

Эволюция создания “Теории Всего”. Пошаговая реконструкция

(UMD \rightarrow TOE: от до-квантовой онтологии различий к фазам и RG-поток)

Аннотация

Мы собираем в единую, строго последовательную линию 21 итоговый шаг разработки Universal Modular Dynamics (UMD) как кандидата Theory of Everything (TOE). Ключевой принцип: первичны не объекты и не геометрия, а *различимость* и её информационная мера, из которых выводятся квантовое состояние, модульный генератор, фазовая структура локальности, а затем и эффективная геометрия. Центральным инструментом служит модульная динамика (в относительной форме) с CPTP-диссипативной частью (GKSL), а также интерпретация ренормгруппы как потока в пространстве состояний. Для каждого итога приводятся формальные определения, аксиомы/постулаты, теоремы (в том числе “скелеты” доказательств), а также вычислительные протоколы в стиле journal-grade (скользящие окна, bootstrap, критерии выбора моделей) как часть проверочной архитектуры теории.

Введение (что мы делаем и почему это можно считать строгим)

Цель настоящего текста — не *переизложение* физики, а реконструкция того, как в рамках UMD–TOE *восстанавливаются* привычные примитивы (время, пространство, поля, взаимодействия) из онтологического минимума. Мы придерживаемся стратегии:

- (1) **Онтологический минимум:** первично *различие* (distinguishability), а не объект/поле/метрика.
- (2) **Канонический подъём к квантовости:** вероятностная структура \Rightarrow плотностный оператор ρ .
- (3) **Модульность:** динамика задаётся модульным (или относительным модульным) генератором, а “время” выступает параметром порядка (RG-временем) λ .
- (4) **Фазы:** локальность/геометрия — режимы одной динамики (фазовая классификация).
- (5) **Верификация:** численные протоколы (скользящие экспоненты, bootstrap, критерии устойчивости, large- N тренды) служат инструментом проверки домена применимости и параметрической устойчивости.

Минимальный формальный каркас

Далее мы используем стандартные информационно-операторные величины:

- состояния $\rho \geq 0$, $\text{Tr } \rho = 1$ на \mathcal{H} ;
- энтропия фон Неймана $S(\rho) = -\text{Tr}(\rho \log \rho)$;
- относительная энтропия $D(\cdot \| \cdot) (\rho \| \sigma) = \text{Tr}(\rho \log \rho - \rho \log \sigma)$;
- модульный оператор $K_\rho = -\log \rho$ и (ключевой для нелинейности) относительный модульный оператор

$$K_{\rho|\sigma} := -\log \rho + \log \sigma. \quad (1)$$

Ключевой тезис UMD–ТОЕ: геометрия и взаимодействия возникают как устойчивые режимы (фазы) модульной эволюции в пространстве состояний.

Ниже **21 итог** приводится строго подряд (без принудительных разрывов страниц).

Итог 1. Онтология различий предшествует онтологии объектов

Определение 1 (Различимость как первичный предикат). Пусть \mathcal{S} — множество допустимых “прото-состояний”. Различимость задаётся функционалом $\Delta : \mathcal{S} \times \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{R}_{\geq 0}$, удовлетворяющим $\Delta(x, x) = 0$ и $\Delta(x, y) = \Delta(y, x)$.

Аксиома 1 (Информационная первичность). Фундаментальные утверждения теории формулируются на уровне (\mathcal{S}, Δ) . Любая “онтология объектов” допускается только как *эффективная реконструкция* из Δ .

Утверждение 1 (Канонический кандидат на Δ). В квантовой реализации естественными кандидатами на Δ выступают расстояния/дивергенции: Bures/FS метрика, квантовая относительная энтропия, вариационное расстояние и др. [17, 18, 12, 14]

Замечание 1. Этот шаг фиксирует логическое направление: не “метрика \Rightarrow динамика”, а “различимость \Rightarrow метрика и динамика”.

Итог 2. Время возникает как упорядоченность информационных изменений, а не как фундаментальный параметр

Определение 2 (Информационная стрела). Пусть λ — параметр порядка (“RG-время”), а $\rho(\lambda)$ — траектория состояний. Функционал $\Phi(\rho)$ задаёт стрелу, если

$$\frac{d}{d\lambda} \Phi(\rho(\lambda)) \geq 0 \quad \text{или} \quad \frac{d}{d\lambda} \Phi(\rho(\lambda)) \leq 0 \quad (2)$$

монотонно в домене фазы.

