

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА И СКОРОСТЬ СВЕТА

Юшкевич Р.С., Дегтярева Е.Р.

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №3 села Гражданское Минераловодского района Ставропольского края

Подробная информация об авторах размещена на сайте «Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

В статье даётся вывод формул к эффекту Доплера без использования закона сложения скоростей, но с использованием принципа постоянства скорости света только относительно источника света. Определена пространственная граница возможности приёма электромагнитных волн. Рассмотрена зависимость скорости света от расстояния. Определен коэффициент для вычисления скорости света.

Для объяснения эффекта допускаем, что свет, идущий от источника света, связан с источником и распространяется от него со скоростью $c = 3 \cdot 10^8$ м/с относительно источника. Для приемника скорость света относительно источника будет складываться со скоростью источника v .

Чтобы определить зависимость частоты света ν от скорости v , рассмотрим распространение света от двух источников, один из которых S движется по направлению от приемника со скоростью v , а другой S_0 покоится.

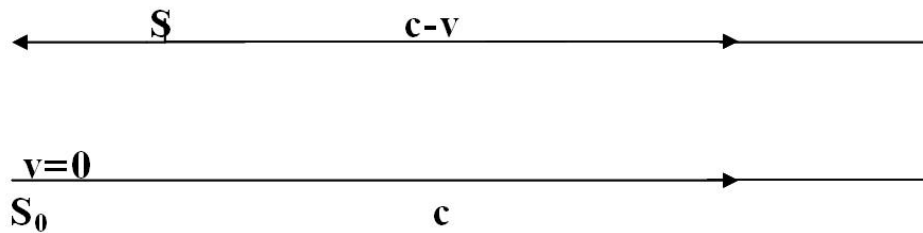


Рис. 1.

Одинаковые источники излучают свет одинаковой частоты ν_0 . Свет относительно источников распространяется с одинаковой скоростью c , поэтому и длина излучаемой волны λ_0 будет одинакова. К приемнику от движущегося источника свет подойдет со скоростью $c-v$ и длина

волны λ_0 будет принята за время $T = \frac{\lambda_0}{c-v}$ (период), а от покоящегося источника – за

$$\frac{1}{\nu_0} = \frac{\lambda_0}{c} \quad \text{и} \quad \frac{1}{\nu} = \frac{\lambda_0}{c-v},$$

разделив их почленно, получаем

$$\frac{\nu}{\nu_0} = \frac{\lambda_0(c-v)}{c \cdot \lambda_0} = \frac{c-v}{c},$$

получаем [1] [с. 181].

времени $T_0 = \frac{\lambda_0}{c}$. Периоды есть величины

обратные частотам колебаний $T_0 = \frac{1}{\nu_0}$ и $T = \frac{1}{\nu}$. Подставим значения T и T_0 в полученные равенства

$$v = \frac{v_0 \cdot (c - v)}{c} = v_0 \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right) \quad (1)$$

В случае, когда источник и приемник сближаются, надо знак v заменить на противоположный, получим

$$v = \frac{v_0 \cdot (c + v)}{c} = v_0 \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Отметим, что $c-v$ и c – это скорости света соответственно относительно приемника и источника света.

Теперь рассмотрим случай, когда источник света движется перпендикулярно направлению на приемник. Учитывая, что свет связан с источником, распространяется относительно его со скоростью c и сноится с ним со скоростью v , чтобы он попал на приемник его надо направить под

$$v = v_0 \frac{\sqrt{c^2 - v^2}}{c} = v_0 \sqrt{\frac{c^2 - v^2}{c^2}} = v_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

что соответствует результату, полученному в опытах Айвса [1] [с. 181].

