

ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

doi: 10.51639/2713-0568_2023_1_3_33

УДК 504.064.37

ГРНТИ 87.15.15, 87.17.15

ВАК 1.3.19

Удивительное применение лазера

Ермаков Л. К.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
195251, Россия, г. Санкт-Петербург*

e-mail: editor-laser@nb-bstu.ru

Излагается теория, которая объясняет красное смещение спектров далеких звёзд не за счёт разбегания галактик, а за счёт хорошо известного уменьшения частоты колебаний в системах с затуханием. Вследствие этого лазер работает как индикатор затухания частоты света в космосе.

Ключевые слова: красное смещение, постоянная Хаббла, физический вакуум, тёмная материя.

Среди многочисленных применений лазера [1, 2] в настоящей работе рассматривается ещё одно. Но обо всём по порядку. В прошлом веке в астрофизике было модно теория о разбегании галактик. Этим объясняли красное смещение характерных спектральных линий в свете далёких звёзд: чем дальше звезда, тем смещение больше. На основе данных наблюдений за звёздным небом была выведена эмпирическая формула, описывающая это явление:

$$(\Delta\lambda / \lambda_0) = \frac{H}{c}x = \gamma x, \quad (1)$$

где λ_0 – длина волны спектральной линии атома в лабораторных условиях, λ – наблюдаемая длина волны ($\lambda > \lambda_0$), $\Delta\lambda = (\lambda - \lambda_0)$ – «красное смещение», x – расстояние до звезды, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме, $H = (1,6...3,3)10^{-18} \text{ с}^{-1}$ – постоянная Хаббла.

Несмотря на распространённость этой теории в научной и популярной литературе [3] возможно и более простое, не столь экстравагантное объяснение за счёт элементарного затухания колебаний фотонов на больших расстояниях. Дело в том, что явление очень напоминает уменьшение частоты колебаний в системе с затуханием согласно известной формуле из учебника физики [4]:

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2, \quad (2)$$

где ω_0 – собственная частота колебаний системы, ω – частота колебаний системы с затуханием, β – коэффициент затухания.

Данная формула описывает колебания в системах разной природы и поэтому универсальна.

Изменение частоты колебаний в зависимости от расстояния получим нижеследующим образом. Для этого воспользуемся принципом Гюйгенса, слегка модернизировав его. Положим, что волна распространяется вдоль оси x и мысленно разделим её на одинаковые

участки Δx . Принцип Гюйгенса утверждает, что колебание в точке с номером i возбуждает колебание в точке с номером $(i + 1)$. Опыт подтверждает эту гипотезу. Изначально при формулировке этого принципа неявно предполагалось, что частота в двух соседних точках одинакова. В физике принцип это вот что: я не могу объяснить это, примите как есть и пользуйтесь. При формулировке этого принципа обычно не подчёркивается особо то, что частоты одинаковы в двух соседних точках. Между локальными колебаниями и волной нет жёсткой границы; это позволяет нам дополнить принцип Гюйгенса, предположив что формула (2) применима и к двум соседними точкам волнового процесса. Если формулировать точнее, то мы утверждаем, что если в данной точке существует колебание с данной частотой $\omega(i)$, то в соседней точке частота $\omega(i + 1)$ определяется формулой (2). Таким образом для двух соседних точек оси x с номерами (i) и $(i+1)$ получаем:

$$\omega^2(i + 1) = \omega^2(i) - \beta^2. \quad (3)$$

Получается, что для частоты в точке с номером i можно записать

$$\omega^2(i) = \omega_0^2 - i \beta^2. \quad (4)$$

Очевидно, что номер точки i определяется просто:

$$i = (x / \Delta x). \quad (5)$$

В итоге получаем следующее выражение

$$\omega^2(i) = \omega_0^2 - (x / \Delta x) \beta^2. \quad (6)$$

здесь Δx – некоторый параметр, характерный для волны. Положим его равным

$$\Delta x = m\lambda, \quad (7)$$

где m – целое число.

Понятно, что Δx это расстояние, на котором физика распространения волны как-то меняется.

Далее преобразуем выражение (6), опустив индекс « i » :

$$(\omega_0 - \omega)(\omega_0 + \omega) = (x / m\lambda) \beta^2. \quad (8)$$

Применяя очевидные преобразования, получим:

$$(\Delta\lambda / \lambda_0) = \lambda_0 (\beta^2 / (m8\pi^2 c^2)) x, \quad (9)$$

где β – коэффициент затухания света в космическом пространстве.

