжение* всех тел. Дело может пойти и до коллапса Вселенной. Столь дурной исход и его очевидная абсурдность заставляет сторонников ТО отказаться от релятивистской массы, то есть от массы в движении [55].

Введение в АСД *абсолютной мгновенной массы*, которая не зависит от выбора рабочей координатной системы (и движений наблюдателей), парадоксов не вызывает: в изолированных системах инертная масса никуда не исчезает и сохраняется (§9). Более того, коррекция закона тяготения Ньютона (§7) предусматривает зависимость масс космических объектов от их *абсолютной* скорости, то есть от скорости относительно мировой среды (МС). Это уточнение закона всемирного тяготения в абсолютной динамике успешно использовано автором в §16 для *доказательства абсолютного движения Солнечной системы* относительно МС.

В субстанциальной динамике *фотоны имеют не нулевую массу*: $m = hv/c^2 \neq 0$ (§9). «Нулевая масса покоя» – всего лишь математическая абстракция, так как в состоянии покоя относительно МС фотоны в принципе **не** могут существовать. Поэтому в субстанциальной динамике сугубо релятивистский термин «безмассовые частицы» теряет физическое содержание и не применяется.

Не рекомендуется к применению и термин «дефект» массы, так как причина его введения – то же самое релятивистское недоразумение с превращением массы в энергию. Работа по удалению друг от друга на бесконечность всех частиц устойчивой механической системы называется *энергией связи* $E_{\text{св}}$ данной системы частиц. Она расходуется на увеличение энергии статических полей разделённых частиц: электрического, магнитного, гравитационного, внутриядерного. Когда процесс идёт в обратном направлении, эта энергия *выделяется* в форме различных излучений. Поскольку в субстанциальной теории все *физические* поля обладают массой, то говорить о дефекте (изъёме, исчезновении) массы нелогично, так как *закон Ломоносова* [195] о сохранении массы изолированной системы взаимодействующих частиц и тел работает и в субстанциальной динамике.

Например, при ядерных реакциях вылетают гамма-кванты, то есть фотоны высоких энергий. Их масса (если пренебречь изменением массы

статических полей частиц) и есть тот самый «дефект» массы $\Delta m = E_{\text{св}}/c^2$, который относится к *продуктам выхода* ядерной реакции. **Убыль** массы ядер в ядерных реакциях вместо «дефекта» массы звучит более адекватно.

Интересные явления происходят в процессах рождения и эволюции звёзд. Вследствие гравитационного сжатия газопылевого облака его температура растёт, облако теряет свою энергию и массу на тепловое, а затем световое излучение и истечение плазмы (звёздный ветер). Однако усиление *гравитационного поля* зарождающейся звезды, энергия и масса которого *отрицательна*, порождает кажущийся *эффект убыли массы звезды* по мере удаления от её поверхности. Отрицательную полевую добавку к массе звезды называют *гравитационным дефектом массы*. Для Солнца эта добавка достигает лишь $-1,26 \cdot 10^{-8}$ от его массы, по мере удаления от орбиты Меркурия к орбите Нептуна. На много порядков она больше для плотных звёзд: белых карликов, нейтронных звёзд и чёрных дыр [193].

Ошибочным оказалось и утверждение ТО об эквивалентности массы и энергии, так как любая масса всегда обладает инертными свойствами, а гравитационные свойства в ней включаются и выключаются в результате затраты или выделения энергии в соответствии с законом ВГСМ: $dE = c^2 dm$ (подробности в §6).

Вопрос 16. Сравнение теории относительности с нерелятивистскими теориями не в пользу последних. Теория относительности основана на *простых* постулатах, обладает громадной *общностью* и математической *красотой*, к тому же она регулярно *подтверждается* экспериментами. Напрасно автор данной книги так нелоялен к гениальной теории.

Ответ. ТО создавалась крупнейшими учёными своего времени. К началу 20 века математический аппарат ТО был уже подготовлен трудами Г. Римана, С. Ли, Э. Картана, Г. Риччи-Курбастро, Т. Леви-Чивиты. Основной вклад в разработку ТО внесли: Х. Лоренц, А. Пуанкаре, Дж. Лармор, М. Марич, М. Планк, Г. Минковский, М. Гроссман, Д. Гильберт, К. Шварцшильд, А.А. Фридман, В.А. Фок. Подавляющее большинство из них – математики. От математиков – простота¹ постулатов, «красота» и громадная область охвата. Однако гениально обобщённая теория противоречит не только фактам (§1, §18), но и себе (§4).

При создании новых научных теорий полезен принцип *бритвы Оккама*: не создавать лишних сущностей, то есть обходиться минимумом исходных положений. Субстанциальная динамика добавила только *одну* новую *аксиому* к системе аксиом Ньютона (§7) и добилась непревзойдённых результатов в области своей компетенции (§12).

¹ Простота постулатов ТО обернулась излишней математической сложностью, которая стала предметом гордости апологетов ТО. Математическая сложность придаёт дополнительную гибкость теории, но она же источник *неоднозначности* её математической модели.

Теория относительности ввела *три* постулата: 1) постулат равноправия инерциальных координат для *всех* физических процессов, 2) постулат инвариантности скорости света, 3) постулат эквивалентности (ПЭ) полей тяготения и ускорений КС. Избыток надуманных постулатов привёл к неустранимым дефектам: 1-й постулат породил логический парадокс часов (§4), 2-й постулат – неточность прогноза движения Венеры по диску Солнца (§18), а 3-й постулат оказался несовместимым с энергией физического вакуума, которая не может гравитировать, как того требует ПЭ (§1).

В основу ТО была положена *неоправданно* обобщённая, и по этой причине, *приближённая* математическая модель реальности, основанная на чрезмерно широком понимании принципов относительности и эквивалентности. Однако в конкурентной борьбе выигрывают не те теории, математические модели которых обладают большей общностью, а теории более *точные*. *Схоластическая* простота и *воображаемая* красота релятивистской модели на поверку оказалась лишь грубой авангардистской картиной более утончённой действительности.¹

Теория относительности с самого начала появилась как *феноменологическая* теория, так как традиционно пренебрегала физическими объяснениями своих релятивистских эффектов-феноменов, выводимых из математической модели. Релятивистская модель отвечает лишь на вопросы «как?», оставляя без ответа множество вопросов «почему?»² Зато она цинично отнимает физический смысл у хорошо известных в классической физике понятий силы, массы, расстояния, времени, скорости и т. д., придавая им *исключительно относительный, субъективный характер*, зависящий от измерений произвольным наблюдателем.

Отрицая единственность объективного описания физических процессов и явлений, и дискредитируя понятие здравого смысла [112, с.66], теория относительности несёт с собой *разрушительное* релятивистское начало [134], оказывая негативное влияние на мировоззрение неокрепших умов, которым теория относительности навязывается для изучения, начиная со средней школы (см. ответ на вопрос 11). Nothing will remain the same as it was before – *ничто не останется таким же, как было прежде* – вот тезис релятивистской революции современности.

Однако на смену феноменологическим теориям через какое-то время неизбежно приходят *детальные* теории, объясняющие то, что не удалось сделать первым. В отличие от релятивистской механики, субстанциальная динамика свободна от релятивистских недостатков, она не является спекулятивной теорией и исходит **не** из финалистских постулатов (см. вопрос 29), а опирается на *надёжно проверенные факты* и возможность *экспери-*

¹ Очень хорошо об этом сказано Емельяновым А.В. в Послесловии к его книге [208, с.160].

² Феноменологический подход к исследованию явлений природы является основополагающим методом познания в философии позитивизма [25].

ментальной проверки выводимых из неё новых следствий.

Субстанциальная динамика легализовала мировую среду и связанную с ней абсолютно неподвижную координатную систему (АКС), как базовую КС. Новая теория не нуждается в релятивистском пространстве-времени Минковского, так как базируется на богатой по содержанию и более эффективной на практике классической кинематике [94].

Вводя АКС, с покоящимися в ней абсолютными эталонами длины и времени, абсолютная динамика спасает физиков от *неоднозначности*, которая оказалась неустранимым дефектом теории относительности при расчётах детерминированных процессов. Из факта деформации тел и отставания часов в подвижных КС делать выводы об искажениях самого пространства и самого времени нелогично. Любые практические измерения можно всегда редуцировать к *абсолютным* величинам. Более того, можно создавать и абсолютные модели механических процессов.

Поэтому для исправления дефектов ТО требуются пусть менее общие, зато более *точные* и детальные теории. Было бы хорошо, если детальные теории оказались проще теории относительности. Окажутся ли они изящными – увидим, но для физиков, в отличие от математиков, этот вопрос не на первом месте. На первом месте должна быть **точность**, диктуемая практическими приложениями.

Ну а регулярность “подтверждений” *несостоятельной теории* экспериментами указывает на нечто другое. Эксперименты ведь бывают разными. Чтобы разобраться в их назначении, полезно разделить их на несколько родов: **эксперименты первого рода** способны опровергнуть одну или несколько *реально* конкурирующих друг с другом теорий, а эксперименты *второго рода* на такое не способны (например, из-за недостаточной точности измерений), так как они “подтверждают” сразу несколько конкурирующих теорий. Бывают и эксперименты *третьего рода* – они поновому опровергают давно уже опровергнутую и отброшенную теорию. Никогда не упоминать об экспериментах первого рода, но регулярно ставить эксперименты второго и третьего рода, а также *пиарить* эти опыты, как подтверждающие *именно* ТО, – любимое занятие апологетов релятивизма на протяжении всей истории существования ТО.

О нелояльности. В отличие от математики, *физика – наука о действительности*. Странникам теории относительности может быть нелегко читать критику любимой теории, но ведь природа не всегда следует простым и изящным принципам. Действительность подчас оказывается совершенно иной, когда независимому исследователю удаётся заглянуть глубже уровня красивой математической поверхности. Знать это, но молчать и притворяться, оставаясь *лояльным* к несостоятельной теории?

Вопрос 17. В динамике Ньютона ускорение частицы обусловлено действием на неё равнодействующей внешних сил, направленной по уско-

рению. Если равнодействующая равна нулю, то и ускорение равно нулю. Но в абсолютной динамике первая аксиома утверждает, что на ускоряемую частицу действует не только внешняя сила, но и противоположная ей сила инертности, причём обе силы реальны и всегда уравновешены.

Непонятно – как уравновешенные силы могут ускорить частицу? Ведь их векторная сумма равна нулю. Налицо парадокс!

Ответ. В 17 веке в механике на смену закону Аристотеля пришёл закон инерции. Для движения по инерции сила оказалась вообще не нужной. Тем самым был скомпрометирован закон Аристотеля, категорически требовавший силу не только для приведения тела в движение из состояния покоя, но и для продолжения его равномерного и прямолинейного движения.

Нынешняя ситуация в механике не менее принципиальна. Только теперь речь идёт не об известных силах нашего гравитирующего мира, а о силах реакции со стороны мировой среды (МС) – *силах инертности*. В классической механике аналогичные силы назывались силами инерции. Вопрос о реальности, либо фиктивности сил инерции поделил всех механиков на два непримиримых лагеря.

На рисунке показан гимнаст на кольцах. Под действием сил тяготения Земли его руки ощущают деформации сжатия, а туловище и ноги – деформации растяжения. Но гимнаст почувствует практически такие же деформации, если его кольца подвесьт в поступательно и прямолинейно ускоряемой ракете (ускорение ракеты: $\mathbf{a} = -\mathbf{g}$), в которой вместо реальных сил тяготения действуют, как известно, силы инерции. Следовательно, силы инерции действуют на ускоряемые тела, деформируя их, как силы тяготения, а потому настолько же *реальны* (критерий реальности сил).

С одной стороны, эти силы создают в поступательно и прямолинейно ускоряемом теле практически такие же деформации, какие создаются силами тяготения. Но с другой стороны, по третьему закону Ньютона должно быть какое-то *тело*, которое действует силой инерции на ускоряемое тело. Если же такое *тело* отсутствует, то по Ньютону сила инерции не реальна, а *фиктивна*. Предположим, что мы нашли нужное *тело*. Но тогда возникает **парадокс равновесия сил**, указанный в Вашем вопросе.



В классической механике проблема сил инерции неразрешима. Дело в том, что принцип относительности Галилея несовместим с существованием МС, так как влияние скорости земной лаборатории относительно МС на физические процессы противоречит данному принципу. Поэтому классическая механика послушно следует указаниям релятивистской механики и отвергает МС как реальность. Печальный итог: классическая механика

обрекла себя на непонимание происхождения сил инерции и была *вынуждена* объявить *все* эти силы фиктивными.

Выход из тупика, в котором оказалась классическая механика, найден автором АСД. Суть его в том, чтобы, во-первых, признать МС как *глобальное тело*, ответственное за возникновение сил инертности при ускорениях частиц относительно МС (§6). Во-вторых, признать, что абсолютное ускорение каждой частицы производится уравновешенной совокупностью сил гравитирующего мира и сил инертности (принцип АСД). В-третьих, создать адекватную математическую модель, реализующую названные идеи без логических противоречий (§7...§12).

Отвечая на вопрос, – как уравновешенные силы могут ускорить частицу, следует отметить, что две разные задачи механики – на движение и на динамическое равновесие сил – не удаётся совместить в одном уравнении и в одной и той же координатной системе (КС), как это делалось в классической механике с привлечением принципа Даламбера [38], приводя иногда к грубым ошибкам (задачи №1 и №2 (§13)).

Задачи на вычисление уравновешенных сил гарантированно решаются в абсолютной динамике при помощи *уравнений равновесия в собственных* КС тел, где по определению *нет движения* исследуемых тел, присутствуют все реальные силы, а фиктивные силы автоматически исключаются. Задачи на анализ движений логично решать при помощи *уравнений движения в несобственных* КС, где *движения* исследуемых тел *должны быть* по определению, но *сил инертности в этих уравнениях нет*. Таким образом, несмотря на 1-ю аксиому (§7) и принцип АСД (§11), парадокс равновесия ускоряющих сил в уравнениях АСД не возникает.

Важно отметить, что только *абсолютные* ускорения тел, то есть ускорения тел относительно мировой среды, требуют *обязательного* действия ускоряющих сил, то есть сил гравитирующего мира.

Пример. Когда мы начинаем вращаться в офисном кресле, окружающие нас тела: мебель, здания за окном, пешеходы, автомобили, звёзды на небе приобретают за секунду огромные касательные и нормальные ускорения относительно КС, привязанной к креслу. Если бы эти ускорения порождались реальными силами, тогда не выдержав перегрузок, многие из указанных тел разрушились бы.¹ Однако в координатах, вращаемых по прихоти наблюдателя, появление новых *относительных* ускорений тел, как и их изменение, *не влечёт изменения абсолютных* ускорений тел и не возбуждает сил инертности, то есть оказывается чисто *кинематическим* эффектом без динамики, по терминологии АСД – *бессиловым* явлением.²

¹ Аналогичную ошибку совершил Эйнштейн, заявив о «центробежных силах», якобы действующих на звёзды в координатной системе, привязанной к вращающейся Земле (§3).

² Если бы вместо нашего кресла вдруг начала вращаться Земля с такой же *абсолютной* угловой скоростью, данное явление превратилось бы в *силовое* и закончилось катастрофой.

Рассмотренный пример аналогичен задаче №1 (§13), в которой даёт-ся методически правильное решение и предложен опыт, доказывающий полное отсутствие сил в случае чисто *относительных* ускорений тел.

Вопрос 18. Автор АСД считает свою теорию непротиворечивой. Но так ли это? В книге много говорится о фиктивных силах инерции, но две силы, входящие в 1-ю аксиому (§7): $\Phi = -F$, объявлены реальными. Однако, если применить 1-ю аксиому, например, к ковариантному уравнению АСД (3), §11, заменив там силу F силой $-\Phi$, то в результате этой замены можно получить уравнение, содержащее полный комплект сил инерции:

$$\Phi = ma_i - ma_e - ma_c - ma.$$

Если реальна сила F , то реальна и сила Φ , а также все силы инерции, вошедшие в это уравнение.

Ответ. Со времён Ньютона в динамике различали две разные задачи: 1) на вычисление движений тел по заданным силам (прямая задача); 2) на вычисление сил по заданному движению тел (обратная задача) [45, с.20]. И это различие задач было не прихотью теоретиков, но принципиальным различием между 1) *движениями* и 2) *действиями сил природы*.

Любое движение можно описать переменными во времени радиус-векторами, концы которых указывают положение в пространстве материальных частиц в любой момент времени. То есть описание движений *вполне возможно* без привлечения сил. Эта задача исследуется кинематикой. *Уравнения кинематики* представляют собой пространственно-временные зависимости, которые предназначены для описания свойств траекторий и особенностей движения по ним на языке дифференциальной геометрии и векторного анализа, с целью вычисления параметров движения частиц или точек тел.

Поэтому первая задача динамики *не требует* обязательного введения сил в своё решение. Зачастую бывает достаточно задать *отношение* силы к ускоряемой ею массе F/m , то есть *ньютоново ускорение* (§9): $a_F = F/m$. Задав ньютоново ускорение и подставив его в ковариантное уравнение субстанциальной динамики (3), §11, мы можем решить это уравнение как чисто кинематическое:

$$a + a_e + a_c = a_F + a_i.$$

При этом нет необходимости умножать данное уравнение на массу, как это сделали Вы, пытаясь обнаружить в этом уравнении силы. Более того, в этом уравнении нет ни переносной силы инертности, ни индуктивного сопротивления, ни кориолисовой силы, ни относительной силы, а только пять ускорений, включая и ускорение a_F .

Левая и правая части этого уравнения абсолютны: они совершенно не зависят от выбора координатной системы (КС), так как левая часть вы-

ражает собой *абсолютное* ускорение данного движения. Зато три векторных слагаемых абсолютного ускорения: \mathbf{a} , \mathbf{a}_e , \mathbf{a}_c *изменяются по законам кинематики* при выборе другой рабочей КС вместо данной КС, оставаясь в сумме векторной константой – независимо от выбранной КС. Поскольку реальные силы,¹ всегда вызывают деформации в реальных телах,² *силы не могут зависеть от произвола наблюдателя в его выборе той или иной КС: силы инвариантны* (§11). Поэтому умножение любого из этих ускорений в данном уравнении на минус массу не может превратить названные ускорения в реальные силы, если силы эти отсутствовали до умножения.

Продемонстрируем сущность смены КС и действие сил инертности на двух примерах.

Пример 1. Мы усаживаемся в кресло спортивного вертолётa и зависаем над городом: дома, мосты и деревья покоятся, люди и транспорт перемещаются относительно нас, а старушка отдыхает на скамейке.