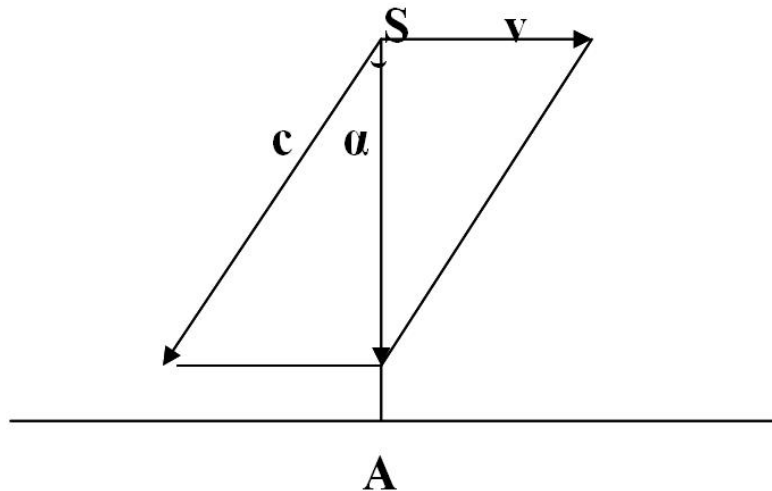


Рис. 2.

При переходе света от источника к приемнику меняется его частота от ν_0 до ν . Из формулы $c = \lambda \nu$ следует, что должна меняться и длина волны. Если от источника света шла волна длиной λ_0 , то приемник получит ее другой, допустим λ . Получить значение λ можно, воспользовавшись тем,

некоторым углом α так, что $\sin \alpha = \frac{v}{c}$. В этом случае составляющая скорости света, совпадающая с направлением на приемник

А будет $\sqrt{c^2 - v^2}$, составляющая v на это направление равна 0. Чтобы не повторять предыдущие рассуждения, воспользуемся

формулой (1), $c-v$ заменим на $\sqrt{c^2 - v^2}$, а скорость c относительно источника останется неизменной. В результате получаем:

что λ и ν величины обратно пропорцио-

нальные $\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{\nu_0}{\nu}; \lambda = \frac{\lambda_0 \cdot \nu_0}{\nu}$. Подставив значение ν из формулы (1), получим

$$\lambda = \frac{\lambda_0 \cdot \nu_0 \cdot c}{\nu_0 (c - v)} \quad \lambda = \frac{\lambda_0 c}{c - v} \quad (2)$$

Для большей уверенности получим эту формулу другим способом.

Любой приемник света может быть и излучателем, значит, он имеет такую же светонесущую среду, как и источник, и свет в ней распространяется со скоростью c . Свет, переходя из среды источника в среду приемника, получает скорость c относительно приемника.

Волна длиной λ_0 от источника к границе раздела сред источника и приемника подходит со скоростью $c - v$ и границу

$$T = \frac{\lambda_0}{c - v}.$$

пройдет за время T . С самого начала входа волны в сферу среды приемника ее начало приобретает скорость c относительно приемника и за время T пройдет путь $\lambda = cT$. Подставив значение T , получаем:

$$\lambda = \frac{\lambda_0 c}{c - v} \tag{2}$$

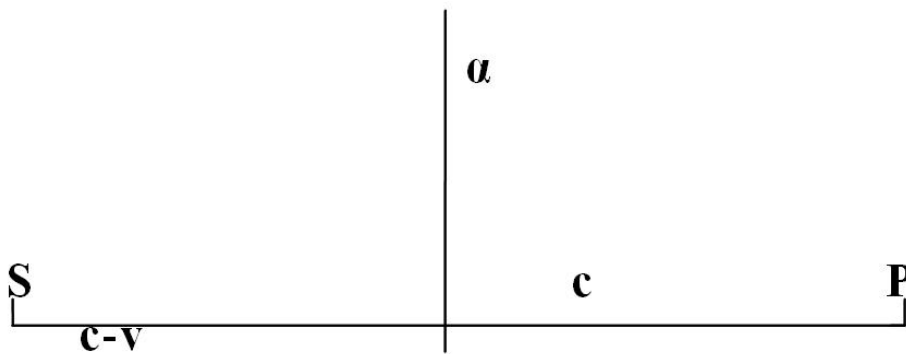


Рис. 3.

