

Гравитационный трансформатор спектра

Леонид А. Серебrenников^{1*}

¹Независимый исследователь, Добрянка, 618715 Россия.

Corresponding author(s). E-mail(s): rubikkon@gmail.com;

Аннотация

В работе предложена концепция гравитационного трансформатора спектра – пассивного метода преобразования оптического электромагнитного сигнала в радиодиапазон без использования электронных устройств.

В основе метода лежит эффект гравитационного красного смещения вблизи массивного холодного астрофизического объекта, например нейтронной звезды.

Показано, что при определенных условиях гравитационное поле способно изменять частоту лазерного излучения настолько, что оно может быть зарегистрировано обычной антенной.

Рассмотрены физические ограничения, требования к источнику сигнала и возможные применения предложенного подхода в дальней космической связи и фундаментальной физике.

Keywords: гравитация, фотон, красное смещение, ОТО, гравитационная постоянная

Препринт. Версия: 21 августа 2026 г.

047 1 Введение

048
049 Проблема прямого детектирования оптического излучения с помощью классиче-
050 ских антенн хорошо известна. Частота видимого света лежит в диапазоне от 400
051 до 800 ТГц, что на много порядков превышает быстроедействие современной элек-
052 троники. Электроны в металлической антенне не успевают следовать за столь
053 быстрыми изменениями электромагнитного поля, поэтому непосредственный
054 приём оптического сигнала антенной невозможен.
055

056 Традиционные подходы к решению этой задачи основаны на использовании
057 нелинейных оптических кристаллов, фотодетекторов или оптического гетеро-
058 динирования. Однако все эти методы требуют сложного оборудования и, как
059 правило, не позволяют регистрировать волновой фронт напрямую.
060

061 В настоящей работе рассматривается альтернативная концепция, основанная
062 на использовании гравитационного поля массивного астрофизического объекта
063 в качестве пассивного преобразователя частоты. Согласно общей теории отно-
064 сительности [1, 3], вблизи компактного тела происходит замедление времени,
065 что проявляется в виде гравитационного красного смещения. Если направить
066 когерентный оптический сигнал в окрестность такого объекта, его частота для
067 удалённого наблюдателя может существенно уменьшиться. При определённых
068 условиях оптическое излучение способно перейти в радиодиапазон и быть заре-
069 гистированным обычной антенной.
070

071 Предлагаемая концепция получила название *гравитационный трансформа-*
072 *тор спектра*. В статье рассмотрены её физические основы, ограничения и
073 возможные применения в дальней космической связи и фундаментальной физике.
074

087 2 Постановка задачи

088
089 Рассматривается следующая модельная схема. Пусть имеется источник когерент-
090 ного оптического излучения, например лазер, работающий в видимом диапазоне.
091
092

Пусть также имеется компактный массивный объект с массой M и радиусом R , гравитационное поле которого способно оказывать заметное влияние на частоту электромагнитного сигнала.

Оптический луч направляется в окрестность этого объекта. Предполагается, что траектория луча проходит достаточно близко к поверхности тела, чтобы гравитационное красное смещение было существенным, но при этом луч не поглощается веществом объекта.

Требуется определить, при каких параметрах массы и радиуса тела возможно уменьшение частоты исходного оптического сигнала до значений, соответствующих радиодиапазону, и может ли такой сигнал быть зарегистрирован обычной антенной.

Таким образом, задача сводится к анализу соотношения между гравитационным потенциалом объекта и частотой принимаемого излучения.

3 Физический механизм

В основе предлагаемой концепции лежит эффект гравитационного красного смещения [1, 2], предсказываемый общей теорией относительности. Если электромагнитное излучение испускается вблизи массивного тела и принимается удалённым наблюдателем, его частота уменьшается.

Относительное изменение частоты в слабом гравитационном поле можно оценить как

$$\frac{\Delta f}{f} \approx -\frac{GM}{Rc^2}, \quad (1)$$

где G – гравитационная постоянная, M – масса тела, R – радиус, c – скорость света.