Меняем собственную КС, резко ускоряя вертолёт вперёд: всё, что впереди, ускоряется навстречу нам. Мы ощущаем это ускорение как *деформацию* своего тела, вдавливаемого в спинку кресла силой инертности нашей ускоряемой массы. Это явление называется *перегрузкой*. Но не будем же мы заявлять, что ускоряемая нам навстречу старушка, отдыхая на скамейке, одновременно с нами испытала такую же перегрузку. Она заметила своё ускоренное сближение с вертолётom, но *не ощутила* его как собственную перегрузку, подобную нашей. Здесь воочию проявилось различие между абсолютным ускорением (относительно мировой среды) и ускорением относительно произвольно движущегося тела (вертолётa).

Снова меняем собственную КС, описывая теперь в воздухе фигуры высшего пилотажа. *Наши* перегрузки не только усилились, но и обогатились своим разнообразием. А город под нами вначале накренился, а затем начал исполнять головокружительные пируэты, двигаясь относительно нас со всеми видами ускорений, перечисленными в Приложении 1 к данной книге. Для вращения вокруг нас пешеходов, зданий и транспортных средств потребовались бы столь большие силы, что выдержать такие перегрузки они не смогли бы – на месте города остались бы руины.

Однако в итоге *наших* акробатических пируэтов никаких разрух мы не замечаем: даже старушка не упала со скамейки, хотя не держалась за неё. Поэтому делаем вывод: ковариантное уравнение абсолютной динамики описывает в данном случае не силы, а только скорости, ускорения и траектории окружающих тел, то есть является чисто *кинематической моделью* наблюдаемых явлений. Именно для этой цели оно и было изобретено, чтобы успешно решать первую задачу динамики – задачу на исследо-

¹ См. критерий различения реальных и фиктивных сил в §10.

² Деформации могут быть и разрушительными. Поскольку факт разрушения тела абсолютен, он не может зависеть от простой смены КС, в которой сидит другой наблюдатель.

вание движений.

Пример 2. Трамвай и автобус едут параллельно с постоянными и одинаковыми скоростями, совершая инерциальное движение. Внезапно автобус резко тормозится водителем, чтобы не наехать на нарушителя правил дорожного движения. Пассажиры автобуса, *сидящие* спиной к движению, немедленно испытывают *перегрузку*: силы инертности вдавливают их тела в спинки кресел, которые оказываются *препятствиями* для продолжения инерциального движения параллельно трамваю. Но беспечно стоящие пассажиры *автобуса*, благодаря очень скользкому полу в автобусе, не испытывают перегрузок – они продолжают инерциальное движение вдоль салона автобуса параллельно трамваю с прежней скоростью автобуса (который уже остановился), ведь *инерция* – явление *бессиловое*.

Рассмотренные примеры приводят к выводу о *причинности* сил инертности: силы инертности порождаются только *абсолютными* ускорениями, чисто относительные ускорения тел не порождают сил инертности. Действительно, ускорение стоящих пассажиров *относительно тормозимого автобуса* не порождает ни перегрузок, ни сил инертности. Зато абсолютное ускорение автобуса порождает деформации тел пассажиров, сидящих спиной к движению, а также стоящих пассажиров, натолкнувшихся на *препятствие* – кабину водителя автобуса. Попытка объяснить продолжение движения стоявших пассажиров “относительной силой инерции” несостоятельна, ибо в предположении абсолютно плоского и скользкого пола, фиктивная сила не деформирует пассажиров, ускоряемых вдоль салона автобуса.

Введение фиктивных сил для “объяснения” относительных ускорений может удовлетворить только отдельных математиков, но не механиков, для которых **критерий реальности сил (§10) – не пустая условность, а жизненная необходимость *правильности* вычисления всех сил гравитирующего мира и сил инертности с целью расчёта их влияния на прочность и надёжность конструируемых машин и механизмов.**

Классическая проблема фиктивности сил успешно разрешается в АСД применением методов, сформулированных в §11, например, *путём выбора собственных КС (СКС) в качестве рабочих КС*, а в качестве базовых КС – использования АКС. Поскольку в СКС исследуемое тело непрерывно покоится, а фиктивные силы зависят от *относительных движений*, эти силы *исключаются* в СКС *автоматически*. Оставшиеся силы инертности – переносная Φ_e и индуктивная I – реальны, так как зависят только от *абсолютного* движения. Согласно первой аксиоме равновесия сил МГ и полной силы инертности: $F + \Phi = 0$, где $F = mg_m + N$; $\Phi = \Phi_e + I = mg_\phi$. В итоге динамическая задача вычисления сил сводится к задаче динамистатики и решению её основного уравнения (21), §11:

$$N + mg_m + mg_\phi = 0$$

Вопрос 19. На интернет-портале «Словари и энциклопедии на Академике» [205], работу маятника Фуко, закон Бэра, вращение циклонов и антициклонов, а также эффект ускорения кручения танцоров объясняют силой Кориолиса. Правильны ли эти объяснения?

Ответ. Необходимо различать кориолисовы **силы** и кориолисовы **ускорения** – два явления, которые могут исключать друг друга в одном механическом процессе, так как кориолисовы ускорения – явления бессилловые. Термины *силовые* и *бессилловые* явления введены в АСД (§11) для разъяснения критерия реальности сил (§10) по признаку деформации тел.

В чистом виде кориолисовы ускорения наблюдаются как искривления трасс¹ искусственных спутников Земли (ИСЗ), пересекающих полюса Земли. Траектория ИСЗ в *ЗКС идеально шаровой Земли – *плоская* кривая (окружность или эллипс), поэтому, если бы Земля не вращалась, трасса каждого *полярного* ИСЗ всё время пролегла бы по меридиану, на котором расположен космодром. Вращение Земли на *восток* не может изменить орбиту, зато ведёт к бессилловому смещению трассы на *запад* в СКЗ Земли, где проекция трассы на местную горизонтальную плоскость в малой окрестности любой точки касания приобретает кривизну, целиком объясняемую кориолисовым ускорением: $\mathbf{a}_k = -2\boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v} = 2\Omega_3(\mathbf{v} \times \mathbf{n}^0) \sin \varphi$, где $\boldsymbol{\Omega}_3$ – УСВЗ; \mathbf{v} – мгновенная скорость ИСЗ на орбите в *ЗКС; \mathbf{n}^0 – орт нормали к поверхности земного шара, угол φ равен географической широте ($-90^\circ \geq \varphi \geq 90^\circ$; в южном полушарии $\varphi < 0^\circ$).

Слева показана *трасса круговой орбиты полярного* ИСЗ на участке от северного полюса к южному. Период обращения 4 звёздных часа. Трасса непрерывно пересекает меридианы, смещаясь к западу за каждый час на 15° долготы. Мгновенный радиус кривизны проекции трассы на местную горизонтальную плоскость: $\rho = k v^2 / a_k$, где $k = R / (R + H)$; H – высота орбиты ИСЗ. На полюсах $\rho = 19,1$ тыс. км, а на экваторе $\rho \rightarrow \infty$, так как $\sin \varphi \rightarrow 0$.



Поворот плоскости колебаний **маятника Фуко** на полюсе Земли – тоже бессилловое явление (§11, п.2), обусловленное исключительно вращением Земли относительно мировой среды, ибо классическое поле ТМ Земли не создаёт сил, зависящих от её вращения. В СКЗ Земли поворот маятника объясняется кориолисовым *ускорением* $\mathbf{a}_k = -2\boldsymbol{\Omega}_3 \times \mathbf{v}$, но не силой Кориолиса. Причина заблуждения – в фиктивности “силы”, получающейся в результате *неуместной* в данном явлении *операции умножения ускоре-*

¹ Трасса ИСЗ – проекция его траектории на поверхность вращающейся Земли.

ния \mathbf{a}_k на массу, так как незаконно рождённая “сила” не порождает в свободном маятнике механических напряжений и деформаций.

Для возникновения силы Кориолиса необходимо жёсткое препятствие, которое *преградило бы* путь свободного движения тела в направлении кориолисова ускорения¹ – аналогично случаю с тормозимым автобусом (вопрос 18), где препятствие – кабина водителя (либо спинка кресла) деформирует тело пассажира, позволяя реально ощутить *поступательную* силу инертности.

Сила Кориолиса возникла *бы* в маятнике Фуко одновременно с установкой жёсткого препятствия, мешающего повороту плоскости качания маятника. Однако, в результате такого ограничения свободы движения маятника, кориолисово ускорение предсказуемо исчезает, и вместо маятника Фуко на свободно вращающемся подвесе, получается *жёсткий* маятник, обычно применяемый в настенных часах, где поворотная сила и противодействующая ей сила Кориолиса действуют на маятник одновременно и реально (деформируя его), но кориолисово ускорение подавлено.

В рассмотренных явлениях ускорение Кориолиса $\mathbf{a}_k = -2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$, измеряемое во вращаемой ДКС, и сила Кориолиса $\Phi_k = -2m\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ (§11, §14), вычисляемая в СКС ускоряемого тела, возникают *порознь*. Однако во многих процессах ускорение \mathbf{a}_k во вращаемой ДКС и сила Кориолиса Φ_k в *ЗКС нередко *существуют в частично подавленном виде*, конкурируя друг с другом за меру влияния на механические процессы.

При **ускорении вращении танцора**, прижимающего разведённые руки к туловищу, силы Кориолиса появляются, но их работа противоположна тому, что пишут на «Академике». Горизонтально откинутые руки вращающегося танцора, затем резко брошенные к оси вращения туловища, движутся не строго к вертикальной оси туловища, а *отклоняются* *бессильным ускорением* $\mathbf{a}_k = -2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$ в направлении вращения туловища. Мышечное усилие каждой руки, которым танцор осознанно противодействует её кориолисову ускорению, уменьшает угловые ускорения рук, и тем самым ускоряет вращение туловища. Описанное согласуется и с законом сохранения энергии. Другими словами, мышцы танцора подавляют кориолисово ускорение \mathbf{a}_k каждой руки *поворотной силой* гравитирующего мира $\mathbf{F}_C = m\mathbf{a}_C$, которая придаёт вращению туловища *поворотное ускорение* $\mathbf{a}_C = 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$. Согласно 1-й аксиоме, одновременно с поворотной силой, которая выполняет функцию *ускоряющей* силы для туловища, возникает *сила* Кориолиса $\Phi_k = -m\mathbf{a}_C$. Сила Кориолиса противодействует поворотной силе, создавая *деформацию кручения* туловища танцора и *изгибную деформацию рук*, возникающую в процессе ускорении вращения.

¹ Например, в задаче №6 (§14) препятствием для движения тела вбок служит прямая труба, а для движения вбок поезда в задаче №9 (§14) – железнодорожные рельсы с нулевой кривизной в поперечном направлении.

Процессы в подвижных средах сложнее. Если бы давления воздуха не было, и воздух не обладал бы вязкостью, траектории воздушных потоков и вращение циклонов и антициклонов подчинялись бы только кориолисову ускорению, аналогично отклонениям траекторий боеголовок, летящих в космическом вакууме над вращающейся Землёй. На самом деле силы давления и силы вязкости воздуха можно рассматривать как *податливые препятствия*, которые создают *небольшие* поворотные силы, уменьшая тем самым ускорения воздушных течений, возникающие из-за вращения Земли, и делая их меньше кориолисовых. Силы инертности, противодействующие согласно 1-й аксиоме поворотным силам в сплошных средах, оказываются тоже меньше сил Кориолиса.

Истолкование **закона Бэра** вообще не требует введения сил Кориолиса. Из-за суточного вращения Земли дно реки непрерывно уходит влево (в северном полушарии) или вправо (в южном полушарии), относительно направления течения воды, как результат возникновения поворотного ускорения $\mathbf{a}_c = 2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$, вызывая противоположное движение воды, перпендикулярное руслу реки, в направлении ускорения Кориолиса $\mathbf{a}_k = -2 \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{v}$. В итоге, вектор скорости воды в реке оказывается направленным **не** вдоль русла реки, а слегка отклонённым вправо, либо влево. Это небольшое отклонение теоретически может в течение многих тысячелетий подмыть непрочный берег *прямолинейного* или *почти прямолинейного* русла реки, обеспечив, таким образом, лишь *начальное* искривление русла.

Но всё же **главная причина** подмывания одного из двух речных берегов на Земле – не бессилное кориолисово ускорение, а **кривизна русел**. Чем больше кривизна русла и скорость \mathbf{v} потока воды в таком русле, тем больше сила mv^2/R , называемая *осеостремительной* силой, которая действует *со стороны вогнутого берега* на поток воды массы m для его искривления по радиусу R кривизны русла. По закону действия



и противодействия криволинейный поток воды давит на вогнутый берег противоположной силой, которая называется **центробежной силой** (не путать с ЦБСИ!) *Обе силы поверхностные и принадлежат к классу сил гравитирующего мира* (Ф4). Если берег непрочный, центробежные силы подмывают и обрушивают его. В результате кривизна русла возрастает ещё более, но тогда ещё с большей силой поток воды давит на более вогнутый берег, всё быстрее и быстрее размывая его.

Существует также влияние кориолисова ускорения и глубинного профиля скоростей течения воды в реке на перенос взвешенных в воде

частиц и донных отложений от правого берега к левому, из-за возникновения в поперечном сечении реки циркуляции воды в направлении вращения правого винта (в северном полушарии). Как и в повороте маятника Фуко, ускорение здесь – эффект кинематический, но осложнённый действием поворотных сил, как в атмосферных течениях, упомянутых выше. Однако влияние кривизны русел и связанных с их кривизной *центробежных и осеостремительных движений* на перенос взвешенных частиц и донных отложений, обычно на порядки сильнее, чем влияние бессилового ускорения Кориолиса.

Подведём итоги.

1. Силы Кориолиса в природе возникают реально, однако попытки объяснения ими *движений* оказались ошибочными. Действительная роль сил Кориолиса скромнее – в основном *помощь деформации тел, ускоряемых относительно *ЗКС поворотными силами* (задачи №№6, 7, 9 в §14).

2. *Отклонение движений на вращающейся Земле вправо в северном полушарии и влево в южном полушарии обусловлено бессильным кориолисовым ускорением в СКЗ Земли, которое частично подавляется силовым противодействием окружающей среды*, когда эта среда присутствует.



Вопрос 20. В приложении 2 автор АСД утверждает, что все опыты по измерению абсолютной скорости Земли, основанные на первой идее Майкельсона, имели нулевой результат. Может автор не слышал о самых продолжительных в истории и весьма тщательных экспериментах Д. Миллера [127], которые дали скорость ЦМ Солнечной системы около 10 км/с?

Ответ. Разумеется, автор тщательно изучил экспериментальную базу теории относительности. Наиболее точные из опытов, развивающих идею Майкельсона, – опыты 21 века – дают *относительную* погрешность не хуже 10^{-12} [101]. Точность опытов Миллера, осуществлённых в долазерную эпоху, в тысячи раз хуже, поэтому они вызывают естественное сомнение. Сомнение не в честности Миллера и его помощников, а в некоторых деталях, которые могли ускользнуть от внимания экспериментаторов.

Интерферометр Миллера имел самый длинный оптический путь (65 метров на два плеча). Вначале он раскручивался помощниками *вручную*, а затем несколько минут вращался в ртутной ванне *по инерции, прецессируя* на центрирующей шпильке, закреплённой на дне ванны.

Возможные причины возникновения положительного эффекта: *разность температур* плеч интерферометра (ассистент шагал по окружности, постоянно нагревая своим тепловым излучением *одно из плеч* интерферометра, на котором был закреплён телескоп); *прецессия незакреплён-*

ной *вверх* оси вращения¹ и переменные центробежные силы инертности в процессе замедления вращения интерферометра вследствие вязкости ртути и воздуха; огромные *трудности считывания показаний на ходу*;² а также полнопериодический эффект (линейно растущий сдвиг полос, пропорциональный *углу поворота* интерферометра [155]) – могли вызвать ошибки такого же порядка, что и заявленный результат. Поскольку переменность скорости вращения интерферометра деформирует длину плеч пропорционально квадрату этой скорости и ускоряет прецессию оси вращения, то скорость вращения должна была строго ограничиваться некоторым верхним пределом. Однако в описании Миллера нет даже упоминаний о названном пределе. Допустим, что Миллер знал об этом. Однако проверять лично, в ходе ста тысяч измерений, тщательное соблюдение инструкций всеми помощниками, сам Миллер, не смог бы чисто физически. Поэтому на результаты этого рекордного по количеству измерений эксперимента мог повлиять также и *человеческий фактор*.

Неучтённые эффекты могли дать в совокупности заметный, но случайный разброс показаний. Проекция скорости 10 км/с на плоскость орбиты Земли, рассчитанная Миллером в итоге автоматической статистической обработки большой базы измерительных данных, оказалась в итоге в 2 раза меньше *минимальной* проекции абсолютной скорости ЦМ Солнечной системы на плоскость орбиты Меркурия, равной 19 км/с, которая вычислена автором этих строк в §16.

Нулевой результат такого рода экспериментов был теоретически объяснён ещё в 19 веке Хевисайдом, Фитцджеральдом и Лоренцем, как компенсация двух противоположных эффектов: большая продолжительность времени прохода светового луча по плечу интерферометра, *параллельного* направлению на абсолютный апекс (по сравнению с *поперечным* плечом), полностью компенсируется сокращением длины названного плеча (контракцией). Такая же интерпретация экспериментов, основанных на идеях интерферометров Майкельсона-Морли и Кеннеди-Торндайка, следует и из субстанциальной теории, но не как кинематический, а как динамический эффект АСД (см. §9 и Приложение 2 (п. 5)).

Вопрос 21. В §16 автор предсказывает изменение размеров планетных орбит. Странно, что до настоящего времени названный эффект не был обнаружен, несмотря на высочайшую точность такого рода измерений, особенно после удачной радиолокации Венеры, Марса и других планет. В

¹ Прецессия оси вращения интерферометра порождается суточным вращением Земли, а наклоны оси вращаемого интерферометра в поле земной тяжести влекут периодические деформации плеч интерферометра и зеркал, зависящие от угла поворота.

² Считывая показания на ходу (15 раз за каждый оборот), ассистенты разного роста должны были нагибаться, заглядывая в маленькое отверстие окуляра телескопа, но, не прикасаясь к нему, так как прикосновения вызывали заметные смещения интерференционных полос.

некоторых астрономических справочниках [130] щеголяют данными размеров планетных орбит, приводя до 10...12 десятичных цифр. Это реальная точность или самообман?

Ответ. В §18 доказано, что релятивистские формулы радиолокации, основанные на постулате инвариантности скорости света, *завышают* вычисляемые по ним дальности до планет. *Предельная* точность релятивистских формул для измерения дальности составляет лишь около 8 значащих десятичных цифр. Разумеется, *запас разрядности* чисел полезен для вычислений эфемерид, чтобы компенсировать накопление ошибок, возникающих при громоздких компьютерных расчётах. Но когда лишние цифры выдаются за истинные – это, в лучшем случае, заблуждение.