В первой половине XX в. американский ученый Хаббл в спектрах далеких звезд обнаружил смещение спектральных линий в сторону красной части спектра по сравнению с лабораторными спектрами – «красное смещение». Это означало, что длина принимаемой волны λ больше, чем λ_0 и чем дальше звезда, тем больше «красное смещение».

В формулу (2) входят четыре величины λ , λ_0 , c и v . Ко времени открытия «красного смещения» скорость света с постулатом Эйнштейна была закреплена по-

$$\lambda = \frac{\lambda_0 (c + v)}{c} = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right) \tag{3}$$

для удаляющегося источника излучения.

Для одного и того же явления и одних и тех же величин двумя формулами устанавливается разная зависимость! Чтобы разобраться с этим, сравним результаты, которые дают эти формулы при раз-

стоянной относительно любой системы отсчета, значит, и λ_0 , связанная со скоростью света c и источником излучения, оказалась постоянной. В формуле (2) переменная величина λ , оказалась связанной со скоростью источника v . Увеличение λ вызывает и увеличение v .

«Красное смещение» наблюдается у звезд, расположенным по всем направлениям, поэтому был признан факт расширения Вселенной.

В астрономии связь между λ и v определяется другой формулой [2] [47]

личных v . Ограничений на значение скорости v формулы не требуют. Для удобства длины волн обозначим λ_3 и λ_2 соответственно обозначению формул (3) и (2), в которые они входят. При $v=0$:

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_0 (c + 0)}{c} = \lambda_0; \lambda_2 = \frac{\lambda_0 c}{c - 0} = \lambda_0; \lambda_3 = \lambda_2$$

При $0 < v < c$ сравним делением:

$$\frac{\lambda_3}{\lambda_2} = \frac{\lambda_0(c+v)(c-v)}{c\lambda_0c} = \frac{c^2 - v^2}{c^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\frac{v^2}{c^2} \approx 0$$

Если $v \ll c$, то $\frac{v^2}{c^2} \approx 0$ и $\lambda_3 \approx \lambda_2$. При этих двух условиях результаты практически не противоречат друг другу.

При $v = c$;

$$\lambda_3 = \frac{\lambda_0(c+c)}{c} = 2\lambda_0; \lambda_2 = \frac{\lambda_0c}{c-c} = \frac{\lambda_0c}{0},$$

λ_2 превращается в бесконечность, при

$$v = \frac{v(c-c)}{c} = 0.$$

этом формула (1) дает

Получается, что световая волна от источ-

ника к приемнику не попадает, она со скоростью c от источника будет двигаться к приемнику и вместе с источником будет с такой же скоростью уходить от него $c - c = 0$.

Третье сравнение требует сделать вывод, какая же формула правильно отражает действительность. Происхождение формулы (2) рассмотрено в начале статьи. Теперь рассмотрим, как получается формула (3).

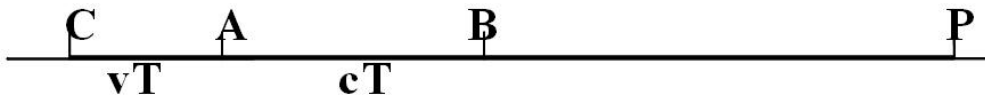


Рис. 4.

Представим, что источник света окружен средой, в которой свет распространяется к приемнику со скоростью c . Источник света в точке A начал излучать волну. Время излучения одной волны обозначим T (период). С момента появления начала волны оно начинает перемещаться к приемнику в окружающей среде со скоростью c и за время T удалится от точки A

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{(c+v)T}{cT} = \frac{c+v}{c}; \lambda = \frac{\lambda_0(c+v)}{c} = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right) \quad (3).$$

В начале статьи мы рассмотрели среду, которая обеспечивает скорость света c , она либо связана с источником, либо с приемником света. Первая – дает формулы (1) и (2). Вероятность того, что вторая, от далеко расположенного приемника света, на скорость света больше влияла, чем среда источника света, ничтожно мала. Остается среда, не связанная ни с источником ни с приемником света, которая действует подобно воздуху (веществу) на

