

# Взаимодействие гравитационного и космологического красного смещения: новый взгляд на изучение гравитации

Леонид Серебренников  
Независимый исследователь  
Пермский край, Россия

26 февраля 2026 г.

## Аннотация

Все статьи автора посвящены изучению гравитации. В настоящей работе рассмотрены три основных типа красного смещения и предложена оригинальная интерпретация взаимодействия гравитационного и космологического эффектов. На примере мысленного эксперимента с отражением света от чёрной дыры Стрельца A\* показано, как параметр Хаббла порождает «новую метрику», превращая луч фотонов в кольцо света и объясняя природу черноты чёрных дыр. Приведены формулы, константы и ссылки на классические эксперименты.

## 1 Введение

Красное смещение классифицируют по природе происхождения на три основных типа.

**Доплеровское смещение** возникает из-за изменения расстояния от наблюдателя до звезды или галактики в пространстве (эффект Доплера). Если расстояние увеличивается, возникает смещение в красный сектор спектра; если уменьшается — в синий (фиолетовый).

**Гравитационное красное смещение** возникает из-за сильного поля тяготения массивного объекта (например, чёрной дыры или нейтронной звезды) к менее массивному наблюдателю. Если наблюдатель расположен на более массивном объекте, смещение происходит в синий (фиолетовый) спектр.

**Космологическое красное смещение** возникает из-за расширения самой Вселенной и определяется усреднённым параметром Хаббла. Красное смещение возникает из-за расширения самого пространства: на периферии тела удаляются быстрее. Если наблюдателя поместить на периферийный объект той же массы, он увидит то же красное смещение. Чтобы увидеть космологическое смещение в синий спектр, состояние Вселенной должно измениться с расширения на сжатие.

## 2 Определение красного смещения

$$z = \frac{\lambda_{\text{н}} - \lambda_{\text{и}}}{\lambda_{\text{и}}}, \quad \lambda_{\text{н}} = \lambda_{\text{и}}(1 + z)$$

где  $\lambda_{\text{н}}$  — длина волны наблюдателя,  $\lambda_{\text{и}}$  — длина волны источника.

### 2.1 Доплеровское (для $v \ll c$ )

$$z = \frac{v}{c}$$

### 2.2 Гравитационное (слабое поле)

$$z = \frac{GM}{Rc^2}$$

### 2.3 Космологическое

$$1 + z = \frac{a_0}{a_1}$$

Для близких объектов ( $z < 0.1$ ):

$$z \approx \frac{H_0 d}{c}$$

## 3 Экспериментальные подтверждения

1. **Гравитационное смещение частоты.** Эксперимент Паунда — Ребки (1960) подтвердил предсказание ОТО с высокой точностью даже в слабом поле Земли. [1]
2. **Влияние параметра Хаббла на частоту фотона.** Работа Эдвина Хаббла (1929). [2]
3. **Доплеровское смещение.** Уильям Хаггинс впервые измерил скорость Сириуса по смещению линий в 1868 г. [3]

## 4 Константы для расчётов

- $c = 3 \times 10^8$  м/с
- $G = 6.67 \times 10^{-11}$  м<sup>3</sup> кг<sup>-1</sup> с<sup>-2</sup>
- $H_0 \approx 70$  (км/с)/Мпк
- 1 Мпк =  $3.086 \times 10^{19}$  км
- Масса Солнца =  $2 \times 10^{30}$  кг
- Радиус Солнца =  $7 \times 10^8$  м

Примерные значения  $z$ :

- Солнце (гравитация)  $\approx 2 \times 10^{-6}$
- Близкая галактика  $\approx 0.002$
- Далёкий квазар  $\approx 7$
- Реликтовое излучение  $z = 1100$

## 5 Мысленный эксперимент: Земля — Стрелец А\*

Наблюдатель — Земля. Чёрная дыра — Стрелец А\* (масса  $8 \times 10^36$  кг, расстояние 26 000 световых лет). Параметр Хаббла  $H$  считаем усреднённым и одинаковым.

Луч фотонов (в форме круга) испущен с Земли в центр чёрной дыры. Время в одну сторону — 26 000 лет. После отражения луч возвращается за ещё 26 000 лет.

Наблюдатель видит уже не луч, а **кольцо света с красным смещением**. По внутреннему радиусу кольца видно, насколько параметр Хаббла расширил метрику (чёрная дыра «выросла» в масштабе). Произошло взаимодействие гравитационного и космологического расширений. Наблюдатель видит ту часть поверхности чёрной дыры, которая была порождена параметром Хаббла после отражения.

**Интерпретация автора:** Если остановить время, при приближении к чёрной дыре кольцо света постепенно превращается обратно в исходный луч фотонов, а чёрное пятно уменьшается в соответствии с параметром Хаббла. Луч света от чёрной дыры к Земле напоминает полый световой конус, направленный узким концом к чёрной дыре.

**Почему чёрная дыра чёрная?** Свет не мог отразиться от новой метрики, рождённой параметром Хаббла, так как она возникла после отражения.

## 6 Заключение

Предложенный подход показывает, что гравитационное и космологическое красные смещения не являются независимыми явлениями, а взаимодействуют через единую метрику пространства. Это открывает новый путь к пониманию природы гравитации и чёрных дыр. Дальнейшие статьи автора продолжают развитие данной концепции.

## Список литературы

- [1] Pound, R. V., Rebka, G. A. (1960). Apparent weight of photons. *Physical Review Letters*, 4(7), 337–341.
- [2] Hubble, E. (1929). A relation between distance and radial velocity among extragalactic nebulae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15(3), 168–173.
- [3] Huggins, W. (1868). Further observations on the spectra of some of the stars and nebulae, with an attempt to determine therefrom whether these bodies are moving towards or from the earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 158, 529–564.