Причина недостаточной точности релятивистской теории – в отрицании факта существования *мировой среды* (МС). Скорость радиосигналов в космическом вакууме, равная 299 792 458 м/с, *одинакова* в любом направлении, но *только относительно* МС (П2, п.2), а не относительно любого инерциального наблюдателя, как в ТО.

Для того чтобы обнаружить и надёжно измерить изменение размеров орбиты Меркурия, требуется не запас разрядности, а *реальная* точность, бóльшая на несколько порядков. Требуемая точность поддерживается применением формул (§§16-19), в которые входит *абсолютная* скорость планетного радиолокатора. В §21 (п.3) описан алгоритм вычисления границ величины и направления абсолютной скорости Солнечной системы, а также абсолютной скорости ЦМ Земли. Создание компьютерной модели Солнечной системы на основе субстанциальной динамики позволило бы проверить её более высокую точность на практике.

Вопрос 22. Уважаемый автор! Объясните, зачем в механике вводить всяческие поля – ТМ и ИТ со своими напряжённостями? Природу сил и их особенности традиционно изучают в специальных курсах. Разве законы механики должны зависеть от природы сил? К тому же, очень много сокращений – МС, КС, АКС, ДКС, СКС, НеКС, СПЛ, ТО и т.д., которые трудно запомнить. Просьба излагать проще и доступнее.

Ответ. Хотя сокращений (аббревиатур) в книге немало, но список наиболее часто используемых сокращений с их расшифровкой помещён в самом начале книги (с.6) и там же даны ссылки на параграфы, в которых эти термины разъясняются подробнее. Редко применяемые сокращения раскрываются в тексте каждого параграфа при первом же употреблении.

Чисто теоретически, без аббревиатур можно обойтись. Именно так пишут романы и иную беллетристику. Но в технической литературе, как и в лексиконе специалистов, сокращения всегда были популярны. Они *ускоряют* не только нашу речь, но и мышление. В математике, где царствуют формулы, краткость демонстрирует свои рекорды.

Для механиков координатные системы (КС) и их разновидности

(АКС, ДКС, СКС, НеСКС и многие другие) – это, примерно, то же, что для авиаторов типы летательных аппаратов (ЛА), для журналистов – средства массовой информации (СМИ), а для биологов – ДНК, РНК и т.д. Тот, кто желает понимать механику и успешно применять её на практике, должен усвоить её методы, а также употребляемые термины, формулы и сокращения. Наука не даётся без труда, «царская дорога» в неё не проложена.

Теперь о вещах более серьёзных. Классическая динамика считала настоящими только силы взаимодействия между наблюдаемыми частицами и телами, а все виды сил инерции – фиктивными, так как теория относительности «отменила» в 1905 году мировую среду (МС), то есть ту среду, взаимодействие с которой и порождает некоторые виды сил “инерции”. Абсолютная динамика доказала реальность МС как субстанции, которая взаимодействует с ускоряемыми относительно неё частицами и телами, и тем самым узаконила определённые силы, которые из-за релятивистской ошибки считались фиктивными (§§ 6, 7, 10, 11, 14).

Поэтому, в отличие от классической механики, **АСД имеет дело с двумя видами реальных сил**, и эти виды сил *неравноправны*. Классические силы могут действовать как в покое, так и в движении, а новые и вполне реальные силы, названные автором силами *инертности*, – *действуют только при ускорениях частиц (тел) относительно абсолютной КС* (АКС). Если учесть, что силы инертности узакониваются только благодаря уточнению аксиом Ньютона, и введению новой аксиомы, которая связала классическую механику с квантовой механикой, то полностью абстрагироваться от природы сил, как это было принято в прежней механике, теперь уже не получится.

АКС введена потому, что аксиомы и законы динамики содержат абсолютную скорость и записываются в базовой АКС (§9) проще, чем в остальных КС. Поэтому АКС – основа абсолютной динамики, это главное, что отличает абсолютную динамику от любых релятивистских теорий. АКС невозможна ни в теории относительности (ТО), ни в классической динамике, поскольку в них ошибочно признаётся равноправие инерциальных КС, которое опровергается, например, анизотропией динамических процессов в ЛКС (§15).

Но это далеко не всё. Ещё одно важное отличие абсолютной динамики от классики – характер движения инерциальных КС. В классике была общепринята крайне упрощённая и по существу ошибочная картина Мироздания: якобы все инерциальные КС должны двигаться без ускорений, то есть равномерно и прямолинейно относительно друг друга. В этом фантастическом мире всемирное тяготение куда-то исчезает, либо является чисто в теоретической форме абсолютно однородного поля, – например, как над бесконечной по размерам и плоской по форме землёй. Поскольку наблюдаемый нами мир погружён в *неоднородное* поле всемирного тяготения масс (ТМ), то основополагающим видом движения тел оказывается

не прямолинейное равномерное движение, а *свободное падение тел с неодинаковыми ускорениями по криволинейным траекториям*.

Поэтому в качестве стандарта *физической* лаборатории естественно было принять СПЛ – свободно падающую лабораторию (§10). Главная её особенность – **невесомость**, которая объясняется почти полной компенсацией тех сил, которые действуют на тела, расположенные внутри СПЛ. Невесомость в СПЛ возникает потому, что компенсируются два вида реальных сил: силы ТМ, то есть *тяготения масс* всего Мира, и силы инертности, которые противодействуют мгновенному падению СПЛ (и тел внутри неё), делая ускорение свободного падения не бесконечным, а конечным. Силы инертности можно смоделировать действием поля искусственной тяжести (ИТ), которое возникает всякий раз при ускорении СПЛ (или любого тела) относительно МС (§10, §11). Взаимная компенсация в центре СПЛ сил ТМ и сил инертности оказывается возможной благодаря тому, что силы инертности и силы ТМ имеют одно общее свойство: они действуют на *каждую* частицу тела, то есть имеют «массовый» характер.

Механизм взаимной компенсации сил простой: когда сила ТМ ускоряет свободно падающую частицу, на неё одновременно действует сила инертности, поэтому, согласно 1-й аксиоме, обе силы уравновешены и свободно падающая частица (или тело) оказывается в состоянии невесомости. Поэтому может возникнуть *соблазн* объявить поля сил ТМ и поля сил ИТ эквивалентными (именно так поступил автор ОТО), то есть неразличимыми по своему действию на частицы и тела.

На самом деле **поля ТМ и ИТ отличаются принципиально**. *Поля ТМ всегда неоднородные*, действуют, ослабевая, на *любых расстояниях*, но *неустранимы* полностью в ненулевом объёме пространства. *Поля ИТ* могут быть как неоднородными, так и *однородными*, действуют *всегда в ограниченном пространстве* механически связанной совокупности тел в их СКС, *усиливаются с расстоянием* от оси вращения СКС, но немедленно *исчезают* одновременно с прекращением абсолютного ускорения СКС и не создают вне СКС «гравитационных волн искусственной тяжести».

Силы ТМ способны действовать *не* только на ускоряемые тела, изменяя их движение, но и в абсолютном покое, изучаемом статикой, вызывая в последнем случае лишь деформации тел. **Силы ИТ** возникают *только* при абсолютных ускорениях тел, поэтому всегда действуют в паре с ускоряющими силами гравитирующего мира, порождая деформации указанных тел. Различение сил ТМ и сил ИТ, как и различение их полей, есть *собственное достижение АСД*, а не спецкурсов.

Вопрос 23. 1) В ответе на вопрос №6 автор говорит о том, что субстанция (эфир) частично увлекается ускоряемыми частицами, в то время как Лоренц, проанализировав все оптические эксперименты 19 века, доказал неувлекаемость эфира. Опыты Эйхенвальда начала 20 века подтверди-

ли теоретические выводы Лоренца о неувлекаемости эфира.

2) Если же эфир (мировая среда) увлекается движением тел, то возникает проблема согласования новой теории с теми оптическими экспериментами, которые подтвердили неувлекаемость мировой среды.

3) В процессе увлечения среды телами возникает присоединённая масса, а процесс присоединения массы и её отделения описывается уравнением движения тел с переменной массой, его вывел ещё И.В. Мещерский. Почему это уравнение не используется в абсолютной динамике?

Ответ. К концу 19 века конкурировали теории эфира Г. Герца и Х. Лоренца. Теория Герца опиралась на гипотезу о том, что эфир, заключенный в телах, всегда движется вместе с ними, то есть полностью *увлекается телами* при их движении, а теория Лоренца исходила из существования всюду *неподвижного* эфира, в котором движутся электрические заряды (электроны), возбуждающие в эфире электромагнитные волны, действующие на заряды. Указанные теории приводили к разным уравнениям и предсказывали различные результаты некоторых электродинамических экспериментов. Точку в этом споре поставили в начале 20 века весьма тщательные эксперименты Эйхенвальда, которые доказали правоту электронной теории Лоренца и опровергли теорию Герца [58, с.159-163].

Нужно понимать, что почти все опыты, на которые опирались названные теории, были *макроскопическими*, то есть проводились не с микрочастицами (например, отдельными электронами), а с заряженными телами. Поэтому по результатам экспериментов Эйхенвальда можно смело говорить о неувлекаемости мировой среды *телами*, а значит, теория Лоренца была *согласована* с теми оптическими экспериментами, которые подтвердили неувлекаемость мировой среды именно *телами*.

Эксперименты с микрочастицами начались после открытия электрона Дж. Дж. Томсоном в 1897 году, а первое опытное доказательство зависимости массы электрона от его скорости появилось через 4 года в экспериментах Кауфмана. Лоренц оперативно отреагировал на это открытие, и формула Лоренца зависимости массы m электрона от его скорости v :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

подтвердилась через несколько лет с хорошей точностью (m_0 – масса покоя электрона). Значительно позже такая же зависимость была подтверждена и для других микрочастиц, в том числе и незаряженных.

Если отбросить все заблуждения прошлых лет и исходить из закона сохранения инертной массы (§9), то наращиваемой массе ускоряемого электрона взяться было не откуда, кроме как из эфира, то есть из мировой среды. Следовательно, уже тогда можно было предложить *гипотезу* о частичном увлечении субстанции мировой среды ускоряемыми *микрочасти-*

цами.¹ Но это не было сделано. Теперь это сделано в АСД (§6). Названная гипотеза согласуется с экспериментальными данными о росте сечений взаимодействия микрочастиц с увеличением их скорости (энергии), впервые обнаруженными в экспериментах на серпуховском ускорителе протонов в 1967 году. Присоединяемая $dm > 0$ и отделяемая $dm < 0$ масса мировой среды подчиняется уравнению субстанциальной динамики (1), §9:

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \mathbf{v} \frac{dm}{dt} = \mathbf{F}$$

По своей форме оно похоже на уравнение Мещерского для движения тела переменной массы, но принципиально отличается от него интерпретацией входящих в уравнение величин: 1) скорость \mathbf{v} в выражении $(\mathbf{v} dm/dt)$ является *абсолютной*, то есть измеряется относительно мировой среды; 2) скорость приращения массы частицы dm/dt – это *микроскопическая* величина, определяемая законом индукции масс:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{1}{c^2} \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$$

где c^2 – *квант ВГСМ*, который определяет энергию включения гравитационных свойств в инертной массе, как энергию взаимодействия ускоряемой микрочастицы с мировой средой. В то время как уравнение Мещерского принадлежит доквантовой эпохе, оно задаёт *макроскопическое* взаимодействие ускоряемого тела с другим телом, например, ракеты с расходуемым ею топливом. Наконец, уравнение Мещерского, как классическое уравнение, не учитывает индуктивное сопротивление абсолютному ускорению, следовательно, оно *не работает* при скоростях $v \rightarrow c$.

Вопрос 24. В классической кинематике понятия абсолютной скорости и абсолютного ускорения *условны*. Эти же термины в абсолютной динамике имеют категорически *абсолютный* смысл из-за введения мировой среды и связанной с нею абсолютной координатной системы. Поскольку абсолютная динамика основана на классической кинематике, в которой абсолютность *относительна*, возникает терминологическая путаница.

Ответ. Замечание полезное. Указанная путаница не возникнет, если осознать, что равноправие всех КС в кинематике *необходимо*, чтобы обеспечить *одинаковость* тех законов кинематики, которые отвечают за связь параметров движения в *различно* движущихся КС. Благодаря *ковариантности* названных законов, абсолютная динамика получает в своё распоряжение кинематику, безразличную к понятиям инерциальности и неинер-

¹ Но не телами, так как расстояния между микрочастицами в реальных телах на много порядков превышают размеры самих микрочастиц. Подавляющая часть объёма мировой среды между микрочастицами не увлекается их абсолютным движением.

циальности, и пригодную равным образом для *любых* КС.

Категорическая абсолютность движений востребована только в *динамике*, как уточнение законов новой теории. Это достигается введением двух типов КС: неподвижной *базовой*, в которой все движения абсолютны, и подвижной *рабочей* КС, движения в которой относительны (П1).

Вопрос 25. Закон инерции – первая аксиома механики Ньютона. Но в числе аксиом субстанциальной динамики этого закона не оказалось. Тем не менее, в Заключении автор пишет: *«В отличие от теории относительности, субстанциальная динамика не революционизирует механику»*. Разве исключение закона инерции из основ механики – не революция?

Ответ. В течение двух тысячелетий после работ Аристотеля учёные были уверены, что для *любого* движения необходима сила. И только после искусных опытов Галилея было введено понятие инерциального движения с постоянной скоростью, то есть движения, которое не требовало для своего продолжения *никаких* сил. Таким образом, в первой половине 17-го века закон инерции, после его уточнения Декартом, стал величайшим достижением научной мысли. И это была настоящая *революция* в зарождающейся экспериментальной науке под названием «физика».

Главная заслуга Ньютона в физике в том, что он впервые сумел, не только качественно, но и количественно объяснить влияние силы на движение тел. Оказалось, что сила не просто изменяет движение тела, но и *ускоряет* его, *затормаживает* или *меняет направление движения*. При этом скорость изменения количества движения всегда равна приложенной силе. Новый закон Ньютона стал ещё более революционным достижением, чем закон инерции, так как закон инерции запросто выводился из второго закона Ньютона как частный случай, когда векторная сумма сил, приложенных к телу, оказывалась нулевой (§7).

Казалось бы, зачем излагать два отдельных закона – первый и второй, если второй закон вобрал в себя оба закона? С логической точки зрения, чем меньше в теоретической механике исходных аксиом, тем лучше. По мнению автора, особое выделение закона инерции Ньютоном было, во-первых, демонстрацией им важности вклада Галилея и Декарта¹ в создание механики, а во-вторых, оно преследовало ещё и дидактическую цель.

Не секрет, что *второй* закон Ньютона, несмотря на простоту формулировки, по тем временам оказался непривычно сложным для практических вычислений,² например, в общем случае криволинейных движений, так как требовал разработки нового раздела математики – *теории дифференциальных уравнений*, которая тогда только зарождалась. Начиная изло-

¹ Ньютону приписывают изречение: «Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов».

² За исключением самых простых задач, которые ныне решают в школе.

жение аксиом новой динамики с простого и хорошо известного закона инерции, Ньютон сглаживал тот интеллектуальный скачок, который требовался от читателей в усвоении его второго закона. Чисто дидактические соображения Ньютона были оправданы.

Тем не менее, из-за неясностей с силами инерции и с силами реакций связей (примеры: задача №2, §13 и задача №6, §14), а также из-за непривычной сложности вычислений, только после смерти Ньютона его механика стала постепенно завоёвывать признание в научном мире. Однако, несмотря на признание теории Ньютона, даже в 20 веке случались казусы.

Пытаясь устранить упомянутый выше логический повтор в системе законов Ньютона, советские математики додумались заменить закон инерции следующей аксиомой: *«Существуют системы отсчёта, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если равнодействующая всех сил равна нулю»*. [40, с.85]

Однако системы отсчёта, а точнее координатные системы (КС), «существуют»¹ только как *абстрактный* продукт естественной или искусственной интеллектуальной деятельности, возникая, например, в наших мыслях. К тому же, мысли не подвластны законам механики. Поэтому «существование» КС в наших мыслях не имеет отношения к механике, скорее это область философии или биохимии мозга человека. Но ведь назначение законов механики – существенно дополнять наши знания именно о механике, а не о наших мыслях! Тем более, что мысль о существовании каких бы то ни было КС, есть мысль *тривиальная*. Мысленно мы можем перемещать КС с любыми скоростями и ускорениями. Это означает, что истинна даже такая аксиома: *«Существуют такие координатные системы, в которых тело может покоиться, а также двигаться по любой траектории, с любой скоростью и с любым ускорением, – независимо от того, действуют на него силы или не действуют»*.

Истинных, но абсолютно бесполезных для механики аксиом такого рода можно придумать немало. В отличие от аксиом Ньютона, *тривиальные* аксиомы не добавляют принципиально важных знаний к нашим знаниям о механике. Для изучения в средней школе, из тех же дидактических соображений, закон инерции уместно давать в ясной и исчерпывающей формулировке Ньютона: *«Каждое тело продолжает оставаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока силы, приложенные к телу, не изменят это состояние»*. Для начинающих изучать классическую динамику яснее, чем Ньютон, сказать трудно.

Однако для студентов, начинающих изучать АСД, требуется уточ-

¹ В реальном мире инерциальные системы отсчёта – пустое множество (§8). Заметим, для математиков «существование» абстрактного объекта означает лишь его логическую непротиворечивость и не обязывает к действительному существованию в наблюдаемом мире.

нить, что данная выше формулировка закона инерции верна для движений не в любой КС, а только в КС, свободно падающей без вращения относительно АКС, при обязательном условии практической необнаружимости приливных эффектов.

В АСД место инерциальных КС занято абсолютными КС, поэтому роль инерциальных КС (экспериментально инерциальных КС – ЭИКС) *вторична* (§10), и потребность в специальной аксиоме, разъясняющей закон инерции, полностью отпадает (§7).

В реальности *закон инерции* Галилея-Декарта-Ньютона есть абстракция, в действительном Мире он *труднореализуем*, так как он *нигде не выполняется абсолютно точно*. Ведь для его точной реализации в Мире неоднородных полей тяготения космических масс пришлось бы каждый раз специально вводить новую *переменную* силу, которая принудительно компенсировала бы естественное изменение реальной силы тяготения вдоль каждой прямолинейной траектории частицы, движущейся в неоднородном поле тяготения.

Но в таком *насильственном* исполнении, прямолинейное и равномерное движение частицы эквивалентно *вынужденному движению тела вдоль направляющей прямой с коррекцией скорости*. Подобное движение не принято называть свободным и инерциальным. Отсюда следует, что закон инерции – скорее исключение, чем правило, поэтому логически основывать на нём АСД, как более точную теорию, было бы неразумно.