Для нейтронной звезды с массой порядка $1.4M_{\odot}$ и радиусом около 10 км получаем

$$\frac{GM}{Rc^2} \approx 0.2. \quad (2)$$

Это означает, что частота сигнала, прошедшего вблизи такого объекта, может уменьшиться на десятки процентов. При ещё более компактных конфигурациях, приближающихся к гравитационному радиусу, сдвиг частоты становится многократным.

Таким образом, гравитационное поле способно выступать в роли пассивного трансформатора спектра, переводящего оптическое излучение в более низкочастотные диапазоны.

4 Оценки и ограничения

Для перевода видимого света с частотой порядка 6×10^{14} Гц в радиодиапазон, например 10^9 Гц, необходимо уменьшение частоты примерно в миллион раз.

Из формулы

$$\frac{\Delta f}{f} \approx -\frac{GM}{Rc^2} \quad (3)$$

следует, что для столь значительного сдвига требуется выполнение условия

$$\frac{GM}{Rc^2} \rightarrow 1. \quad (4)$$

Это означает, что объект должен быть экстремально компактным, то есть близким к состоянию чёрной дыры.

Нейтронные звёзды дают заметное, но всё ещё недостаточное красное смещение [3, 4]. Белые карлики и обычные звёзды непригодны из-за слабой гравитации.

Кроме того, возникают следующие ограничения:

- Расстояние до ближайших нейтронных звёзд составляет десятки и сотни световых лет.

• Приём возвращённого сигнала требует чрезвычайно узкой диаграммы направленности.	185 186 187
• Часть фотонов неизбежно теряется из-за рассеяния и поглощения.	188 189
• Время задержки сигнала может составлять годы и десятилетия.	190 191
• Гравитационное поле может искажать волновой фронт, если траектория луча проходит слишком близко к объекту.	192 193 194
Тем не менее, концепция остаётся физически непротиворечивой и может рассматриваться как мысленный эксперимент и теоретическая основа для будущих технологий.	195 196 197 198 199 200
5 Возможные применения	201 202 203
Предлагаемая концепция гравитационного трансформатора спектра может найти применение в следующих областях:	204 205 206 207
1. Дальняя космическая связь без использования сложной электроники.	208 209
2. Пассивное преобразование частоты в экстремальных астрофизических условиях.	210 211 212
3. Исследование гравитационного красного смещения в контролируемом эксперименте.	213 214 215
4. Теоретическое моделирование хранения информации в гравитационных полях.	216 217
5. Поиск возможных техносигнатур внеземных цивилизаций [5].	218 219 220
6 Заключение	221 222 223
В работе предложена концепция гравитационного трансформатора спектра, основанная на использовании массивного холодного астрофизического объекта для пассивного преобразования оптического сигнала в радиодиапазон.	224 225 226 227 228 229 230

231 Показано, что гравитационное красное смещение вблизи компактных тел
232 может быть достаточно сильным, чтобы заметно изменить частоту электромаг-
233 нитного излучения. Хотя для полного перевода видимого света в радиоволны
234 требуются экстремальные условия, концепция является физически непротиворе-
235 чивой.
236
237
238

239 Предложенный подход может рассматриваться как теоретическая основа для
240 будущих исследований в области дальней космической связи, гравитационной
241 оптики и хранения информации в гравитационных полях.
242
243
244

245 Благодарности

246
247 Автор выражает благодарность за продуктивное обсуждение физических основ
248 гравитационного красного смещения, квантовой природы света и возможных
249 применений концепции.
250
251
252

253 Список литературы

- 254
255 [1] Эйнштейн А. О влиянии силы тяжести на распространение света. *Annalen*
256 *der Physik*, 35:898–908, 1911.
257
258 [2] Паунд Р., Ребка Г. Видимое изменение веса фотонов. *Physical Review Letters*,
259 4(7):337–341, 1960.
260
261 [3] Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. *Гравитация*. W. H. Freeman and Company,
262 1973.
263
264 [4] NASA. Neutron star structure and equation of state. Технический отчёт NASA,
265 2023.
266
267 [5] Уилл К. Теория и эксперимент в гравитационной физике. Cambridge
268 University Press, 2018.
269
270
271
272
273
274
275
276