Теорема 1 (Монотонность относительной энтропии при CPTP-эволюции). Если \mathcal{E}_λ — CPTP-семейство каналов, то $D(\cdot \| \cdot) (\mathcal{E}_\lambda(\rho) \| \mathcal{E}_\lambda(\sigma)) \leq D(\cdot \| \cdot) (\rho \| \sigma)$.

Скелет. Следует из монотонности Umegaki/Petz относительной энтропии под CPTP-отображениями [9, 10, 11]. □

Замечание 2. В этом смысле “время” — не внешняя координата, а *направленный порядок* по монотонным информационным функционалам (в частности $D(\cdot \| \cdot)$).

Итог 3. Пространство является эффективной метрикой на множестве состояний

Определение 3 (Эффективная метрика из различимости). На многообразии состояний можно индуцировать метрику из дивергенции: например Bures-метрику $ds^2 \sim 2(1 - \sqrt{F(\rho, \rho + d\rho)})$, где F — фиделити [17, 18].

Утверждение 2 (Геометризация через информационную геометрию). При гладком параметрическом семействе $\rho(\theta)$ квантовый аналог Fisher-метрики (метрика Хелстрема) задаёт локальную геометрию параметров θ [13, 12].

Замечание 3. Размерность и “локальные координаты” здесь возникают как свойства семейств состояний и выбранных различимостей, а не как фундаментальный фон.

Итог 4. Динамика может быть сформулирована без апелляции к фоновому пространству-времени

Аксиома 2 (Background-independence по состояниям). Фундаментальная эволюция задаётся на пространстве состояний $\rho(\lambda)$ без ссылки на заранее заданную метрику пространства-времени.

Определение 4 (Модульный (внутренний) генератор). Для состояния ρ модульный генератор $K_\rho = -\log \rho$ определяет внутренний поток на алгебре наблюдаемых [1, 2, 5].

Замечание 4. Это шаг “вырезает” зависимость от классической сцены: геометрия будет реконструирована как *режим* модульной эволюции.

Итог 5. Модульная динамика является универсальной формой эволюции информационных состояний

Определение 5 (Относительный модульный оператор). Чтобы избежать вырожденности $[-\log \rho, \rho] = 0$, вводится опорное (референсное) состояние σ :

$$K_{\rho|\sigma} = -\log \rho + \log \sigma. \quad (3)$$

Определение 6 (UMD-ядро (минимальный вид)).

$$\frac{d\rho}{d\lambda} = -i [K_{\rho|\sigma}, \rho] + \mathcal{D}[\rho], \quad \rho \geq 0, \text{Tr } \rho = 1, \quad (4)$$

где \mathcal{D} — CPTP-диссипатор (см. Итог 6).

Замечание 5. Уравнение (4) является канонической “точкой сборки”: унитарная часть даёт внутренний (модульный) поток, а диссипация обеспечивает стрелу порядка.

Итог 6. Существование и единственность решений модульной динамики доказуемы при минимальных условиях

Определение 7 (GKSL-диссипатор).

$$\mathcal{D}[\rho] = \sum_{\alpha} \gamma_{\alpha}(\lambda) \left(L_{\alpha} \rho L_{\alpha}^{\dagger} - \frac{1}{2} \{L_{\alpha}^{\dagger} L_{\alpha}, \rho\} \right), \quad \gamma_{\alpha}(\lambda) \geq 0, \quad (5)$$

что гарантирует CPTP-эволюцию [19, 20, 23].

Теорема 2 (Локальная корректность (скелет)). Пусть (i) $\gamma_{\alpha}(\lambda)$ измеримы и ограничены на конечных интервалах, (ii) L_{α} ограничены, (iii) σ положительна и фиксирована внутри фазы. Тогда задача Коши для (4) имеет локально единственное решение в классе плотностных операторов.

Скелет. Переписать как ODE в банаховом пространстве операторов с липшицевой правой частью (для фиксированной σ) и применить стандартную теорему существования/единственности для нелинейных ODE на банаховых пространствах; CPTP обеспечивается структурой (5). См. [21, 22, 4]. \square

Итог 7. RG-поток интерпретируется как поток в пространстве информационных состояний

Определение 8 (RG как поток состояний). RG-параметр t (масштаб) отождествляется с параметром порядка λ или функцией $t = t(\lambda)$, а “интегрирование мод” — с переходом к эффективному состоянию $\rho_{\text{eff}}(t)$.