Вопрос 26. Если плотность мировой среды на самом деле так велика, как пишет автор в §1, тогда физический вакуум, действительно, «живой труп». Термин «эфир», как что-то эфемерное, не лучше, чем «МС», так как одинаковых аббревиатур – море. Может быть, подойдёт короткое сокращение от слов «**мировая среда**»: *мирос*?

Ответ. Тема удачности научных терминов актуальна. Приживётся ли «мирос», покажет будущее. Использованием неадекватных терминов создаётся искажённое представление о явлении. Особенно грешит этим теория относительности (ТО). Например, термин «*вращение координат*» часто используется сторонниками ТО вместо более уместного «*дискретного поворота координат*». А оксюморон «*физический вакуум*» (§5) изобретён с единственной целью – спрятать в нём мировую среду, которую теория относительности отменила ещё в 1905 году.

Подобные приёмы *сокрытия* сути знаний использовались ремесленниками с древнейших времён, например, с целью не плодить конкурентов себе и своим ученикам-наследникам. Для этого создавался «птичий» язык, который могли понимать только свои люди. Как видим, такие приёмы используются и в наше время. Об опасности продолжающегося засорения языка науки см. также в [156] и [131].

Вот ещё дюжина официальных и широко распространённых, но **не**

адекватных терминов:

- *эфир* – окончательно устаревшее древнегреческое название мировой среды, часто используемое оппонентами с целью высмеивания самого понятия мировой среды (ответ на вопрос 6);
- принцип *относительности*¹ – на самом деле принцип *равноправия* координатных систем, что следует из постулатов частной ТО (§11 и П1);
- *системы отсчёта* – деформируемые релятивистские координатные системы, узаконивающие неоднозначность вычислений длин и временных интервалов даже в детерминированных процессах (§3 и §4);
- *релятивистские эффекты (поправки)* – физические эффекты, объясняемые якобы только при помощи ТО (П2 и ответ на вопрос 27), а также эффекты, нередко не имеющие бесспорного опытного подтверждения;
- *телепортация* – неуместный в физике термин, заимствованный из фантастической литературы (ответ на вопрос 12);
- *кинетостатика* – в переводе с греческого языка означает «подвижная неподвижность» – логическая нелепость, термин заменён в субстанциальной динамике на *динамистатику* (§11, §14);
- *ускорение силы тяжести* – ускоряется не сила, а падающее тело, следовательно, речь идёт об *ускорении свободного падения*: $\mathbf{a}_n = d\mathbf{v}/dt$, которое следует обозначать иначе, чем *напряжённость поля тяжести* \mathbf{g} ;
- *поле силы(?) тяжести* – употребляется в геодезии и гравиметрии вместо адекватных терминов: *поле тяжести* или *напряжённость поля тяжести* \mathbf{g} (§11); на самом деле непрерывное “поле сил” $d\mathbf{F}(x, y, z) = \mathbf{g}(x, y, z)dm$ задать невозможно, вследствие неопределённости массы dm в каждой из бесконечного множества точек заданного поля $\mathbf{g}(x, y, z)$;
- *звёздные сутки* и величины, производные от них, определяются почему-то не периодом вращения Земли относительно неподвижных звёзд (квазаров), а относительно точки весеннего равноденствия, которая из-за прецессии земной оси сама движется среди звёзд [179, с.36], [203];
- *определения* физических величин, не связанные с логической операцией «определение» [160], например: *радиолокационные и навигационные определения* – зачастую неадекватное употребление термина «определение» вместо более уместных *технических терминов*;²
- *справедливость (несправедливость)* формул, утверждений, высказываний, выводов, законов, теорий, математических моделей – странное внедрение морально-нравственной категории в область логики, вместо

¹ *Относительность* – это зависимость от выбора КС, но не их равноправие (§11, п.5).

² «*Определять*» конечно престижнее, поэтому более уместные технические термины, например, *измерить, вычислить, рассчитать, уточнить, выяснить, узнать, найти, обнаружить* – употребляются всё реже и даже исчезают из лексикона специалистов. Происходит размывание прежде точных понятий богатого русского языка в результате слепого подражания далеко не лучшим образцам иностранной технической литературы.

употребления соответствующих логике терминов: *истинность, ложность, правильность, ошибочность, точность, приближённость* и т.д.;

• **СТО** – аббревиатура *специальной* теории относительности. Заглянем в толковый словарь [135]: «специальный» означает «особый», «исключительный». В чём же исключительность этой теории? Похоже, в том, что критика ТО негласно запрещалась в СССР, причём не один раз. [33]

За странностями релятивистского лексикона прячется релятивистское вероисповедание – *философский релятивизм*. Теория относительности для него – своеобразная “*святыня*”, а якобы единственный¹ её автор, объявленный ещё при жизни гением всех времён, – их “*святой*”. Вот что пишет о релятивизме словарь по западной философии: «Релятивизм ... по самой своей сущности не может служить системой методологических ориентиров. **В релятивизме преобладает разрушительное начало, негативистская направленность, и эта его односторонность обуславливает влияние релятивизма в основном в периоды, когда общество или его подсистема (наука, нравственность, религия и т. д.) находится в состоянии кризиса**» [134].

Вопрос 27. В §5 автор заявляет, что теории относительности приписываются достижения, ей *не принадлежащие*. Уважаемый автор, где же доказательства?

Ответ. Чтобы убедить сомневающихся читателей, полезно изложить факты.

Факт 1. В 19 и 20 веках были реализованы многие десятки точнейших экспериментов по волновой оптике с целью обнаружения абсолютно-го движения Земли и Солнечной системы относительно мировой среды² (МС). Почти все они дали нулевой результат в границах ошибок измерений. Этим воспользовались сторонники ТО, чтобы объявить в 1905 году об *отсутствии* МС и с лёгкостью объяснить таким простым способом нулевые результаты.

Однако, и в 1905 году, и сейчас **субстанциальная теория Максвелла-Лоренца объясняла и объясняет нулевые результаты волновых экспериментов, не нуждаясь в теории относительности** (см. Приложение 2). Несмотря на это, в физику был введён новый термин «релятивистские эффекты», к которым сторонники ТО причислили также и субстанциальные эффекты контракции тел и замедления процессов, придав им свою – релятивистскую *интерпретацию* – *искривления пространства*

¹ Известно более десятка реальных авторов, которые в конце 19 и первой половине 20 века внесли основной вклад в идеи, методы, формулировки принципов, терминов, уравнений частной и общей теории относительности (см. ответ на вопрос 16, а также книгу [173]).

² Тогда мировую среду называли «эфир». Хотя термин этот крайне неудачен, он до сих пор в ходу у тех, кто боится сделать адекватные выводы из колоссальной *плотности* обсуждаемой субстанции и других её не менее интересных свойств (см. §1 и ответ на вопрос 6).

времени, которое невозможно подтвердить или опровергнуть экспериментами [132].

Факт 2. Прославленная **формула $E = mc^2$ ($\Delta E = \Delta mc^2$)** связи **массы и энергии**, которую апологеты ТО приписывают теории относительности и лично Эйнштейну, на самом деле **публиковалась в научных изданиях многократно и до создания теории относительности**.

Вероятно первым, кто высказал идею о возможности преобразования вещества и светового излучения друг в друга, был Исаак Ньютон [140]. Открытие в 19 веке закона сохранения энергии и электромагнитной природы света, а затем и радиоактивности, подстегнуло интерес физиков (и не только физиков) к данной теме. С 70-х годов 19 века по 1905 год было опубликовано более десятка статей в научных журналах [37]. Среди хорошо известных авторов Николай Умов в России, Джозеф Джон Томсон и Оливер Хевисайд в Англии, Анри Пуанкаре во Франции и другие.

После открытия в 1902 году Вальтером Кауфманом зависимости массы электрона от его скорости, а в 1903 году – измерения Пьером Кюри мощного теплового излучения радиоактивными солями радия, статьи в журналы, с обоснованием формулы связи массы вещества и энергии, посыпались, как из рога изобилия: в 1903 – О. Де Претто в Италии, в 1904 – снова О. Де Претто, Ф. Содди в Англии и Ф. Газенорль в Австрии, в 1905 – снова Ф. Газенорль, затем А. Эйнштейн, который повторил результаты Хевисайда и Пуанкаре, не ссылаясь на предшественников. Но именно Эйнштейну СМИ Европы и Америки приписали честь открытия в процессе создания культа личности гения [137], [173], [172].

Наиболее **общее обоснование** формулы $E = mc^2$ для *любых* видов взаимодействий (включая и ядерные) дано автором данной книги в §6. Оно стало возможным только после введения принципиально нового понятия: **гравитационно-квантового перехода** инертной массы между её двумя состояниями: негравитирующим и гравитирующим. В теории относительности такое было *невозможно даже предположить*: во-первых, из-за упразднения мировой среды (§1), во-вторых, из-за принципа эквивалентности (§11).

Факт 3. Феноменальный прогресс в технике радиоприёма и радиолокации в середине 20 века помог в 60-е годы впервые принять радиолокационные эхо-сигналы от ближайших к Земле планет [80, с.218]. В итоге точность измерения и вычисления дальностей до планет была увеличена на четыре порядка [197, с.101], что позволило *уточнить* астрономическую единицу и все расстояния в Солнечной системе, уменьшив их погрешности до единиц километров.

Это была настоящая революция в точности космических измерений, и она не могла не привлечь сторонников ТО. К концу 70-х годов ими была создана численная компьютерная модель под названием: *«единая реляти-*

вистская теория движения внутренних планет Солнечной системы» [83], сократим это название до ЕРТДВП. Единая теория движения 4-х планет земной группы получает название **релятивистской теории**. Важно понять – что же в ней *релятивистского*, то есть от теории относительности?

1) В классическую теорию, построенную на основе законов Ньютона, ещё в 19 веке была внесена поправка Леверье, уточнённая Ньюкомом, которая описывала дополнительное вращение перигелия Меркурия на 43" за 100 лет. Эта поправка была объяснена Гербером на основе теории Вебера, затем Эйнштейном на основе ОТО и, наконец, автором АСД в §16. После этого причислять названную поправку к релятивистским эффектам нет необходимости.

2) Поправка Шварцшильда, учитывающая искривление пространства-времени массой Солнца на орбитах планет земной группы, оказалась *незаметной* на фоне погрешностей измерения [83, с.214], то есть фактически она не получила убедительного подтверждения в ЕРТДВП.

3) Знатоки ТО непременно возразят, что теория радиолокации по существу является релятивистской теорией, так как в ней вместо классической кинематики используется релятивистская кинематика СТО, в которой принято *постоянство* скорости радиоволн в космическом вакууме относительно инерциально движущегося радиолокатора.

На самом деле, релятивистская теория радиолокации давала промах в полтысячи километров [189] при попытках попадания радиолучом в центр видимого в телескоп диска Венеры, когда планета подходила близко к Земле на 40-50 млн км. Этот промах становился меньше и исчезал во время элонгаций, то есть при максимальных угловых удалениях Венеры от Солнца, так как в это время вектор относительной скорости Венеры оказывался направленным почти точно к Земле, либо от Земли. Причина промаха – *релятивистский* закон сложения скоростей СТО.

Однако вместо того, чтобы честно признать несостоятельность релятивистской теории радиолокации (а также и СТО), указанный промах был приписан классической небесной механике и её авторам. Сторонники ТО *подогнали* классические эфемериды Венеры под релятивистскую модель радиолокации, «сдвинув планету» вперёд вдоль её орбиты на величину среднего промаха (§18). Для ЕРТДВП это был, по сути, *единственный релятивистский эффект*, или иначе – **релятивистская поправка**. Но эта поправка не подтвердилась 8 июня 2004 года, когда планета перемещалась по диску Солнца. Венера не подчинилась релятивистскому закону.

Вопрос 28. Известный советский физик Е.Л. Фейнберг в статье, опубликованной в 1975 году в журнале «Успехи физических наук» [143], недвусмысленно дал понять, что даже если будет создана динамическая теория, объясняющая Лоренцевы эффекты, **теория относительности** по-прежнему **будет контролировать все теории**, как в наше время это дела-

ет закон сохранения энергии или закон необувания энтропии.

Будет ли АСД контролироваться теорией относительности?

Ответ. Лучшим ответом Фейнбергу и апологетам теории относительности будет замечание О. Френеля, создателя классической волновой оптики: «*Ничто не может быть более печальным для прогресса наук, нежели доктрина непогрешимости*». Доктрина непогрешимости ТО, нетерпимость её апологетов к критике ТО, релятивистская философия с её тезисом “всё относительно” и стремлением *контролировать науку, культуру и мораль*, превращают ТО в подобие *сектантского вероучения*.

Если следовать релятивистским указаниям, принцип относительности, принцип сохранения энергии, принцип необувания энтропии, как и принцип наименьшего действия, то есть, по существу *финалистские принципы* якобы должны *контролировать всю физику*.

На самом деле, направленность релятивистского контроля перевёрнута. В отличие от чистой математики, финалистские принципы в физике следовало бы *строго доказывать* путём выведения из детальных законов, основанных на *концепции близкодействия* (§5), *не логично* принимать их на веру в качестве аксиом или постулатов (подробности в ответе на вопрос 29). Постулировать сомнительные утверждения – традиция *чистой математики*, но *физика – экспериментально проверяемая наука о природе*.

Субстанциальная динамика контролироваться конечно будет, но не финалистскими принципами и тем более не теорией относительности, которая сама не выдержала проверок (§1, §4, §18), так как была основана на сомнительных постулатах. ***Любая физическая теория должна контролироваться, прежде всего, всем экспериментальным наследием физики, очищенным от ошибочных и сомнительных результатов.***

Экспериментальные основания для разработки АСД фактически существовали уже в 60-х годах 20 века. Тем не менее, новая динамика тогда не родилась. Небезынтересное совпадение: в СССР именно на эти годы пришлась мощная волна *преследования критиков ТО*, причём нередко с помощью карательной психиатрии [33], [136], которая применялась и ранее [137], но чаще против *политических* противников.

Вопрос 29. Термин *финалистские* принципы (§5) никогда не употреблялся в физике. Возможно, этот сомнительный термин привлечён лишь для того, чтобы “отменить” закон сохранения энергии и обосновать таким способом очередной *Perpetuum Mobile*?

Ответ. Поскольку термин *финалистские принципы* вводится в механике впервые, необходимо подробное разъяснение. *Финализм* [165] – краткий синоним *телеологии* [165] – учения, считающего, что всё в природе устроено целесообразно и что во всяком развитии осуществляется *заранее* поставленная цель (финал). Под финалистскими принципами автор подразумевает любые принципы, постулаты, аксиомы или законы фи-

зики, если их формулировки содержат заманчиво простые *итоги длительных процессов*. Именно таковы законы сохранения количества движения и энергии, принципы Ферма, Лагранжа и Гамильтона, которые позволяют вводить новые и более эффективные подходы к решению физических задач на движение.

Например, принцип Ферма утверждает, что луч света, идущий от точки А к точке В в среде с неоднородной оптической плотностью, всегда *выбирает* путь, кратчайший по времени. У любого нормального человека, впервые о нём узнающего, он вызывает удивление и вопросы, требующие аргументированного обоснования. Об этом же писал математик А. Пуанкаре [168]. Можно ли принцип Ферма *просто принять на веру* для построения *физической* теории? Если наша цель – детально обосновать естественнонаучную теорию, то *принимать его на веру нелогично*. Несмотря на то, что в итоге создания волновой оптики, физикам удалось *обосновать* принцип Ферма на основе концепции *близкодействия*, тем не менее, **нет гарантии**, что он будет работать в любых физически возможных условиях. То же самое можно сказать и о других финалистских принципах.

Отсюда следует правило для аксиом, проверенное тысячелетиями: в логически непротиворечивой естественнонаучной теории *аксиомой может быть только утверждение, не вызывающее сомнений*.

В современной математике сомнительные аксиомы в порядке вещей. По мнению французского математика Лорана Шварца, приемлема любая внутренне непротиворечивая система аксиом.¹ аксиомы – всего лишь правила игры, как например, в шахматах. Наиболее приемлемы такие правила, которые дают *интересные* партии. В этом суть истинной математики – уверен Шварц. Концепцию Шварца развивает группа французских математиков под коллективным псевдонимом Никола Бурбаки. Но ещё до Шварца похожим правилом воспользовался автор теории относительности, сформулировав два крайне сомнительных постулата [113], которые положили начало релятивистской революции.

Дозволенный в математике произвол в выборе системы аксиом превращает чистую математику в разновидность интеллектуальной игры, интересы которой диктуются только любопытством самих математиков, но не прикладными проблемами современной им науки и техники. Например, польский математик Зигмунд Янишевский – создатель варшавской топологической школы и идейный основатель журнала *Fundamenta mathematicae*, считал *кошунством* любое приложение математики к реальным вещам [166]. Игра математической мысли в голове *такого* математика важнее исследования процессов в настоящей природе. Полвека назад в философско-футурологическом трактате «Сумма технологии» польский писатель-фантаст Станислав Лем весьма гротескно описал «сизифов труд» *та-*

¹ Даже система, которая доказывает “рождение Вселенной” из релятивистской пустоты.

кого математика, приведя аналогию с портным, сошедшим с ума [163].

Заслуживает внимания и ситуация с терминами *фундаментальные науки* и *фундаментальные исследования*. Читаем в википедии: «В задачи фундаментальной науки **не входит** скорая и неперменная практическая реализация» [167], [171]. Эта фраза – бальзам на душу тем, кто привык не отвечать за результаты своей высокооплачиваемой работы. Например, более полувека человечество кормят обещаниями создать на Земле дешёвые и безопасные источники термоядерной энергии на основе управляемого термоядерного синтеза (УТС). Истрачены немалые средства, но дешёвого и безопасного источника термоядерной энергии как не было, так и нет.

Идея 50-х годов зажечь *негаснущее* миниатюрное солнце на нашей Земле была очень заманчива, но изобретатели искусственного солнца, поначалу не догадывались, что *длительно* удерживать плазму, раскалённую до сотен миллионов градусов, способны только силы гравитации, для создания которых недостаточно и массы Земли: требуются звёздные массы. Импульсный, то есть взрывной термояд, на Земле был успешно реализован, но чтобы «приручить» его для УТС, потребовалось бы: 1) создать *фантастические* конструкционные материалы, способные работать в УТС; 2) обеспечить *окупаемость* затрат. Названные проблемы настолько далеки от решения, что неясно – разрешимы ли они в принципе? [170]

Мечта о даровой работе породила идею о *Perpetuum Mobile* – вечном двигателе. В отличие от фантазёров, автор субстанциальной динамики создавал свою теорию без умысла обосновать какой-либо вариант *Perpetuum Mobile*. Одной из главных целей было доказать *иллюзорность* и *призрачность* релятивистской концепции, показать её ненужность и пагубные последствия, в первую очередь, для механики. Рождённая в далёкие 90-е годы субстанциальная динамика **не** отменяет законы сохранения, но она и *не постулирует* их, стремясь доказывать эти законы, как теоремы, выводимые из аксиом новой теории. Формулы законов АСД для АКС похожи на формулы ТО, но отличаются от последних наличием *абсолютных* скоростей. Введение абсолютных скоростей неизбежно влечёт нарушение галилеевского принципа равноправия инерциальных систем и анизотропию динамических процессов в ЛКС (§15). Но отсюда не следует возможность постройки дарового двигателя, совершающего полезную работу «по щучьему велению и моему хотению». Введение *фактора анизотропии* решает проблему сохранения энергии в подвижных КС, поэтому для тревоги поводов нет, хотя основания для проверки АСД есть.