Физической причиной затухания может быть поляризация того, что принято было не так давно называть физическим вакуумом (ФВ) или тёмной материей (ТМ), за которую в 2019 году была присуждена Нобелевская премия. На данный момент это рабочие термины в квантовой электродинамике (КЭД) и астрофизике, соответственно. Дело в том, что попытка описать электрон в абсолютно пустом пространстве в рамках КЭД приводит к бесконечностям. В физике принято считать, что, если теория даёт бесконечность, она кардинально не верна. Введение в расчёт «руками» дополнительной величины (мнимая энергия) сразу же устраняет бесконечность. Физически такое действие означает, что пространство вокруг электрона не является пустым, то есть он окружен «шубой» виртуального заряда противоположного знака [5]. Такая картина находится в сильной аналогии с явлением поляризации в диэлектрике. Поэтому понятие «поляризация (ФВ)» во всю используется в современной физике.

Попробуем оценить величину β на основе рассмотрения работы лазера. В принципе лазер является резонансной оптической системой. Хорошо известно [4], что в любой колебательной системе ширина резонансной кривой $\Delta^* \omega$ связана с коэффициентом затухания β простым соотношением:

$$\Delta^* \omega = 2\beta. \quad (10)$$

Следует отметить, что формулы (2), (9) и (10) получены из одного и того же уравнения, описывающего процесс колебаний в любой системе с затуханием [4], поэтому физический смысл β в них одинаков. Таким образом, мы можем оценить величину β , зная величину $\Delta^* \omega$ или $\Delta^* \nu$:

$$\beta = ((\Delta^* \omega) / 2) = \pi (\Delta^* \nu), \quad (11)$$

где $\Delta^* \nu$ – ширина спектральной линии лазера, выраженная через линейную частоту ν (в Гц).

Далее положим, что существенный вклад в ширину спектральной линии лазера даёт поляризация физического вакуума или воздействие тёмной материи. Давление в газовом лазере невелико, а молекулы находятся на относительно большом расстоянии друг от друга.

Подставим выражение (11) в (9)

$$(\Delta\lambda/\lambda_0) = \lambda_0((\Delta^* \nu)^2 / (m8c^2)) \cdot x = \gamma x. \quad (12)$$

Теоретический предел $\Delta^* \nu = 0,001$ Гц [6]. На практике $\Delta^* \nu = 0,08$ Гц для лазера с $\lambda_0 = 282$ нм [7].

Вычислим коэффициент γ_0 в формуле (12), положив $m = 1$

$$\gamma_0 = \lambda_0((\Delta^* \nu)^2 / (m8c^2)) = 2,51 \cdot 10^{-27} \text{ 1/c} \quad (13)$$

и такой же по смыслу γ из формулы (1), взяв среднее значение постоянной Хаббла $H \approx 2,4 \cdot 10^{-18} \text{ 1/c}$

$$\gamma = (H / c) \approx 8,1 \cdot 10^{-27} \text{ 1/c} \quad (14)$$

Таким образом, мы получили удовлетворительное совпадение с учётом того, что постоянная Хаббла на настоящее время получена с точностью до первого знака и возможна коррекция $\Delta^* \nu$ за счёт более детального изучения влияния поляризации ФВ.

Главное заключается в том, что мы сумели в рамках сильно упрощённой модели получить связь локальной характеристики с величиной, проявляющейся на космических расстояниях («красное смещение» заметно для расстояний более 10 Мпк).

Таким образом, лазер является индикатором затухания частоты света в космосе, физической причиной которого являются процессы в физическом вакууме или в тёмной материи, что возможно одно и то же.

Конфликт интересов

Автор статьи заявляет, что у него нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами, на момент подачи статьи в редакцию журнала, и ему ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Privalov Vadim E., Shemanin Valery G. Hydrogen and Iodine Molecules Lidar Monitoring in Atmosphere. Proceedings of SPIE. 3rd International Workshop on Nondestructive Testing and Computer Simulation in Sciences and Engineering. 2000. P.2-11
2. Privalov V.E., Shemanin V.G. Remote Sensing of Hydrogen Sulphide Molecules in the Atmosphere by a Raman Lidar from Space. Optics and Spectroscopy. 2017. V.123. No. 6. P. 950-954
3. Николаев С.А. Эволюционный круговорот материи во Вселенной. СПб., “Ника”, 2004 г.
4. Савельев И.В. Курс общей физики, т.1, М., “Наука”, 1987 г.
5. Маттук Р. Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел. М., “Мир”, 1969 г.
6. Javan A., Balik E.A., Bond W.L. // JOSA, 1962, v.52, №1, p. 96
7. W.H. Oskay, et.al., J.C. Bergquist. // Phys. Rev. Lett. 97, 020801 (2006).

Amazing laser application

Ermakov L. K.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 195251, Russia, St. Petersburg

A theory is presented that explains the redshift of the spectra of distant stars not due to the scattering of galaxies, but due to the well-known decrease in the frequency of oscillations in systems with attenuation. As a result, the laser acts as an indicator of the attenuation of the frequency of light in space.

Key words: cosmological redshift, Hubble constant, physical vacuum, dark matter.