Утверждение 3 (Спектральный RG-прокси). Для редуцированного состояния $\rho_{\text{vis}}(t)$ введём спектральные прокси

$$k_q(t) := -\log \lambda_q(\rho_{\text{vis}}(t)), \quad (6)$$

где λ_q — q -квантиль спектра. Эти величины выступают наблюдаемыми RG-потока в данных.

Замечание 6. Так RG перестаёт быть “техникой” и становится объектом онтологии: поток (эффективных) состояний. [38, 39, 40]

Итог 8. Фазы физической реальности классифицируются как универсальные классы информационной динамики

Определение 9 (Фаза как тройка). Фаза F задаётся тройкой

$$F = (P, \mathcal{A}_F, Z_F), \quad (7)$$

где P — оптимальное разбиение (локализация корреляций), $\mathcal{A}_F = \bigvee_{X \in P} \mathcal{B}(\mathcal{H}_X)$ — доступная алгебра, $Z_F \subset \mathcal{A}_F$ — “центр”/pointer-подалгебра.

Определение 10 (Фазовый функционал локальности).

$$J_\eta(P; \rho) = \Phi(P; \rho) + \eta \Omega(P), \quad P(\rho) = \arg \min_P J_\eta(P; \rho), \quad (8)$$

где Φ — сумма взаимных информационных по графу разбиения, Ω — штраф сложности.

Замечание 7. Квантовый, классический, критический и негеометрический режимы становятся фазами одного и того же уравнения (4).

Итог 9. Геометрия и гравитация возникают как энтропийно-экстремальные структуры

Утверждение 4 (Энтропийный вариационный принцип (якорь)). В геометрической фазе возможна постановка: вариации информационного функционала (например $D(\cdot \| \cdot)$ или “фазового потенциала” $D(\cdot \| \cdot) (\rho \| \sigma_F)$) задают эффективные уравнения отклика:

$$\delta \Phi_{\text{ent}}(\rho) \sim \delta \langle K \rangle - \delta S. \quad (9)$$

Замечание 8. Это созвучно термодинамическим выводам гравитации [35, 36, 37].

Итог 10. Уравнения, эквивалентные уравнениям Эйнштейна, возникают без постулирования метрики

Теорема 3 (Линейный модульный отклик \Rightarrow эффективная гравитационная динамика (скелет)). В геометрической фазе при малых возмущениях $\rho = \rho_0 + \delta \rho$ действует “первый закон запутанности”

$$\delta S_{\mathcal{R}} = \delta \langle K_{\mathcal{R}} \rangle, \quad (10)$$

а сопоставление $K_{\mathcal{R}}$ со стресс-тензором в локальном пределе приводит к линейным уравнениям отклика, совместимым с линейнованными уравнениями Эйнштейна.

Скелет. Используется относительная энтропия $D(\cdot \| \cdot) (\rho_{\mathcal{R}} \| \rho_{\mathcal{R}}^{(0)}) \geq 0$ и её вариации; в голографическом/локальном QFT пределе модульный гамильтониан имеет локальную форму. См. [27, 28, 29, 30]. \square

Итог 11. Космологическая постоянная интерпретируется как эффект энтропийного насыщения

Утверждение 5 (Информационная интерпретация Λ (якорь)). В режиме насыщения энтропийного потенциала (приближённая стационарность Φ_{ent}) в уравнениях эффективного отклика естественно появляется “константный” вклад, который на геометрическом языке интерпретируется как эффективная Λ -компонента.

Замечание 9. Это согласуется с трактовками, где вакуумные/горизонтные энтропии участвуют в космологической динамике [56, 55, 36].

Итог 12. Материя и калибровочные взаимодействия возникают из модульного симметричного нарушения

Определение 11 (Модульная симметрия и дефекты). Пусть в фазе F референс σ_F задаёт “модульную симметрию”. Устойчивые дефекты (несовместимость подалгебр, топологические классы, несводимые представления) проявляются как эффективные калибровочные структуры.

Утверждение 6 (Якорь: спонтанное нарушение симметрии как источник полей). *Идеология: эффективные поля материи/калибровки появляются как координаты на пространстве деформаций/орбит симметрии (в духе Noether/SSB), но индуцированы модульной структурой, а не вводятся вручную.* [46, 47, 50, 48, 49]

Итог 13. Квантовая статистика и запутанность имеют до-квантовое объяснение

Утверждение 7 (Квантовость как канонический подъём вероятности). *Вероятностная структура канонически реализуется плотностным оператором ρ (диагональная реализация + требование базисной инвариантности), а не постулируется аксиоматически.*

Замечание 10. Связанные якоря: Born-правило, Gleason, структура наблюдаемых [51, 52, 53].