Perpetuum Mobile – мечта *несбыточная*, тем не менее, вечное движение существует, и только слепой не видит его. Самый простой вид вечного движения – это механическое движение *планет* вокруг Солнца и других звёзд, которое продолжается, не останавливаясь, миллиарды лет.

Всё, что происходит на Земле, – тоже вечное движение, но это движение сложнее механических процессов. И хотя природная “машина” за-

ведена на вечное движение, эта машина ничего не делает даром, и это мудро. Волшебное исполнение щучьих велений оказало бы медвежью услугу человеческой цивилизации.

Вопрос 30. Реально ли омоложение людей при далёких космических путешествиях?

Ответ. Правильно говорить не «омоложение», а *замедление старения* путешественников. Если оно реально, то по величине ничтожно малое.

Кратность динамического замедления процессов при движении путешественника с *абсолютной* скоростью v определяется Лоренц-фактором $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – планковская скорость. Чем ближе v к c , тем значительнее замедление старения (но при условии, что биологические процессы *тоже* подчиняются такому закону).

Разумно задаться следующим вопросом: достижимы ли для человека абсолютные скорости v , близкие к c ? Чтобы грамотно ответить на него, необходимо вспомнить о Лоренцевом *сокращении размеров тел вдоль направления вектора абсолютной скорости v* . Будем называть указанный размер «продольным» размером тела, а размеры, перпендикулярные ему – «поперечными» размерами. Лоренцево сокращение вполне реально, так как оно было открыто в точнейших экспериментах с поворотами интерферометра Майкельсона (П2, п.5) и многократно подтверждалось всё более точными опытами в 20 и 21 веках. Кратность сокращения продольного размера любого тела по сравнению с поперечными размерами даётся той же формулой $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. При этом поперечные размеры тела предполагаются не изменяющимися. Заметим, что в абсолютной динамике, в отличие от теории относительности, все Лоренцевы эффекты оказываются не относительными, а **абсолютными**.

Представьте, что вы в межзвёздной ракете достигли скорости $v = 2,9 \cdot 10^8$ м/с. Формула $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ даёт величину $\gamma \approx 4$. Следовательно, когда вы развернётесь головой по направлению полёта, а ногами – в обратную сторону, ваш рост сократится в 4 раза по сравнению с земными условиями. Но повернувшись всем телом перпендикулярно движению, например, грудью вперёд по движению, вы снова удлинитесь до своего привычного роста, зато окажетесь теперь сплюснены в 4 раза в направлении спина-грудь. Указанное растяжение-сжатие при каждом повороте будут испытывать, разумеется, все кости скелета: конечности, позвоночник, грудная клетка, череп, а также мышцы, кровеносные сосуды и все внутренние органы – сердце, лёгкие, мозг и т. д. Но такое возможно только при соответствующих деформациях всех клеток человеческого организма, а также молекул и электронных оболочек атомов. Для атома водорода это продемонстрировано наглядным графиком, рассчитанным в §9.

Будут ли физические процессы, например движение крови по

сплюснутым капиллярам, и биохимические реакции между сплюснутыми молекулами в клетках идти точно так же, как и прежде? *Наивно* на это надеяться. Вряд ли можно допустить деформацию головного мозга в 4 раза, или даже на 1/10 от нормального размера, полагаясь на независимость химико-биологических процессов от абсолютной формы атомов и молекул. Нарушение нервных процессов и интеллектуальной деятельности неизбежно. Поэтому достижение абсолютной скорости, даже отдалённо приближающейся к планковской скорости, без риска для нормального функционирования *живого* человеческого организма, **нереально**.

Отсюда следует, что манящее фантастов замедление старения человека на несколько **лет** во время длительных космических путешествий, с живым и здоровым человеком точно невозможно, ну разве что с замороженным организмом,¹ хотя и это – тоже только фантазия. Ведь в наше время не меньшей фантазией является даже сама возможность разгона *пилотируемой* ракеты не только до скорости, близкой к планковской, но и до скорости на порядок меньшей её, – чисто с технической точки зрения.

Вопрос 31. Не ошибается ли автор в приложении 2, присуждая первое вычисление скорости света итальянцу Кассини, тогда как все литературные источники сообщают об авторстве датского астронома Рёмера?

Ответ. Автор данной книги не судья, чтобы *присуждать* приоритеты, он просто излагает факты, заслуживающие внимания читателя. Жизнь, очень часто, сложнее шаблонных схем, по которым люди автоматически судят о событиях.

Во-первых, Кассини составил подробные таблицы движения спутников Юпитера. Во-вторых, он *первым* публикует предположение о конечности скорости света, объясняющее странные неравенства периодов затмений Ио. Но через три месяца Рёмер отправляет в парижскую АН *свой* отчёт на ту же тему, не содержащий ничего принципиально нового по сравнению с той ёмкой фразой Кассини, которая кратко излагает суть открытия! Она процитирована в П2, пункт 1. Ещё более удивительным кажется то, что Кассини даже не пытается оспорить свой приоритет, несмотря на своё ведущее положение в обсерватории. Напротив, Кассини неожиданно выступает против толкования Рёмером неравенств в движении Ио, а затем продолжает держаться ошибочного мнения до конца жизни!

Эта головоломка решается элементарно. Рёмер, работая помощником Пикара и Кассини в парижской обсерватории, проанализировал по таблицам Кассини указанные неравенства и первым *предложил идею* о конечности скорости света, а опубликовал её Кассини по праву автора

¹ Замораживание организма – это не замедление старения, а полная остановка всех жизненных процессов. Однако, возвращение человека к жизни после заморозки – неразрешённая проблема.

таблиц и директора обсерватории. Но большинство астрономов не приняли *революционную* гипотезу.¹ Этот прискорбный факт *вынудил* Кассини *быстро* отказаться от поддержки гипотезы Рёмера. Чужая идея оказалась не очень дорога.

В подтверждение данной версии, спустя небольшое время (ещё до публикации Ньютоном «Начал»), Кассини излагает *свою* идею, которая определяет движение планет и их спутников **не** по эллипсам Кеплера, а якобы по овалам, которые были названы позже именем Кассини [204, с.222]. Удивительное *многообразие* и *гибкость* овалов Кассини, как кривых четвёртого порядка [174, с.140], позволяли при надобности корректировать форму овалов и *подгонять* любые наблюдения планет и их спутников, подобно теории Птолемея, под ту или иную сиюминутную гипотезу.²

Интересный факт: Кассини (а позже и его сын, заменивший отца на посту директора парижской обсерватории), не признавал механику Ньютона, пропагандируя вытянутость³ фигуры Земли параллельно оси вращения вместо полярного сжатия по Ньютону – несмотря на убедительные доказательства Ньютона и наблюдаемое в телескоп сжатие Сатурна.

Надо отдать должное мужеству Рёмера: невзирая на отрицательное отношение астрономов, в том числе и Кассини, который публично выступил против идеи датского астронома, Рёмер всё же не отказался от своей гипотезы и представил свои расчёты во французскую академию наук в ноябре 1675 г. Тем не менее, лишь спустя полвека гипотеза Рёмера перестала восприниматься астрономами с недоверием. Это произошло после того как английский астроном Джеймс Брэдли открыл явление звёздной аберрации (§17), которое подтвердило конечность скорости света и дало значительно более точную её оценку по сравнению с вычислениями Рёмера.

Вопрос 32. Цитата: «Датский астроном Олаф Рёмер, работая в Парижской обсерватории, заметил, что время полного обращения спутника Ио вокруг Юпитера, определённое по моменту входа или выхода его из тени Юпитера, периодически изменяется. Когда Земля с наибольшей скоростью удаляется от Юпитера, период увеличивается на 15 секунд. А когда Земля с наибольшей скоростью приближается к Юпитеру, период уменьшается на 15 секунд. Причина - скорость света подчиняется не реля-

¹ Астрономов легко понять: учёт скорости света сделал бы астрономические вычисления по результатам наблюдений *неоправданно громоздкими*, ведь скорость света была вычислена лишь оценочно, но астрономам нужна высокая точность.

² Копернику бы эти овалы! Тогда, быть может, и Кеплер остался без работы. Шутка. В наше время той же цели служат кривые (неевклидовы) геометрии – основа ОТО и многомерные пространства – основа «теории всего». Искусственность таких теорий, их подгоночный характер и оторванность от природы обычно не заботит авторов-математиков.

³ Как в голове Кассини такое могло сочетаться с собственными измерениями *сжатия* Юпитера? Подход Птолемея: гибкие индивидуальные “законы” для каждой планеты.

тивистскому, а классическому закону сложения скоростей». [146] Не это ли самое простое опровержение теории относительности?

Ответ. Кажущееся изменение *периода* обращения спутника Ио вокруг Юпитера есть тривиальное следствие изменения *расстояния* между Юпитером и Землёй, возникающего из-за обращения Земли вокруг Солнца. По этой причине, после каждого появления Ио из-за Юпитера, свет с *прежней* скоростью пробегает *другой* путь от Юпитера до Земли, увеличивая (либо уменьшая) интервал времени между этими появлениями.

Расчёт простой. Интервал времени между появлениями Ио из-за Юпитера $\sim 1,5 \cdot 10^5$ секунд умножаем на орбитальную скорость Земли $v = \pm 30 \cdot 10^3$ м/с, и получаем приращение расстояния от Юпитера до Земли, равное $L = \pm 45 \cdot 10^8$ м, наблюдаемое в элонгациях Земли. Именно на *дополнительный* путь L свет затрачивает *дополнительно* ± 15 секунд.

Применяя релятивистскую кинематику, делим L на $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, а в случае классической кинематики, делим L на $(c \pm v)$.

В итоге этих делений мы получаем 15 секунд $\pm 1,5$ миллисекунды – таково различие между классической и релятивистской кинематикой. Но обнаружить столь малое различие нереально, так как погрешность фиксации момента входа Ио в тень Юпитера (или выхода из тени) имеет порядок секунды. Такова точность измерений в нашу эпоху [147].

В эпоху Рёмера самыми точными были жидкостные часы с абсолютной погрешностью несколько *минут* за сутки. Поэтому в те времена об измерении одного периода затмения Ио с точностью до секунд, не могло быть и речи. Чтобы уменьшить *относительную* погрешность измерения времени, астрономы измеряли *суммарное время* многих десятков периодов затмений Ио, например за три месяца, а затем делили суммарное время на количество затмений. Этот простой приём помог обнаружить указанную выше зависимость периодов затмений Ио от орбитального движения Земли и приближённо вычислить скорость света – несмотря на отсутствие часов с секундной точностью за сутки.

Используя такой же приём сегодня, можно улучшить абсолютную точность вычислений периода Ио в несколько десятков раз, но, к сожалению, и этой точности недостаточно для решения задачи «простого опровержения теории относительности».

Вопрос 33. Экспериментальное обнаружение гравитационных волн в 2015 году, как ряби пространства-времени, возбуждённой слиянием двух чёрных дыр, – это триумф общей теории относительности, в основу которой положена Риманова геометрия пространства-времени. Зачем нужна *субстанциальная* теория тяготения, о которой упоминает автор книги в §12 и §16? Что нового она может дать?

Ответ. Необходимость в новой теории возникает тогда, когда действующие теории оказываются не точными, обнаруживают свою противоре-

- 300 -

чивость или ограниченность собственных ОАП (§12).

В настоящее время в физике применяются две теории тяготения. Закон всемирного тяготения Ньютона оказался недостаточно точным в описании вращений апсид планетных орбит. Теория Ньютона правильно описывает указанные вращения, когда их причина – притяжение планет друг к другу. Небольшое дополнительное, так называемое «аномальное» вращение, возникает вследствие взаимодействия каждой планеты с мировой средой (МС). В результате этого взаимодействия возникает индуктивное ускорение (§9), оно *замедляет* изменение модуля абсолютной скорости планеты при её обращении вокруг Солнца, вследствие периодического изменения массы планеты. Отмеченное явление – следствие абсолютной динамики, которая таким образом закрыла вопрос об аномальном вращении перигелия Меркурия, переведя его в статус нормального эффекта (§16).

Второй недостаток теории Ньютона – её противоречие концепции близкодействия (§5): мгновенность передачи на любое расстояние меняющихся сил тяготения при движениях гравитирующих масс. По этой причине теория Ньютона не может описать потерю энергии во вращающейся системе гравитирующих тел путём излучения гравитационных волн.

В отличие от теории Ньютона, букет недостатков у ОТО значительнее: негравитирующая энергия «физического вакуума» (§1), логический парадокс равноправных близнецов (§4), непрактичная неоднозначность «резиновых» систем отсчёта, вращающихся относительно звёзд (§3), сингулярности пространства-времени внутри чёрных дыр (§2). Всё это не просто недостатки, а неустранимые дефекты. Идея описать Вселенную при помощи неевклидовой геометрии есть *схоластическая* [135], [165] идея, непроверяемая опытом и основанная на манящем математиков принципе относительности всего сущего.

В абсолютной субстанциальной динамике – нерелятивистской теории, уточняющей динамику Ньютона, – перечисленные недостатки ОТО отсутствуют, но второй недостаток теории Ньютона остался не тронутым. Он и требует исправления в будущей нерелятивистской теории тяготения. Если новая теория тяготения будет квантовой, то одной из её аксиом должен стать гравитационно-квантовый переход (ГК-переход), который детализировал бы причину и особенности включения гравитационных свойств в инертных массах частиц (закон ВГСМ) при их рождении из субстанции. В субстанциальной динамике данная причина раскрыта только с силовой и энергетической сторон (§6, §11, п.3).

Существует ещё одно затруднение, которое не устраняется ни в одной из трёх теорий, – проблема *скрытой* массы в галактиках. Суть её в том, что массы галактик, наблюдаемые астрономами, во много раз меньше, чем требуется (по любой теории тяготения) для действительного, но чересчур быстрого – как собственного, так и группового вращения галак-

тик. По мнению автора, эта трудность – проблема не теорий, а наблюдений. Действительно, было бы совсем скверно, если бы получилось наоборот: наблюдаемая масса оказалась бы в несколько раз больше, чем требуется для наблюдаемого вращения галактик. Тогда все три теории пришлось бы забраковать.

Апологетам ТО не хватает терпения, пока возрастёт точность наблюдений и измерений, и *недостающая* масса будет обнаружена астрономами. Чтобы показать всеобщность ОТО «здесь и сейчас», они лечат ОТО, подставляя ей «костыль», изготовленный из невидимой «тёмной материи», которая гравитирует, но якобы не может быть обнаружена никакими иными способами. Невольно вспоминается огненная материя 17 века и теплоход 18 века – тоже с фантастическими свойствами.¹

На сегодняшний день у ОТО осталось только одно преимущество перед названными теориями – моделирование гравитации без противоречия концепции близкодействия. Но с учётом перечисленных выше недостатков ОТО, экспериментальное обнаружение гравитационных волн в 2015 году нельзя назвать триумфом релятивистской теории, скорее, это её «лебединая песня». Ведь в данном эксперименте гравитационные волны совершили работу, поскольку раскачали пробную массу, следовательно, энергия гравитационных волн не могла быть нулевой. Но *общая ковариантность уравнений* ОТО, которой так гордился Эйнштейн, неизбежно влечёт *нулевую энергию* поля тяготения и отсутствие динамики поля² [8]. Поэтому предсказание Эйнштейном гравитационных волн не является заслугой *общей* теории относительности, поскольку данное предсказание *не основано* на использовании общей ковариантности.³ По этой же причине потерпели закономерный провал и все попытки создать на основе ОТО квантовую теорию гравитации [8, с.25].

У неспециалистов нетрудно посеять почтительный страх перед «сложной структурой» гравитационного поля (§3) или «искривлением пространства-времени» [107], [132]. По мнению автора, использование *криволинейной* геометрии в теории тяготения – чрезмерное и неоправданное усложнение. Ведь Риманова геометрия ОТО содержит в себе и классическую геометрию Евклида, но только в частном случае нулевой кривизны. Поэтому ОТО – безусловно более *гибкая* теория, способная описывать *больше* разных явлений, к примеру, и «рябь пространства-времени».

¹ Теплород – гипотетическая невесомая и невидимая материя, якобы ответственная за все тепловые явления в природе: нагревание, охлаждение, расширение тел и др. Её существование подверг сомнению своими опытами и наблюдениями ещё Ломоносов [89].

² Этот прискорбный для ОТО факт был известен ещё Давиду Гильберту – выдающемуся немецкому математику и настоящему автору общековариантного уравнения ОТО.

³ Предсказание гравитационных волн основано на так называемых «галилеевых координатах», они инерциальны, то есть не вращаются относительно мировой среды. Но мировую среду Эйнштейн «отменил» ещё в 1905 году.

Аналогично Эйнштейну явно перемудрил в 17 веке и астроном Кассини, когда отверг гипотезу Рёмера о конечности скорости света, а затем предложил использовать свои овалы вместо эллиптических орбит Кеплера (см. ответ на вопрос 31). Многообразные (*гибкие*) овалы Кассини содержали в себе, как частные случаи, и кривые, похожие на эллипсы [174, с.140]. Поэтому аномалию с переменной продолжительностью затмений Ио (спутника Юпитера), обнаруженную в наблюдениях Кассини, при желании можно было объяснить, *подгоняя* параметры овалов, по которым спутник якобы движется вокруг Юпитера.

Эпициклы Птолемея, овалы Кассини, искривлённое пространство-время Эйнштейна, многомерные пространства микромира во множестве вариантов теории струн – все эти *избыточно сложные*, а главное – *неоднозначные математические модели*, оказываются на деле *подгончными*, поэтому через какое-то время они заменяются сравнительно простыми и однозначными моделями, более отвечающими природе. *Физический подход* к исследованиям явлений природы в перспективе всегда одерживает верх над бессодержательным формализмом.