на расстояние cT . Но за это же время источник, двигаясь от приемника окажется в точке C , пройдя расстояние $AC = vT$, где и окажется конец волны. Расстояние от C до B и будет длиной волны $\lambda = cT + vT = (c + v)T$

Если источник не движется, то $v = 0$ и длина волны будет $\lambda_0 = cT$. Разделив λ на λ_0 , получим:

распространение звука. Но отрицательный результат опытов Майкельсона по обнаружению «эфирного ветра» доказал, что такой среды в природе нет. Остается сделать предпочтение формуле (2). Ранее отмечалось, что при удалении источника света со скоростью $v = c$ волна не достигнет приемника, и сигнал не будет получен.

Хабл ввел закон, носящий его имя [2] [с. 120]

$$v = HD,$$

где v – скорость удаления источника света, D – расстояние между источником и приемником, H – коэффициент пропорциональности, называемой постоянной Хаббла.

$$H \approx 100 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}$$

1 Мпк = 10⁶ пк; 1пк (парсек) = 3,26 светового года = 3·10¹³ км.

$$c - 3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}; D = \frac{v}{H};$$

Найдем расстояние, при котором v = c:

$$D = \frac{3 \cdot 10^3 \text{ км} \cdot \text{Мпк} \cdot \text{с}}{\text{с} \cdot 100 \text{ км}} = 3 \cdot 10^3 \text{ Мпк} = 3 \cdot 10^9 \text{ пк}.$$

D – это радиус сферы, ограничивающей прием прямого электромагнитного излучения из пространств Вселенной. Из прилегающих к этой сфере зон во внутренней ее части электромагнитные излучения могут приходить только в виде радиоволн. В природе не наблюдается какого-либо приоритетного направления в распределения звезд, поэтому радиоизлучение должно приходить со всех сторон равномерно.

Рассмотрим вариант, когда v > c. В этом случае формулы (1) и (2) дают:

$$v = v_0 \left(1 - \frac{v}{c} \right) \quad \lambda = \frac{\lambda_0 c}{c - v}$$

Это означает, что волна должна приходить с направления, противоположного тому, где находится излучатель.

При v = 2c имеем

$$v = v_0 \left(1 - \frac{2c}{c} \right) = -v_0; \lambda = \frac{\lambda_0 c}{c - 2c} = -\lambda_0$$

Волна придет без «красного смещения». Определенная в статье граница возможного приема электромагнитного излучения будет верной, если верен закон Хаббла и «красное смещение» вызвано исключительно удалением излучателя. Если же обнаружатся другие факторы, уменьшающие скорость света относительно приемника (а они могут быть), то граница приема волн может быть приближена.

Обратимся теперь к формулам (1) и (2). В них c-v есть скорость света относительно приёмника, обозначим её c₁=c-v откуда v=c-c₁. В формулах v представляет разность скоростей света независимо от природы её возникновения. Принято считать, что это результат удаления источника света. Но эта разность скоростей может возникнуть и за счет уменьшения скорости света с увеличением расстояния. Свет это поток квантов энергии и, возможно, что скорость их может уменьшаться.

Предположим, что скорость света с увеличением расстояния от источника света уменьшается, образно говоря «свет стареет».

Известно, что скорость света уменьшается при переходе из оптически

менее плотной среды в более плотную. Вызвано это тем, что, что меняются условия для прохождения света. Уменьшение скорости характеризуется показателем

$$n = \frac{c}{c_1}$$

преломления n; где c – скорость света в вакууме а c₁ - скорость в другой среде.

Если по предположению, скорость света уменьшается с увеличением расстояния от источника света, то, значит, меняются и условия его прохождения, что также можно характеризовать показателем преломления n. Получаем, что уменьшен-

$$c_1 = \frac{c}{n}$$

ная скорость света будет

В статье «Опыт Физо» (ж. «Современные наукоёмкие технологии» №2, 2007г.) для определения скорости света в движущейся среде показатель преломления n был использован в виде

$$n = \frac{1}{n} + \left(n - \frac{1}{n} \right) \frac{1}{n}$$

где $\frac{1}{n}$ – часть показателя,

определяемая излучающим атомом, а $n - \frac{1}{n}$ определяется условиями прохождения света в среде.