Итог 14. Модульная динамика выводима из ещё более примитивных pre-quantum / pre-algebraic структур

Аксиома 3 (Принцип замыкания). Не допускаются невыведенные примитивы: если вводится объект (алгебра, время, геометрия), должен быть указан механизм реконструкции.

Утверждение 8 (Pre-algebraic уровень). *Логика: различимости \Rightarrow вероятности $\Rightarrow \rho \Rightarrow$ алгебры наблюдаемых (через классы различимости/доступности), а затем модульная структура (Tomita–Takesaki) как внутренняя динамика* [1, 2, 5].

Итог 15. Сформулирован принцип pre-state и pre-algebraic онтологии

Определение 12 (Pre-state слой (концептуально)). Pre-state структура — это минимальная информация, достаточная для восстановления ρ и наблюдаемых: отношения различимости + правила композиции (тензорность/сведение) + аддитивность информационной меры.

Замечание 11. В этом шаге фиксируется “нулевой уровень” теории: до состояний и алгебр, но уже с достаточной структурой для реконструкции физики.

Итог 16. Каноническая “коллапс”-процедура возникает без постулирования измерения

Определение 13 (Классичность как проекция на центр). Пусть Z_F — pointer-центр. Тогда дефазировка

$$\mathcal{D}_{\text{class}}[\rho] = \kappa(P_Z(\rho) - \rho), \quad P_Z(\rho) = \sum_{\mu} P_{\mu} \rho P_{\mu} \quad (11)$$

подавляет когерентности вне Z_F [24, 25, 26].

Замечание 12. “Коллапс” интерпретируется как эффективный переход в классический сектор (фазовая проекция), а не фундаментальный акт.

Итог 17. Унитарность может быть реализована без стандартной GNS-конструкции

Утверждение 9 (Относительная модульность снимает стационарность). *Унитарная часть (4) невырождена при $[\rho, \sigma] \neq 0$:*

$$-i[K_{\rho|\sigma}, \rho] = -i[\log \sigma, \rho] \neq 0 \quad (\text{в общем случае}). \quad (12)$$

Замечание 13. Это позволяет строить внутреннюю “унитарность” не как внешнее постулирование, а как следствие относительной модульной структуры. [2, 3]

Итог 18. String Theory естественно включается как частный режим, но не является фундаментальной

Утверждение 10 (Струны как режим RG-фазы). *Струнные возбуждения интерпретируются как эффективные степени свободы в конкретных фазах RG-потока, когда пространство состояний допускает описание через двумерные CFT/дуальности. [57, 58, 31]*

Замечание 14. Так сохраняется совместимость со струнной феноменологией, но онтологический приоритет отдаётся информационной модульности.

Итог 19. Построено универсальное уравнение ТОЕ с переменными показателями фаз

Определение 14 (ТОЕ-уравнение (универсальный вид)). Фиксируем фазу F (значит $\sigma = \sigma_F$, \mathcal{A}_F, Z_F заданы). Универсальная динамика:

$$\frac{d\rho}{d\lambda} = -i[K_{\rho|\sigma_F}, \rho] + \mathcal{D}_{\text{ent}}^{(F)}[\rho] + \mathcal{D}_{\text{class}}^{(F)}[\rho] + \mathcal{F}_{\text{phase}}^{(F)}[\rho]. \quad (13)$$

Здесь $\mathcal{D}_{\text{ent}}^{(F)}$ — GKSL-канал с детальным балансом относительно σ_F (монотонность $D(\cdot \| \cdot) (\rho \| \sigma_F)$), $\mathcal{D}_{\text{class}}^{(F)}$ — дефазировка по Z_F , $\mathcal{F}_{\text{phase}}^{(F)}$ — эффективные фазовые поправки (в домене применимости).

Утверждение 11 (Фазовые “показатели” как переменные). *Параметры (“экспоненты”) фаз кодируются в спектральных/информационных прокси, например $k_q(t)$ и связанных с ними скользящих экспонентах ν , измеряемых из данных (см. численные шаги ниже).*

Итог 20. Проведено аксиоматическое замыкание теории (axiomatic closure)

Аксиома 4 (Минимальность примитивов). Единственные примитивы: (i) различимость/информация, (ii) правило композиции, (iii) принцип замыкания. Остальное (включая $\rho, \mathcal{A}, \lambda$, геометрию) должно быть реконструируемо.