Есть надежда, что субстанциальная теория тяготения, основанная на концепции близкодействия, не заставит себя долго ждать. С точки зрения существования сверхплотной, но негравитирующей МС (субстанции¹), рождение любой гравитирующей частицы есть *понижение плотности* субстанции, как в месте рождения частицы, так и в пространстве, окружающем её, но убывающее с расстоянием по определённому закону. Отсюда нетрудно понять **физическую сущность гравитации**. Она заключается не в фантастическом «искривлении пространства-времени», а в том, что градиент плотности субстанции вокруг частицы преобразуется в противоположный по направлению градиент давления субстанции, направленный в сторону меньшей плотности, то есть к частице. Указанный градиент пропорционален напряжённости поля тяготения массы частицы. Поскольку «масса» частицы по существу есть *недостаток* массы породившей её субстанции, то эта масса оказывается *отрицательной*. Поэтому загадочная *отрицательность энергии тяготения* тоже получает естественное объяснение.

Интересен следующий исторический факт. В 19 веке автор классической электродинамики Джеймс Максвелл попытался построить теорию тяготения по аналогии со своей электродинамикой, но его остановила неожиданная отрицательность гравитирующих масс. Максвеллу это обстоятельство показалось странным и невозможным, поэтому он прекратил дальнейшие попытки. Максвелл не мог даже допустить, что «эфир» – так тогда называли мировую среду – плотнее гравитирующих частиц.

¹ Субстанция – ближайшая окрестность мировой среды вокруг исследуемой частицы (§6).

Вопрос 34. Известно, что лунно-солнечные приливы происходят не только в океанах, но также в атмосфере и в недрах Земли. Объясните, почему приливное трение Луны разогревает астеносферу (§21), но, к примеру, не греет Мировой океан? Известно, что в открытом океане приливные горбы перемещаются со скоростью сотен метров в секунду!

Ответ. Когда Луна пересекает плоскость земного экватора, приливный горб в экваториальной области Тихого океана несётся на запад со скоростью 450 м/с. Несмотря на то, что эта скорость больше скорости звука в воздухе и сопоставима со скоростью пули, ни корабли, ни утлые лодочки рыбаков не замечают ударов этой волны. Дело в том, что движение геометрической верхушки приливного горба (приливной волны) со скоростью 450 м/с **не** означает движения самой воды с той же скоростью.

Движения воды в приливной волне удобно разложить на вертикальные и горизонтальные. Вертикальные движения в открытом океане есть колебания размахом до 1 метра с полупериодом ~6 часов, поэтому их скорость ничтожна: не превышает 0,07 мм/с. Горизонтальные движения воды должны непрерывно переносить приливные горбы на запад, а скорость воды относительно неподвижного дна определяется глубиной океана. Если бы вся толща воды участвовала в переносе приливных горбов в одинаковой мере, то горизонтальная компонента скорости воды на экваторе в Тихом океане не превысила бы 0,1 м/с. Если же принять линейный рост скорости от нуля на дне, получим на поверхности 0,2 м/с. Но в высоких широтах эта скорость ещё меньше. Непрерывный горизонтальный перенос воды на запад¹ сопровождается вязким трением, замедляя вращение Земли. Вычисления показывают, что возникающие при этом силы трения, по крайней мере, в тысячу раз меньше, чем требуется для реально наблюдаемого замедления вращения Земли в течение последних тысячелетий. Причина – высокая текучесть воды: вода легко меняет форму под действием сил приливного поля. Поэтому широко распространённое мнение о том, что **трение приливной волны в Мировом океане** – главная причина замедления вращения Земли, невероятно преувеличивает его действительную работу.

Обнаруженный в 20 веке вулканизм на Ио – спутнике Юпитера, а также явные следы древнего вулканизма на Венере, говорят о серьёзности приливных деформаций *планетных недр*. Как известно, эффективность превращения работы по деформации тел в теплоту, зависит от фазового состояния, упругости и вязкости деформируемых тел. Модуль упругости земных недр резко растёт с глубиной [184] вследствие сжатия вещества: на нижней границе мантии он на порядок больше, чем в литосфере. Если учесть: 1) в центре Земли приливное поле Луны равно *нулю*, оно изменяет-

¹ В реальности континенты препятствуют этому переносу, поэтому большинство течений в Мировом океане, как правило, закольцованы в пределах известных акваторий. [176]

ся прямо пропорционально расстоянию от центра Земли (§10); 2) закон Гука: приливные деформации тел пропорциональны приливному полю и обратно пропорциональны модулю сжатия недр; тогда становится очевидным, что ни глубокие слои мантии, ни тем более земное ядро почти не нагреваются приливной волной вследствие высокой упругости их вещества и очень малых деформаций. И только верхняя мантия, которую называли раньше земной корой, а теперь именуют литосферой, испытывает заметные деформации приблизительно через каждые 6 часов, с размахом порядка полуметра, в основном в низких широтах Земли.

Если бы недра Земли были холодными с момента её рождения, а приливной волны вовсе не было, то Земля грелась бы только солнечным светом на своей поверхности. Это тепло постепенно распространялось бы внутрь Земли, пока не возник баланс между поступлением тепла от Солнца и теплоотдачей нагретой земной поверхности на излучение в космос. Температура в земных недрах вдоль радиуса изменялась бы при этом *монотонно*, поскольку не было бы причин для локальных экстремумов.

Картину распределения температуры планетных недр существенно изменяет приливная волна, которая греет не только поверхность земной суши, непрерывно охлаждаемую тепловым излучением в космическое пространство, но и более глубокие недра Земли. Следовательно, существуют такие глубины, где приливные деформации дают тепла значительно больше, чем его уходит наружу вследствие теплопроводности недр. Начиная с этих глубин, температура земных недр резко ускоряет свой рост, затем на некоторой новой глубине рост температуры прекращается, а ещё глубже температура падает по причине роста упругости мантийного вещества и одновременного ослабления напряжённости приливного поля Луны по мере уменьшения расстояния до центра Земли (§10).

Но если принять во внимание, что рождение Земли сопровождалось разогреванием её ядра вследствие гравитационного сжатия и дифференциации вещества по плотности (поэтому весьма вероятно и ядерными реакциями деления радионуклидов в ядре Земли), тогда абсолютный максимум температуры должен быть в центре Земли, и внутреннее тепло должно устремляться от центра наружу. Следовательно, по мере удаления от ядра температура должна была падать, если бы не было приливных деформаций. Однако навстречу центральному теплу распространяется тепло приливных деформаций, поэтому на вполне определённой глубине должен возникнуть **локальный максимум температуры**, в несколько раз меньший, чем в земном ядре. Если принять во внимание *уменьшение давления и температуры плавления* вещества мантии по мере удаления от нижней границы мантии вверх, тогда логично ожидать начала *плавления* вещества мантии на глубине упомянутого выше *локального* максимума температуры.

На минуту остановимся и сформулируем вопрос, достойный внима-

ния: может ли под земной корой на глубине десятков или сотен километров появиться *сплошной и полностью расплавленный слой мантии*?

Если появится жидкий слой, он приобретёт текучесть и очень малую вязкость, следовательно, *перестанет нагреваться* приливной волной (вспомним океан) и снова отвердеет! Приведение к абсурду означает, что наиболее вероятное состояние этого слоя – не расплавленное, а скорее – весьма близкое к плавлению или *частично* расплавленное, когда средняя вязкость мантии ещё велика и именно по этой причине её вещество *наиболее успешно* нагревается приливными деформациями, то есть сильнее, чем слои мантии, лежащие выше и ниже данного слоя. По современным данным, этот слой расположен на глубинах от 10..20 км – под океанскими рифтовыми зонами, и до 400 км – под континентами. Скорость распространения в нём поперечных сейсмических волн оказалась ниже, чем в покрывающих и подстилающих слоях мантии, указывая на снижение модуля сдвига в этом слое и ухудшение резонансных свойств, необходимых для пропускания сейсмических волн. В 1912 году русский сейсмолог Б.Б. Голицын *предположил* наличие такого слоя как источника магмы. А в 1914 году американский геолог Дж. Баррел *предсказал* его существование на основе явления *изостазии*¹ и назвал этот слой *астеносферой*. Существование астеносферы было подтверждено сейсмической разведкой в 50-е годы 20 века. В пределах астеносферы обычно лежат очаги питания вулканов и там же перемещаются массы, сопровождающие основные тектонические процессы [178], [184].

Гипотеза о том, что причиной появления астеносферы является энергия неупругих лунно-солнечных приливных деформаций, была высказана автором 15 лет назад. На разогревание астеносферы тратится большая часть приливной энергии Луны. Именно эта энергия создаёт разломы литосферных плит и рифтовые зоны в океанах, где полужидкое вещество астеносферы в виде магмы, синхронно с *приливыми* поднятиями океанского дна, поднимается и *выдавливается* по трещинам вверх, тут же охлаждаясь океанской водой и затвердевая. Затем синхронно с каждым отливом рифтовые зоны опускаются, вызывая нарастающие напряжения *сжатия* литосферных плит, что ведёт к постепенному их *раздвижению в направлениях от рифтовых зон*. Этот очевидный механизм объясняет главную *причину поддвигания* литосферных плит друг под друга в зонах субдукции и одновременное формирование в этих зонах глубоководных океанских желобов.

Популярная, но фантастическая гипотеза, предполагающая *растяжение* литосферных плит под действием веса их краёв, опущенных в мантию, *не способна объяснить целостность литосферных плит*. Если бы эта

¹ Из-за малой вязкости астеносферы, сравнительно с вязкостью окружающей мантии, более жесткие литосферные плиты находятся в изостатическом равновесии: они, как гигантские айсберги, плавают в «астеносферном океане» Земли. [184, с.143]

гипотеза была верна, то огромная Тихоокеанская плита, из-за регулярных приливных колебаний Тихоокеанского дна, давно уж раскололась бы на множество мелких фрагментов, так как прочность литосферных минералов на растяжение в несколько раз хуже их прочности на сжатие.

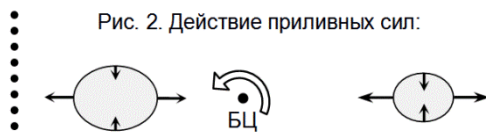
Гипотеза о растяжении литосферных плит противоречит и естественному сжатию земной коры в геофизическом процессе медленного остывания земных недр, и как следствие – постепенному уменьшению радиуса Земли – одной из причин деформаций плит и сейсмических явлений.

Приливная энергия легко объясняет и более высокую температуру на поверхности Земли в *прошлые геологические эпохи*, когда Луна была ближе, а приливные деформации были на порядки сильнее, а также предсказывает некоторое уменьшение теплового потока наружу из недр в будущем, по мере удаления Луны от Земли.

Новая гипотеза исходит из аналогичного явления на Венере, на которой *бурная вулканическая деятельность* прекратилась одновременно с потерей ею своего спутника, который был захвачен Солнцем и превратился в планету *Меркурий*. Масса Меркурия в 4,5 раза больше массы Луны; примерно во столько же раз Меркурий разогревал астеносферу и поверхность Венеры сильнее, чем Луна – астеносферу Земли и её поверхность, находясь на тех же расстояниях от своей планеты.

Вопрос 35. Правильно ли рассматривать два противоположных приливных горба, создаваемых Луной в океанах Земли, как гравитационный и инерционный? [72, с.26] Действуют ли на планеты центробежные силы?

Ответ. Представление о том, что передний приливный горб (обращённый к Луне) – гравитационный, а задний – инерционный, происходит из ошибочной аналогии о действии на планеты *центробежных сил* инертности (ЦБСИ), как если бы планета и её спутник были связаны не силами гравитации, а прочным тросом, который не даёт им улетать друг от друга. Ситуации с фантастическим тросом и с приливными силами показаны на двух рисунках ниже:



Может показаться, что ЦБСИ растягивают планету и её спутник точно так же, как реальные приливные силы. На самом деле 1-я модель недопустимо груба, так как две противоположные ЦБСИ, якобы приложенные к телам-компаньонам, *одинаковы по модулю*, но *растут* пропорционально квадрату угловой скорости обращения вокруг общего барицентра (БЦ) и пропорционально расстоянию от него. В то время как *посту-*

пательные силы инертности, помогающие гравитации создавать приливные горбы по 2-й модели (см. ниже), *различны* по величине, они *не зависят от расстояний до общего БЦ и от скоростей вокруг него*.

Реальное движение планет по их орбитам есть **свободное падение**, происходящее под действием только сил тяготения внешних космических масс. Ускорение свободного падения планеты практически не зависит от мгновенного направления её движения, если пренебречь индуктивным ускорением, которое очень мало. Эта модель исследована в §10 и определяется формулой (8), из которой следует, что ***приливное поле тяжести (ППТ), создающее приливные горбы на планете, определяется не планетой, и не её движениями, а только массой притягивающего тела и расстоянием до него***. Поэтому, при равных расстояниях между ЦМ планеты и ЦМ притягивающего тела, ППТ одинаково как при падении планеты по прямой траектории на притягивающую массу, так и при обращении планеты по круговой, эллиптической или навсегда убегающей орбите.

В отличие от ошибочной 1-й модели, свободное падение планеты по модели №2 порождает ***только поступательную силу инертности***. Она направлена противоположно абсолютному ускорению свободного падения планеты, поэтому создаёт *однородное поле искусственной тяжести* внутри падающей планеты, противоположное указанному ускорению. Однородное поле искусственной тяжести накладывается на *неоднородное* поле тяготения притягивающего тела, что даёт в сумме приливное поле тяжести внутри рассматриваемой планеты, как суперпозицию указанных полей.

ППТ даёт ***исчерпывающее описание силового действия гравитации*** одной космической массы на другую космическую массу в невращаемой СПКС последней, привязанной к её ЦМ. Привлечение ЦБСИ, как сил взаимодействия космических тел, ошибочно.

Если кратко: Свободное падение, как *поступательное*¹ движение звёзд, планет и их спутников по *любым* траекториям в гравитационных полях внешних тел, **не** может быть причиной ЦБСИ. ЦБСИ появляются в недрах космических тел **не** в результате их движения по траекториям, а ***только вследствие вращения этих тел вокруг собственных центров масс относительно мировой среды***. Пример – задача №8 в §14.



¹ Движение твёрдого тела в АСД можно назвать *поступательным*, если СКС данного тела не вращается относительно мировой среды. Среди естественных тел Солнечной системы наиболее близким к поступательному оказывается движение Венеры вокруг Солнца, так как Венера вращается относительно мировой среды в 244 раза медленнее Земли и в 9 раз медленнее Луны. По этой причине *полярное сжатие* Венеры центробежными силами инертности должно быть менее метра, поэтому на практике оно не обнаруживается.

Экзистенциальное послесловие

*Устремлённость к истине –
путеводная цель настоящей науки.*

Нередко бывает так, что наши знания, добытые кропотливым трудом, становятся предметом нашей гордости. Гордость мешает нам воспринимать то принципиально новое, что выходит за рамки привычной, хорошо обкатанной системы, в которой мы чувствуем себя комфортно. Официальная наука учит закрывать глаза на *противоречия* в системе знаний, и мы перестаём обращать внимание на эти противоречия, дипломатично называя их *парадоксами*. Поэтому любую информацию, которая норовит испортить комфортную картину нашего представления о мире, мы встречаем привычным *предубеждением*, а порой и агрессивно.

Чтобы преодолеть предубеждения, нужен изрядный импульс извне – экзистенциальное потрясение, и только тогда мы вдруг и с удивлением начинаем смотреть на привычно-комфортное “совершенство” нашего мира *свежим* взглядом. Внезапно, как откровение, в нашем уме наступает *просветление*, а спустя какое-то время мы уже искренне удивляемся не столько новизне, сколько стройности и логичности вновь открывшейся нам картины мира.

Таким потрясением для автора стало следствие квантовой теории, суть которого в том, что *тончайший эфир* древних греков оказался в реальности сверхплотной, но негравитирующей субстанцией, в которой все микрочастицы – гравитирующие образования меньшей плотности. Этот переворот в представлении о нашем мире стал исходным пунктом построения АСД.

АСД пока ещё в детском возрасте, теория нуждается в дальнейшей разработке и требует предельно точных проверок.



ЛИТЕРАТУРА

1. Касьянов В. Критика теории относительности Эйнштейна. – 2017. // URL: <http://www.proza.ru/2017/03/16/615>
2. ФЭ. Т. 4. 1994. Сложения скоростей закон. – С. 557.
3. Бом Д. Специальная теория относительности. Пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – С. 90.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. Т. 1. Механика. – 4-е изд., стереотипное. – М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2005.
5. ФЭ. Т. 4. 1994. Собственная система отсчёта. / Новиков И.Д. – С. 567.
6. *Lenard, Philipp. Über Relativitätsprinzip, Äther, Gravitation.* S. Hirzel Verlag, Leipzig 1918. (2-е изд., март 1920 г.; 3-е изд., дополненное, октябрь 1920 г.).
7. Eine Dialog über Einwände gegen die Relativitätstheorie. Naturwiss., 1918, 6, 697-702. Пер. с нем.: Эйнштейн А. Диалог по поводу возражений против теории относительности. Собр. научных трудов. – М.: Наука, 1965. Т. 1. – С. 624.
8. Бурланков Д.Е. Анализ общей теории относительности. Несостоятельность общей ковариантности. 2012. // URL: <https://docplayer.ru/71122020-Analiz-obshchey-teorii-otnositelnosti-nesostoyatelnost-obshchey-kovariantnosti.html>
9. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/node34.html>
10. Фок В.А. Система Коперника и система Птолемея в свете общей теории относительности // Николай Коперник. Сборник статей к 400-летию со дня смерти. – М.- Л. 1947. – С. 180-186.
11. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Госиздат, 1955.
12. ФЭ. Т. 3. 1992. Общая теория относительности. / Кобзарев И.Ю. – С. 392.
13. Бурланков Д.Е. Анализ общей теории относительности. Монография. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2011.
14. ФЭ. Т. 2. 1990. Дырок теория Дирака. / Киржниц Д.А. – С. 25.
15. Подольный Р.Г. Нечто по имени Ничто. – М.: Знание. 1983.
16. ФЭ. Т. 4. 1994. Рождение пар. – С. 398.
17. ФЭ. Т. 1. 1988. Аннигиляция. / Павлов Г.Г. – С. 85.
18. ФЭ. Т. 5. 1998. Тожественности принцип. / Говорков А.Б. – С. 119.
19. ФЭ. Т. 3. 1992. Нулевые колебания. / Коган Я.И. – С. 368-369.
20. ФЭ. Т. 5. 1998. Эффект Казимира. / Мостепаненко В.М. – С. 644-645.
21. ФЭ. Т. 2. 1990. Лэмбовский сдвиг уровней. / Соколов Ю.Л., Яковлев В.П. – С. 621-623.
22. ФЭ. Т. 2. 1990. Квантовая электродинамика. / Ширков Д.В. – С. 319.
23. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и космология. //УФН, 1997. №8. С. 808.
24. ФЭ. Т. 1. 1988. Вакуумный конденсат. / Захаров В.И. – С. 237.
25. БСЭ. Позитивизм. / Лекторский В.А.
26. Langevin P. «L'evolution de l'espace et du temps». Scientia 10. 1911. – С. 31-54.
27. Борн М. Космические путешествия и парадокс часов. // УФН, т. 69, 1959. – С. 105-110.
28. Брумберг В.А. Релятивистская небесная механика. – М.: Наука, 1972. – С. 119.
29. Иродов И.Е. Основные законы механики. – М.: Высшая школа, 1978. – С. 187.
30. ФЭ. Т. 5. 1998. Тепловая смерть Вселенной. / Зубарев Д.Н. – С. 74.
31. Терлецкий Я. П. Статистическая физика. – М.: Высшая школа, 1973. – § 50.
32. ФЭ. Т. 3. 1992. Относительности принцип. / Кобзарев И.Ю. – С. 493.