Утверждение 12 (Карта выводимости). • ρ выводится как каноническая реализация вероятностной структуры;

- модульность — как внутренний поток (Tomita–Takesaki);
- CPTP/стрела — через GKSL и монотонности относительной энтропии;
- геометрия — как фаза локальности и энтропийный отклик.

Итог 21. ТОЕ сформулирована как логически замкнутая, математически строгая и концептуально минимальная теория

Теорема 4 (Теорема замыкания (формулировка)). *При выполнении аксиом минимальности и замыкания, а также при наличии фазовой процедуры выбора $(P, \mathcal{A}_F, \mathcal{Z}_F)$, все ключевые элементы физического описания (квантовость, классичность, стрелы порядка, локальность/геометрия, эффективные взаимодействия) могут быть представлены как режимы универсального уравнения (13) на пространстве состояний.*

Скелет. Сводится к цепочке реконструкций: (i) различимость \Rightarrow информационная геометрия и вероятностная структура, (ii) вероятностная структура $\Rightarrow \rho$, (iii) $\rho +$ референсы $\sigma_F \Rightarrow$ относительная модульность и внутренняя динамика, (iv) GKSL \Rightarrow CPTP и монотонные потенциалы, (v) фазовый выбор \Rightarrow локальность/геометрия как устойчивый режим, (vi) линейный отклик \Rightarrow эффективная гравитация. Опорные элементы: [1, 2, 12, 19, 20, 35, 29]. \square

Заключение

Сборка 21 итогового шага показывает, что UMD–ТОЕ можно формализовать как программу: *онтология различимости \rightarrow квантовая реализация \rightarrow относительная модульная динамика \rightarrow фазовая локальность \rightarrow геометрия/гравитация как отклик \rightarrow универсальная ТОЕ-динамика.* Важно, что вся конструкция допускает как строго математические опоры (операторные алгебры, GKSL, монотонности), так и верифицируемую вычислительную архитектуру (bootstrap/устойчивости/large- N), которая отделяет домен “геометрической” фазы от негеометрических режимов без концептуальных разрывов.

Ссылки (реальные источники, ≤ 100)

Список литературы

- [1] M. Tomita, R. Takesaki, *Modular Theory of von Neumann Algebras* (lecture notes, foundational).
- [2] M. Takesaki, *Theory of Operator Algebras I*, Springer (1979).
- [3] O. Bratteli, D. W. Robinson, *Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics I*, Springer (1987).
- [4] O. Bratteli, D. W. Robinson, *Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics II*, Springer (1997).
- [5] R. Haag, *Local Quantum Physics*, Springer (1996).
- [6] H. Araki, *Mathematical Theory of Quantum Fields*, Oxford Univ. Press (1999).
- [7] J. Dixmier, *Von Neumann Algebras*, North-Holland (1981).
- [8] S. Sakai, *C^* -Algebras and W^* -Algebras*, Springer (1971).
- [9] H. Umegaki, Conditional expectation in an operator algebra, *Tohoku Math. J.* **6** (1954).
- [10] G. Lindblad, Completely positive maps and entropy inequalities, *Commun. Math. Phys.* **40** (1975).
- [11] D. Petz, Sufficient subalgebras and the relative entropy of states of a von Neumann algebra, *Commun. Math. Phys.* **105** (1986).
- [12] D. Petz, *Quantum Information Theory and Quantum Statistics*, Springer (2008).

- [13] S.-I. Amari, H. Nagaoka, *Methods of Information Geometry*, AMS (2000).
- [14] M. A. Nielsen, I. L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge (2000).
- [15] M. M. Wilde, *Quantum Information Theory*, Cambridge (2013).
- [16] T. M. Cover, J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, Wiley (2006).
- [17] D. Bures, An extension of Kakutani’s theorem on infinite product measures, *Trans. AMS* **135** (1969).
- [18] A. Uhlmann, The transition probability in the state space of a $*$ -algebra, *Rep. Math. Phys.* **9** (1976).
- [19] V. Gorini, A. Kossakowski, E. C. G. Sudarshan, Completely positive dynamical semigroups, *J. Math. Phys.* **17** (1976).
- [20] G. Lindblad, On the generators of quantum dynamical semigroups, *Commun. Math. Phys.* **48** (1976).
- [21] E. B. Davies, *Quantum Theory of Open Systems*, Academic Press (1976).
- [22] R. Alicki, K. Lendi, *Quantum Dynamical Semigroups and Applications*, Springer (2007).
- [23] H.-P. Breuer, F. Petruccione, *The Theory of Open Quantum Systems*, Oxford (2002).
- [24] W. H. Zurek, Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical, *Rev. Mod. Phys.* **75** (2003).
- [25] E. Joos et al., *Decoherence and the Appearance of a Classical World*, Springer (2003).
- [26] M. Schlosshauer, *Decoherence and the Quantum-to-Classical Transition*, Springer (2007).
- [27] J. Bisognano, E. Wichmann, On the duality condition for a Hermitian scalar field, *J. Math. Phys.* **16** (1975).
- [28] H. Casini, M. Huerta, Entanglement entropy in QFT, *J. Phys. A* **42** (2009).
- [29] N. Lashkari et al., Gravitational dynamics from entanglement “first law”, *JHEP* (2014).
- [30] D. D. Blanco et al., Relative entropy and holography, *JHEP* (2013).
- [31] J. Maldacena, The large- N limit of superconformal field theories and supergravity, *Adv. Theor. Math. Phys.* **2** (1998).
- [32] S. Ryu, T. Takayanagi, Holographic derivation of entanglement entropy, *Phys. Rev. Lett.* **96** (2006).
- [33] D. Harlow, The Ryu–Takayanagi formula from quantum error correction, *Commun. Math. Phys.* **354** (2017).
- [34] M. Van Raamsdonk, Building up spacetime with quantum entanglement, *Gen. Rel. Grav.* **42** (2010).
- [35] T. Jacobson, Thermodynamics of spacetime: the Einstein equation of state, *Phys. Rev. Lett.* **75** (1995).
- [36] T. Padmanabhan, Thermodynamical aspects of gravity, *Rep. Prog. Phys.* **73** (2010).
- [37] T. Jacobson, Entanglement equilibrium and the Einstein equation, *Phys. Rev. Lett.* **116** (2016).

- [38] K. G. Wilson, J. Kogut, The renormalization group and the ϵ expansion, *Phys. Rep.* **12** (1974).
- [39] J. Polchinski, Renormalization and effective Lagrangians, *Nucl. Phys. B* **231** (1984).
- [40] J. Cardy, *Scaling and Renormalization in Statistical Physics*, Cambridge (1996).
- [41] J. Zinn-Justin, *Quantum Field Theory and Critical Phenomena*, Oxford (2002).
- [42] S. Sachdev, J. Ye, Gapless spin-fluid ground state, *Phys. Rev. Lett.* **70** (1993).
- [43] A. Kitaev, SYK model and black holes (talks, 2015).
- [44] J. Maldacena, D. Stanford, Remarks on the SYK model, *Phys. Rev. D* **94** (2016).
- [45] S. H. Shenker, D. Stanford, Black holes and the butterfly effect, *JHEP* (2014).
- [46] E. Noether, Invariant variation problems, *Nachr. d. König. Gesell. d. Wiss.* (1918).
- [47] C. N. Yang, R. Mills, Conservation of isotopic spin and isotopic gauge invariance, *Phys. Rev.* **96** (1954).
- [48] P. Higgs, Broken symmetries and the masses of gauge bosons, *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964).
- [49] F. Englert, R. Brout, Broken symmetry and the mass of gauge vector mesons, *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964).
- [50] S. Coleman, E. Weinberg, Radiative corrections as the origin of spontaneous symmetry breaking, *Phys. Rev. D* **7** (1973).
- [51] M. Born, Zur Quantenmechanik der Stoßvorgänge, *Z. Phys.* **37** (1926).
- [52] A. Gleason, Measures on the closed subspaces of a Hilbert space, *J. Math. Mech.* **6** (1957).
- [53] J. von Neumann, *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton (1955).
- [54] R. M. Wald, *General Relativity*, Chicago (1984).
- [55] S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford (2008).
- [56] G. W. Gibbons, S. W. Hawking, Cosmological event horizons, *Phys. Rev. D* **15** (1977).
- [57] J. Polchinski, *String Theory I*, Cambridge (1998).
- [58] J. Polchinski, *String Theory II*, Cambridge (1998).