33. История антирелятивистской борьбы на Западе. История антирелятивистской борьбы в нашей стране (на основе материалов G.O. Mueller Research Project). // URL: <http://www.antidogma.ru/library/history.html>
34. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. / пер. с лат. А.Н. Крылова. – М.: Наука, 1989.
35. Горин Ю.П. и др. Серпуховский эксперимент. // Ядерная физика, 1971, Т. 14. – С. 998.
36. Левин Е.М., Рыскин М.Г. Рост полных сечений адронных взаимодействий с увеличением энергии. // УФН, 1989, июнь, т.158, вып. 2. – С. 177-214.
37. Проект "Всех настоящих первых помянуть". // URL: <http://www.antidogma.ru/library/firsts.html>
38. Спасский Б.И. История физики. Ч. 1. – М.: Высшая школа. 1977. – §24. Механика Даламбера и Лагранжа.
39. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 1986. – Задача 33.10. – С. 259.
40. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. Учебник для 8 класса. 1982. – С. 67.
41. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика. Учебник для 10 класса. 2006. – С. 13.
42. ФЭ. Т. 2. 1990. Инерциальная система отсчёта. – С. 145.
43. ФЭ. Т. 3. 1992. Относительности теория. / Кобзарев И.Ю. – С. 494.
44. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Справочник по физике. М.: Наука. 1990.
45. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т. 2. Динамика. – 6-е изд. – М.: Наука. 1983. – С. 422.
46. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Механика. 1988. М.: Наука. Т. 1. – С. 15.
47. ФЭ. Т. 3. 1992. Минковского пространство-время. / Гальцов Д.В. – С. 156.
48. ФЭ. Т. 3. 1992. Относительности теория (Структура пространства Минковского). / Кобзарев И.Ю. – С. 499.
49. ФЭ. Т. 3. 1992. Относительности теория. / Кобзарев И.Ю. – С. 495.
50. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. 3-е изд. М., 2003. – С. 392.
51. Pound R. V., Rebka Jr. G. A. (April 1, 1960). «Apparent weight of photons». *Physical Review Letters* 4 (7). – С. 337-341.
52. Pound R. V., Snider J. L. (November 2, 1964). «Effect of Gravity on Nuclear Resonance». *Physical Review Letters* 13 (18). – С. 539-540.
53. Мёллер К. Теория относительности. – 2-е изд. – М.: Атомиздат. 1975. – С. 289.
54. ФЭ. Т. 4. 1994. Релятивистские эффекты. / Кобзарев И. Ю. – С. 338.
55. Окунь Л.Б. Понятие массы. // УФН, т.158, вып. 3. – С. 511.
56. Джеммер М. Понятие массы в классической и современной физике. – М.: Прогресс, 1967.
57. Денисов В.И., Логунов А.А. Инертная масса, определённая в ОТО, не имеет физического смысла. – М.: АН СССР. Институт ядерных исследований, 1981.
58. Спасский Б. И. История физики. – М.: Высш. шк., 1977, часть 2.
59. Mohorovicic S. Die Einsteinische Relativitätstheorie und ihr mathematischer, physikalischer und philosophischer Charakter. Berlin - Leipzig, 1923, S. 8–9.
60. Грушинский Н.П., Дралкин А.Г. Антарктида. – 1988.
61. Критическая плотность (космология). // Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Критическая_плотность_\(космология\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Критическая_плотность_(космология)).
62. Крылов А.Н. Собрание соч. Т.5. Математика и механика. (О силах инерции и начале Даламбера) – М.- Л.: АН СССР, 1937. – С. 495-512.

63. Хайкин С.Э. Что такое силы инерции. Гостехиздат, 1940.
64. Мандельштам Л.И. Ещё раз о силах инерции. // УФН, 1946, т. XXVIII, вып. 1. – С. 99-102.
65. Ишлинский А.Ю. Механика относительного движения и силы инерции. – М.: Наука, 1981.
66. Ишлинский А.Ю. Механика. Идеи, задачи, приложения. – М.: Наука, 1985. – С. 472-508.
67. Ишлинский А.Ю. Классическая механика и силы инерции. – М.: Наука, 1987.
68. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – 5-е изд. – М.: Высш. шк., 1990.
69. Центробежный насос. / Новый политехнический словарь. Под ред. Ишлинского А.Ю.; – М.: Изд-во БРЭ, 2000. – С. 604.
70. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – С. 36.
71. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып.1, 2. – 3-е изд. – М.: Мир, 1976. – С. 287.
72. Гулиа Н.В. Удивительная физика. О чём умолчали учебники. – М.: ЭНАС, 2005. – С. 81-84.
73. ФЭ. Т. 1. 1988. Гравиметрия. / Грушинский Н.П. – С. 521.
74. Цубои Т. Гравитационное поле Земли. (Пер. с яп.) – М.: 1982.
75. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М.: Наука, 1986. Задача 33.4. – С. 258.
76. Лаптев Г.Ф. Элементы векторного исчисления. – М.: Наука, 1975.
77. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. – 2-е изд. – М.: Наука, 1968.
78. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. – М.: Наука, 1968.
79. Охочимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета: Учебное пособие. – М.: Наука, 1990.
80. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Скольника. Т. 4. Радиолокационные станции и системы. / Под ред. Вейсбейна М.М. Глава 7. Радиолокационная астрономия. Петтингил Г. – М.: Советское радио, 1978.
81. ФЭ. Т. 1. 1988. Аберрация света. / Новиков И.Д. – С. 10.
82. J.L. Simon, P. Bretagnon, J. Chapront, M. Chapront-Touzé, G. Francon, J.Laskar (1994). Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets. *Astron. Astrophys.*, v. **282**, p. 663-683. // URL: <http://lnfm1.sai.msu.ru/neb/rw/natsat/plaorbw.htm>
83. Единая релятивистская теория движения внутренних планет Солнечной системы. Кислик М.Д. и др. // Котельников В.А. Собрание трудов в 3-х томах. Т. 2. Космическая радиофизика и радиоастрономия – М.: Физматлит, 2009. – С. 213-217. (Статья из Докладов АН СССР. 1980. Том 255, №3)
84. Успехи планетной радиолокации. / Котельников В.А. и др. // Собрание трудов в трёх томах. Т. 2. Космическая радиофизика и радиоастрономия – М.: Физматлит, 2009. – С. 117. (Статья из журнала АН СССР «Природа», 1964, №9.)
85. Семиков С.А. Баллистическая теория Ритца и картина Мироздания. – 2-е изд., перераб. и доп. – Н. Новгород: ООО «Стимул-СТ», 2010.
86. Эксперименты по прямой демонстрации независимости скорости света от скорости движения источника. Александров Е.Б. и др. // УФН, т.181, 2011. № 12. – С. 1345-1351.
87. Семиков С.А. Вариации скорости света как возможный источник ошибок кос-

- мической навигации и радиолокации. // Журнал радиоэлектроники. ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. №12. 2013. Сайт: <http://jre.cplire.ru/jre/dec13/index.html>
88. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Общая теория относительности и астрофизика. // Эйнштейновский сборник. 1966. – М.: Наука, 1966.
89. Ломоносов М.В. Размышление о причине теплоты и стужи. СПб, 1745.
90. ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. – М., 2016.
91. Спутниковые навигационные системы. Учебник каф.604. МАИ, 2004. – С. 27.
92. Власов И.Б. Глобальные спутниковые навигационные системы. МГТУ им. Баумана. – М., 2008. – С. 122.
93. Ehrenfest P. Proc. Amsterdam acad. 1917, vol. 20, p. 200. Ehrenfest P. Ann. Phys., 1920, Bd. 61, S, 440.
94. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Т. 1. Статика и кинематика. – 6-е изд. – М.: Наука, 1982.
95. Алдошин Г.Т. К вопросу о силах инерции. / Международная научная конференция по механике. Восьмые Поляховские чтения. Тезисы докладов. – СПб.: СПбГУ, 2018. – С. 21.
96. Понятов А.А. Эти странные силы инерции. // Наука и жизнь. №10. 2020. – С. 22-31.
97. Каримов И. История науки о теоретической механике. Уфа, 450071, п/я 21. // URL: <http://www.teoretmech.ru/history.htm>
98. Пипуныров В.Н. История часов с древнейших времен до наших дней. – М.: Наука, 1982.
99. Poincare H.J.//Revue de Metaphysique et de Morale, 1898, t. VI, p. 1-13. Пуанкаре А. Измерение времени. // Избранные труды, том 3. М.: Наука. 1974. – С. 419-428.
100. Marinov S. New Measurement of the Earth's Absolute Velocity with the Help of the "Coupled Shutters" Experiment. //Progress in Physics, Vol.1, 2007, January, s. 31-37.
101. Википедия. // URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Michelson–Morley_experiment.
102. Терлецкий Я.П., Рыбаков Ю.П. Электродинамика. – М.: Высш. шк., 1990.
103. Лауэ М. К опыту Ф. Харреса // Статьи и речи / пер. с нем. М.: Наука, 1969.
104. Вавилов С.И. Экспериментальные основания теории относительности. – М.-Л.: Госиздат, 1928.
105. Толчельникова-Мурри С.А., Чубей М.С. Звёздная абберация при возросшей точности наблюдений и при больших скоростях движения наблюдателя. // Сб. Проблемы пространства, времени, движения. Под ред. Григоряна С.С. – РАН РФ. ОАО "СПб-Технология", 1997. – С. 92 - 100.
106. Ржига О.Н. Зайцев А.Л. Планетный радиолокатор. – М.: ИРЭ РАН, 2006.
107. Леонович В.Н. Кривизна пространства. 2018. // URL: <https://www.proza.ru/2018/07/11/453>
108. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – 3-е изд. – М.: Наука, 1965.
109. Зоммерфельд А. Пути познания в физике. – М.: Наука, 1973. – С. 84.
110. Фридман А.А. Мир как пространство и время. – 2-е изд. – М.: Наука, 1965. – С. 66.
111. Гарднер М. Теория относительности для миллионов. – М.: Атомиздат. 1965, 1967, 1979. (Пер. с англ.)
112. Бонди Г. Относительность и здравый смысл. – М.: Мир, 1967. (См. редакторское введение. / Н. Мицкевич. – С. 8).

113. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1. – М.: Наука, 1965.
114. Einstein A. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Ann. Phys., 1916, 49, 769–822. (Работа выходила в Германии несколько раз отдельным изданием; в 1929 г. вышло 5-е издание. Русский перевод был опубликован в сб. «Принцип относительности». ГТТИ, 1935. См. также полн. собр. соч. 1965. Т. 1).
115. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Релятивистская астрофизика. М.: Наука. 1967.
116. Маха принцип. // URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1029406>
117. Sciama D.W. The physical Foundations of general Relativity, New York, 1969. (Пер. с англ.: Сиам Д. Физические принципы общей теории относительности. – М.: Мир, 1971).
118. Ефимов А.А., Шпитальная А.А. О движении Солнечной системы относительно фона Вселенной. // Сб. Проблемы пространства и времени в современном естествознании. Серия «Проблемы исследования Вселенной». Вып. 15. – СПб, 1991. – С. 345-349.
119. Сурдин В.Г. Реликтовое излучение. // Большая энциклопедия астрономии. – М.: Эксмо, 2012. – С. 345.
120. Пуанкаре А. О науке. – 2-е изд.; пер. с фр. – М.: Наука, 1990. – С. 642.
121. Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. – 3-е изд. – М.: Наука, 1990. – §12.
122. Synge J.L., Talking About Relativity, Amsterdam, London, 1970. (Пер. с англ.: Синг Дж. Беседы о теории относительности. – М.: Мир, 1973).
123. Уиттекер Э. История теорий эфира и электричества. Лондон, 1953. (Перепеч. в сб. «Принцип относительности». – М.: Атомиздат, 1973).
124. Минковский Г. Пространство и время. – СПб: Книгоиздат. «Физика», 1911.
125. Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука, 1977. – С. 86.
126. ФЭ. Т. 5. 1998. Тяготение. / Новиков И.Д. – С. 188-193.
127. Миллер Д. Эксперимент по эфирному ветру и определение абсолютного движения Земли. Ч. 1. 1933. Сайт: http://ether.wikiext.org/wiki/Miller_1933_1
Ч. 2. 1933. Сайт: http://ether.wikiext.org/wiki/Miller_1933_2
128. Leverrier U.J.J., Ann. Observ. Imper. (Paris), 5, 19, (1859).
129. Newcomb S. Astronomical Papers of the American Ephemeris, 1, 363, (1882).
130. Орбитальные параметры планет. // Электронный ресурс ГАИШ, отдел небесной механики, URL: <http://lnfm1.sai.msu.ru/neb/rw/natsat/plaorbw.htm>
131. Варин М.П., Толчельникова С.А. Обращение к учёным и работникам просвещения». 2008. // Перепечатка в ЖРФХО, Том 87, Выпуск № 3, 2015г. – С. 90.
132. Толчельникова С.А., Калиберда В.С., Бучнева В.Ф. Отношение Пуанкаре и Эйнштейна к геометрии. Геодезия и картография №5. 2004. – С. 52-59.
133. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – 6-е изд. – М.: Наука, 1968. – С. 427.
134. Касавин И.Т. Релятивизм. // Современная западная философия. Словарь. – М.: Политиздат, 1991. – С. 263-264.
135. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка. 100 000 слов, терминов и фразеологических выражений. / Под ред. Скворцова Л.И. – 28-е изд., перераб. – М.: Мир и образование, 2016.
136. Бронштэн В.А. Беседы о космосе и гипотезах. – М.: Наука. 1968. – С. 198.
137. Жук Н.А. Эйнштейн и теория относительности. В десяти частях. – Харьков, 2010. // URL: <https://www.proza.ru/avtor/zhuck&book=4#4>
138. БСЭ. Махизм. / Лекторский В.А.

139. Франкфурт У.И., Френк А.М. Оптика движущихся тел. – М.: АН СССР, 1972.
140. Ньютон И. Оптика. – Пер. с 3-го англ. изд., 1721. – М.: Госиздат, 1927. – С. 216, 291-292, 357.
141. Пайерлс Р.Е. Законы природы. – М., 1962.
142. ФЭ. Т. 4. 1994. Радиолокационная астрономия. / Ржига О.Н. – С. 217.
143. Фейнберг Е.Л. Можно ли рассматривать релятивистское изменение масштабов длины и времени как результат действия некоторых сил? // УФН, 1975, август, т. 116, вып. 4. – С. 721.
144. Ивченков Г. Самое важное подтверждение ОТО или что измерил лорд Эддингтон в 1919. // URL:
<http://www.elibrary-antidogma.narod.ru/bibliography/eddington.htm>
145. В. Клиффорд. О пространственной теории материи // Сб. Альберт Эйнштейн и теория гравитации. – М.: Мир, 1979. – С. 36-37.
146. Аверьянов В.А. Пути развития науки. // Сб. Великие преобразователи естествознания: Анри Пуанкаре. Тез. докл. XVII международных чтений. Минск, 28-29 ноября 2001. – Минск: БГУ, 2001. С. 37-42. С. 38. С. 272.
147. Толчельникова С.А., Чубей М.С., О роли наблюдений Галилеевых спутников Юпитера в знаменательных научных открытиях. – ГАО РАН. СПб.
148. Hafele J.C., Keating R. E. Around-the-World Atomic Clocks: Observed Relativistic Time Gains—Science, 1972, v. 177, № 4044, p. 168. // URL:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Эксперимент_Хафеле_—_Китинга.
149. Субстанция. // Современный философский словарь. – Москва-Бишкек-Екатеринбург, 1996. – С. 523.
150. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. М.: Просвещение. 1974, 1982.
151. Элементарный учебник физики. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. // Под ред. Ландсберга Г.С. – М.: Наука, 1967. – С. 258.
152. ФЭ. Т. 4. 1994. Релятивистская электроника. / Гапонов-Грехов А.В., Петелин М.И. – С. 335.
153. Толчельникова С.А., Калиберда В.С. К критике «механики Маха» с позиции астрономии. // Клио, №3 (26). – СПб: Нестор, 2004. – С. 120-124.
154. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. – 2-е изд., испр. и доп. – / под ред. Ахиезера А.И. – М.: Наука, 1983.
155. Конференция по эксперименту Майкельсона–Морли, состоявшаяся в обсерватории Маунт Вилсон, г. Пасадена, Калифорния, 4 и 5 февраля 1927 // Эфирный ветер. Сб. статей под ред. В.А. Ацюковского. – М.: Энергоатомиздат, 1993. Пер. с англ. Ацюковского В.А. и Князевой Л.С. – С. 112-173.
156. Толчельникова С.А. Заключительные замечания. // Сб. «Астрономия и история науки». – СПб, 1999. – С. 265-272. (Перепеч. под названием: «Два источника, питающие творческий дух» // «ЖРФХО», Т. 87, вып. 3, 2015). – С. 4-15.
157. Пуанкаре А. О динамике электрона. Динамика электрона // Избранные труды. Пер. с фр. Т. 3. – М.: Наука, 1974. – С. 429-515.
158. ФЭ. Т. 5. 1998. Эквивалентности принцип. / Питаевский Л.П. – С. 499.
159. Хайкин С.Э. Силы инерции и невесомость. – М.: Наука, 1967.
160. Асмус В.Ф. Логика. – 2-е изд. – М.: УРСС, 2001.
161. Абачиев С.К. Формальная логика с элементами теории познания. Ростов-на-Дону: Феникс, 2012.
162. Радунская И.Л. Безумные идеи. – М.: Мол. Гвардия, 1965. (Тир. 100 000 экз.)

163. Лем. С. Сумма технологий. // Собр. Соч. Т. 13. – М.: ТЕКСТ, 1996. – Гл. 5. Прологомены к всемогуществу. (е) Безумие, не лишённое метода. – С. 197.
164. Арнольд В.И. Гюйгенс и Барроу, Ньютон и Гук: Первые шаги математического анализа и теории катастроф, от эвольвент до квазикристаллов. (История математики) – 2-е изд. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – С. 19-20.
165. Словарь иностранных слов и выражений. / Сост. Зенович Е.С. М.: АСТ, 2000.
166. Штейнгауз Г. Задачи и размышления. – М.: Мир, 1974.
167. Фундаментальная наука. // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Фундаментальная_наука
168. Пуанкаре А. О науке. – 2-е изд. – Пер. с фр. – М.: Наука, 1990. – С. 107.
169. ФЭ. Т. 3. 1992. Относительное движение. / Тарг С.М. – С. 493.
170. Управляемый термоядерный синтез. // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Управляемый_термоядерный_синтез
171. Борисова А.О. Крепкий орешек: почему не получается создать компьютерную модель мозга. – 17 августа 2019. // URL: <https://www.rbc.ru/opinions/society/17/08/2019/5d566e1d9a79470865d5714e>
172. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. Жизнь во имя истины, гуманизма и мира. – М.: Прогресс. 1966. – С. 168.
173. C.J. Bjerknes. Albert Einstein: The incorrigible plagiarist. Downers Grove, Illinois, U.S.A., 2002.
174. Бронштейн И.Н. Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. (Пер. с нем.) – М.: Наука, 1981.
175. Ресурсы для изучения Wolfram Language (Mathematica) на русском языке. URL: <https://habr.com/ru/company/wolfram/blog/244451/>
176. Евгенов Н.И. Морские течения. – 2-е изд. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
177. Михайлов В.Н. Гидрология: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2007.
178. БСЭ. Астеносфера. / Магницкий В.А.
179. Кононович Э.В. Мороз В.И. Общий курс астрономии: Университетский учебник. – 2-е изд., испр. / Под ред. Иванова В.В. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
180. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. – М.: Наука, Физматлит, 2002.
181. ФЭ. Т. 1, 1988. Вращение Земли. / Нестеров В.В. – С. 343.
182. Котляков В.М. Снежный покров Земли и ледники. – Л.: Гидрометеиздат, 1968.
183. БСЭ. Саванновые зоны. / Лукашова Е.Н., Михайлова Л.А.
184. Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. Элементарное введение в планетную и спутниковую геофизику. – М.: Наука и образование, 2013.
185. Алисов Б.П., Дроздов О.А., Рубинштейн Е.С. Курс климатологии. Ч.1-3. – Л.: Гидрометеиздат, 1952-1954.
186. Милюков В.К. и др. Деформационные процессы в литосфере, связанные с неравномерностью вращения Земли. // Физика Земли, 2011, №3. – С. 96-109.
187. Дьяконов В.П. Mathematica 5/6/7. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012.
188. Бронштэн В.А. Как движется Луна? – М.: Наука, 1990. – С. 70-72.
189. Дёмин В.Н., Селезнев В.П. Мироздание постигая... – М.: Молодая гвардия, 1989. – С. 138.
190. БСЭ. Маха принцип. / Коноплева Н.П.

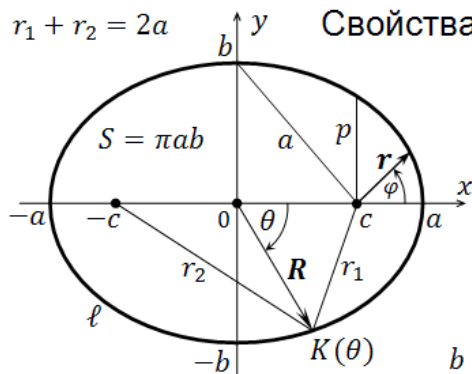
191. Хайкин С.Э. Физические основы механики. – М.: Наука, 1971. – С. 186.
192. ФЭ. Т. 3. 1992. Относительности теория. / Кобзарев И.Ю. – С. 501.
193. ФЭ. Т. 1, 1988. Дефект массы. / Хлопов М.Ю. – С. 591.
194. Фок В.А. Принципы механики Галилея и теория Эйнштейна. // УФН, 1964, август, т. 83, вып. 4. – С. 579-580.
195. Фок В.А. Масса и энергия. // УФН, 1952, октябрь, т. 48, вып. 2. – С. 161-165.
196. ФЭ. Т. 3. 1992. Квантовая теория поля./ Медведев Б.В., Ширков Д.В. – С. 300.
197. Котельников В.А. Радиолокация планет. // Собрание трудов в 3-х томах. Т. 2. Космическая радиофизика и радиоастрономия – М.: Физматлит, 2009. – С. 99-105. (Статья из Вестника Академии наук СССР, 1964, № 1.)
198. Радиолокационные наблюдения Венеры в Советском Союзе в 1962 году. / Котельников В.А. и др. // Доклады АН СССР. 1963. Том 151, №3. – С. 535.
199. Котельников В.А. Модельная нерелятивистская квантовая механика. // Собрание трудов в 3-х томах. Т. 2. Космическая радиофизика и радиоастрономия – М.: Физматлит, 2009. – С. 338-394.
200. Применко Л.О. Оливер Хевисайд: жизнь и творчество. (1850 – 1925). – Каменец-Подольский: Изд-во Абетка, 2004. – С. 105.
201. Определение орбит Венеры, Земли, Марса на основе радиолокационных наблюдений Венеры и Марса в 1962-1978 гг. Кислик М.Д. и др. // УФН, 1980, июль, т. 131, вып. 3. – С. 511.
202. ФЭ. Т. 1, 1988. Волоконно-оптический гироскоп. / Кравцов Н.В., Шелаев А. Н. – С. 335.
203. Лысенко Л.Н. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – С. 226.
204. Белецкий В.В. Очерки о движении космических тел. – М.: Наука, 1977.
205. Кориолисово ускорение / Сила Кориолиса в природе / Электронный ресурс: Академик. Словари и энциклопедии на Академике. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/74740>
206. Википедия. Сила_Кориолиса. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Обсуждение:Сила_Кориолиса#Знак_кориолисова_ускорения
207. Фрейман Л.С. К истории доказательства теоремы Кориолиса // Труды института истории естествознания и техники. – М.: АН СССР, 1956. Т. 10. – С. 213-244.
208. Емельянов А.В., Емельянов И.А. Новый взгляд на некоторые фундаментальные понятия и опытные факты физики. – М.: Изд-во «Заречье», 2013.
209. Карауш Е.А., Давлатов Р.А., Донченко С.С. и др. Оценка возмущающих ускорений, воздействующих на космическую гравитационную волновую антенну „SOIGA-2” // Известия вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 10. – С. 907-920.
210. Жуковский Н.Е. Теоретическая механика. – 2-е изд. – М.- Л.: Госиздат, 1952.
211. Рыков В.П. Субстанциальная динамика. Нерелятивистское уточнение динамики Ньютона. Самоучитель. – СПб.: Новый формат, 2020.



$$r_1 + r_2 = 2a$$

Свойства эллипса

$$a^2 = b^2 + c^2$$



$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 ; \quad r(\varphi) = \frac{p}{1 + e \cos \varphi}$$

$$e = \frac{c}{a} = \sqrt{1 - p/a} = \sqrt{1 - b^2/a^2}$$

$$p = b^2/a = a(1 - e^2) ; \quad c = a e$$

$$b = \sqrt{a^2 - c^2} = a \sqrt{1 - e^2} = \sqrt{a p}$$

$$r_A = a + c ; \quad r_{\Pi} = a - c ; \quad r_A = a(1 + e) ; \quad r_{\Pi} = a(1 - e) ;$$

$$\frac{r_A}{r_{\Pi}} = \frac{1 + e}{1 - e} ; \quad a = \frac{r_A + r_{\Pi}}{2} ; \quad e = \frac{r_A - r_{\Pi}}{r_A + r_{\Pi}} = 1 - \frac{p}{r_A} = \frac{p}{r_{\Pi}} - 1 ;$$

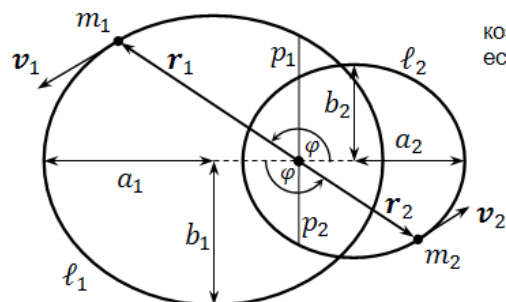
$$p = r_{\Pi}(1 + e) = r_A(1 - e) = \frac{2 r_A r_{\Pi}}{r_A + r_{\Pi}} ; \quad r_{\Pi} < p < 2 r_{\Pi} ; \quad 0 < e < 1$$

$$R(\theta) = \frac{a b}{\sqrt{a^2 \sin^2 \theta + b^2 \cos^2 \theta}} ; \quad \rho(\theta) = \frac{a^2 b^2}{R^3} \quad \text{— радиус кривизны эллипса в точке } K(\theta)$$

$$x_C = \left(a - \frac{b^2}{a}\right) \cos^3 \theta ; \quad y_C = \left(b - \frac{a^2}{b}\right) \sin^3 \theta \quad \text{— координаты центров кривизны эллипса в зависимости от } \theta$$

$$\ell = 2\pi a \left[1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 e^2 - \left(\frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4}\right)^2 \frac{e^4}{3} - \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6}\right)^2 \frac{e^6}{5} - \dots \right] \quad \text{— длина эллипса}$$

Задача двух тел в *ОБКС. Эллиптические движения.



коэффициент k подобия орбит
есть отношение масс двух тел: $k = \frac{m_2}{m_1}$

$$k = \frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{p_1}{p_2} ; \quad e_1 = e_2 = e$$

$$\mathbf{r}_1(\varphi) = -k \mathbf{r}_2(\varphi) ;$$

$$\mathbf{v}_1(\varphi) = -k \mathbf{v}_2(\varphi) ;$$

Формулы для тела
массой m_1 :

$$\ddot{x}_1 = -\mu_1 \frac{x_1}{r_1^3} ; \quad \ddot{y}_1 = -\mu_1 \frac{y_1}{r_1^3} ; \quad \mu_1 = \frac{G m_2^3}{(m_1 + m_2)^2}$$

$$r_1(\varphi) = \frac{p_1}{1 + e \cos \varphi} ; \quad p_1 = \frac{b_1^2}{a_1} = a_1(1 - e^2) = r_{п1}(1 + e) = \frac{r_{п1}^2 v_{п1}^2}{\mu_1}$$

радиальная v_{1r} и трансверсальная $v_{1\tau}$ проекции скорости:

$$v_{1r}(\varphi) = \sqrt{\mu_1/p_1} e \sin \varphi ; \quad v_{1\tau}(\varphi) = \sqrt{\mu_1/p_1} (1 + e \cos \varphi)$$

модуль скорости:
$$v_1(\varphi) = \sqrt{\mu_1/p_1} \sqrt{1 + e^2 + 2e \cos \varphi}$$

Формулы для тела массой m_2 получаются из формул для тела массой m_1 путём замены всех индексов "1" на "2", и одновременно "2" на "1".

Угловые скорости $\dot{\varphi}$ и периоды обращения T такие же, как в *ИБКС.

Переход из *ОБКС в *ИБКС

$$\ddot{x}_1 - \ddot{x}_2 = -\mu \frac{x_1 - x_2}{r^3} ; \quad \ddot{y}_1 - \ddot{y}_2 = -\mu \frac{y_1 - y_2}{r^3} ; \quad \mu = G(m_1 + m_2) ;$$

$$a = a_1 + a_2 ; \quad b = b_1 + b_2 ; \quad c = c_1 + c_2 ; \quad p = p_1 + p_2 ; \quad \ell = \ell_1 + \ell_2$$

$$r_{п} = r_{п1} + r_{п2} ; \quad r_A = r_{A1} + r_{A2} ; \quad r(\varphi) = r_1(\varphi) + r_2(\varphi) ;$$

$$r(\varphi) = \frac{p}{1 + e \cos \varphi} ; \quad p = \frac{b^2}{a} = \frac{r_{п}^2 v_{п}^2}{\mu} ; \quad v_{п} = \sqrt{(1 + e) \mu / r_{п}} ; \quad \frac{v_{п}}{v_A} = \frac{r_A}{r_{п}}$$

$$v_p = \sqrt{\mu/p} ; \quad v_r(\varphi) = v_p e \sin \varphi ; \quad v_{\tau}(\varphi) = v_p (1 + e \cos \varphi) ;$$

$$v(\varphi) = \sqrt{v_r^2 + v_{\tau}^2} = v_p \sqrt{1 + e^2 + 2e \cos \varphi} ; \quad v(r) = \sqrt{\mu (2/r - 1/a)}$$

$$\dot{\varphi}(\varphi) = \sqrt{\mu/p^3} (1 + e \cos \varphi)^2 ; \quad T = 2\pi \sqrt{a^3/\mu} ; \quad n = 2\pi/T$$

$$r^2 \dot{\varphi} = \sqrt{\mu p} = const \quad \begin{array}{l} \text{— 2-й закон} \\ \text{Кеплера.} \end{array} ; \quad a^3 = \mu \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \quad \begin{array}{l} \text{— 3-й закон Кеплера,} \\ \text{уточнённый Ньютоном.} \end{array}$$

Расчёт большой полуоси
 a и периода T по
измерениям $r(t)$ и $v(t)$:

$$a = \left[\frac{2}{r(t)} - \frac{v^2(t)}{\mu} \right]^{-1} ; \quad T = \frac{2\pi\mu}{[2\mu/r(t) - v^2(t)]^{3/2}}$$

Сводка терминов, не рекомендуемых к употреблению.

Устаревшие термины	Рекомендуемые термины//пояснения	Ссылки
1. Эфир; физический вакуум.	Мировая среда, субстанция.	§1, §6, вопр.6.
2. Принцип относительности.	Относительность <i>движений</i> .	§11, п.5.
3. Принцип эквивалентности.	Правило интерпретации полей.	§§1,6,11.
4. Принцип Маха.	Инертное взаимодействие ускоряемых частиц и тел с мировой средой.	§6, §11, вопр.3.
5. Принцип Даламбера.	Методы АСД, динамистатики и кинетики.	§11,§13, §14.
6. Кинестатика.	Динамистатика.	§11,§14.
7. Силы <i>инерции</i> переносные.	Силы <i>инертности</i> переносные.	§6, §11.
8. Системы отсчёта (СО).	Координатные системы (КС).	§8, П1.
9. Равноправие всех инерциальных СО.	<i>Кинематическое</i> равноправие всех КС // правило ковариантности.	П1, §8, §11.
10. <i>Локально</i> инерциальные системы отсчёта.	<i>Практически</i> инерциальные координатные системы.	§8, §10, §11,п.5.
11. Релятивистские эффекты, обусловленные движением.	Субстанциальные эффекты // зависят от абсолютной скорости объектов.	Гл.2, 3, П2.
12. Релятивистская масса – продольная, поперечная, тензорная.	Мгновенная масса // скалярная функция от квадрата абсолютной скорости, инвариантна к выбору КС.	§6, §9, §11,§15, §16,§21.
13. Эквивалентность массы и энергии; превращение массы и энергии друг в друга; <i>без-массовые</i> частицы.	Ошибка // масса и энергия осуществляют в физике <i>различные</i> функции, не превращаются друг в друга; <i>все</i> физические частицы имеют массу.	§6, §9, §15, вопр.15.
14. Дефект массы.	Убыль массы // масса не исчезает.	вопр.15.
15. Релятивистская деформация <i>пространства</i> движением наблюдателя.	Контракция <i>тел</i> // лоренцева деформация электронных оболочек <i>атомов</i> при абсолютном движении.	§9, §17, §21, П2, п.5.
16. Релятивистское замедление <i>времени</i> .	Субстанциальная зависимость скорости <i>процессов</i> .	§4, §9, §20,§21.
17. Эффект Доплера <i>второго</i> порядка.	Эффект Лоренца-Лармора // связь с формулой Доплера отсутствует.	П2, п.6.
18. Ускорение <i>силы</i> тяжести.	Ускорение свободного <i>падения</i> .	§10, §13.
19. Поле <i>силы</i> тяжести.	Поле тяжести, его <i>напряжённость</i> .	§10, §11.
20. Тёмная материя.	Скрытая масса.	вопр.33.

Связь ускорений и сил, действующих на частицу в АКС.

$$F = m a_F ; \quad a = a_F + a_i$$

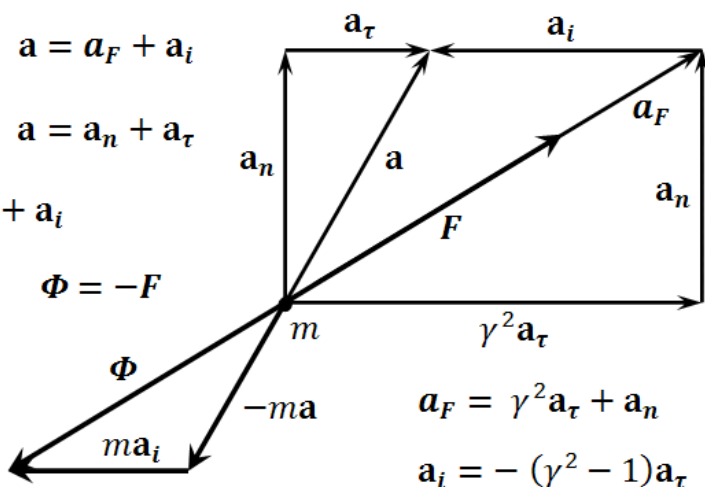
$$a = \frac{F}{m} + a_i ; \quad a = a_n + a_\tau$$

$$a = \gamma^2 a_\tau + a_n + a_i$$

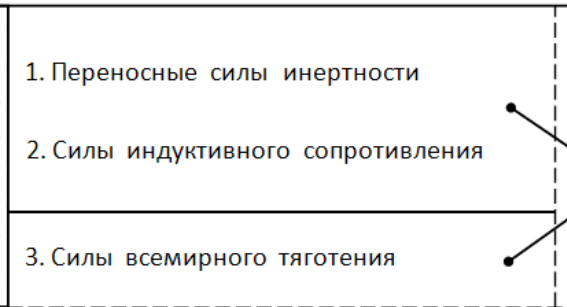


$$\Phi = \Phi_e + I ; \quad \Phi = -F$$

$$\Phi_e = -ma$$

$$I = ma_i$$



Краткая классификация сил в субстанциальной динамике по характеру физического взаимодействия частиц (тел).

Силы	Инертности	М а с с о в ы е			
Силы	М и р а	г р а в и т а ц и и	Н е м а с с о в ы е	4. Объёмные силы 	
	5. Поверхностные силы 				
	6. Немассовые силы взаимодействия частиц микромира				