Применим такое представление показателя преломления и для вакуума. Если мы приняли предположение, что в вакууме скорость света уменьшается, а вакуум является однородной средой, то уменьшение

$$c_1 = \frac{c}{n} = \frac{c}{\frac{1}{n} + \left(n - \frac{1}{n}\right)} = \frac{c}{\frac{1}{n} + \mu D}$$

Разность между начальной и уменьшенной скоростями света будет

$$v = c - c_1 = c - \frac{c}{\frac{1}{n} + \mu D}$$

Здесь выражена зависимость между уменьшением скорости света и расстоянием D . Связь между этими же величинами выражает и закон Хаббла $v = H \cdot D$ где v - скорость удаления звезды, что для приёмника света есть разность $c - c_1$.

Сравним значения v , которые дают эти два уравнения для предельных значений расстояния D .

$$\mu \cdot D \rightarrow \infty; \frac{1}{n} \rightarrow 0; c_1 \rightarrow 0; v \rightarrow c$$

Из закона Хаббла получаем

$$v \rightarrow \infty$$

Таким образом, для малых расстояний эти уравнения дают одинаковый результат и, значит, для расчетов можно ими пользоваться, как дополняющими друг

скорости света должно зависеть только от расстояния и пропорционально ему. По-

этому можно записать $n - \frac{1}{n} = \mu D$, где D - расстояние до источника света, μ - коэффициент пропорциональности постоянная величина. Скорость принимаемого света будет

Если $D \rightarrow 0$, то из первого уравнения получаем: $\mu \cdot D \rightarrow 0$, $n=1$ (для малых расстояний) $c_1 \rightarrow c$ и $v \rightarrow 0$. Из закона Хаббла также получаем $v \rightarrow 0$.

Если $D \rightarrow \infty$, то из первого уравнения получаем:

друга. Воспользуемся этим для определения значения коэффициента пропорциональности μ . Из закона Хаббла находим значение v , например, для

$$D = 0,1 \text{ Мпк}$$

$$v = 100 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}} \cdot 0,1 \text{ Мпк} = 10 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

И дальше

$$c_1 = c - v = 300000 \frac{\text{км}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 299990 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$n = \frac{300000}{299990} = 1,0000333; \frac{1}{n} = \frac{299990}{300000} = 0,9999666$$

$$n - \frac{1}{n} = 1,0000333 - 0,9999666 = 0,0000667$$

$$\mu = \frac{n - \frac{1}{n}}{D} = \frac{0,0000667}{0,1 \text{ Мпк}} = 0,000667 \cdot (\text{Мпк})^{-1}$$

Таким же способом вычислим ещё несколько значений μ . Чтобы не утруждать читателя, приведём результаты для

D равных: **0,5 Мпк ; 1 Мпк ; 2 Мпк ; 3 Мпк ; 4 Мпк**

Получены значения μ соответственно:

$$0,000666 (\text{Мпк})^{-1} ; 0,0006668 (\text{Мпк})^{-1} ; 0,0006669 \cdot (\text{Мпк})^{-1} ;$$

$$0,0006670 \cdot (\text{Мпк})^{-1} ; 0,0006671 \cdot (\text{Мпк})^{-1}$$

Получается среднее значение

$$\mu = 0,000667 \cdot (\text{Мпк})^{-1} = 6,67 \cdot 10^{-4} (\text{Мпк})^{-1}$$

При вычислениях степень точности определялась возможностями микрокалькулятора.

В полученных значениях μ показатель степени десяти зависит от выбора единицы измерения расстояния D . Если за единицу длины взять парсек (пк), то получим

$$\mu = \frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{\text{Мпк}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4}}{10^6 \text{ пак}} = 6,67 \cdot 10^{-10} \text{ пак}^{-1}$$

Если за единицу длины взять **0,1 пак=1 дпк** (деципарсек), то получим:

$$\mu = \frac{6,67 \cdot 10^{-10} \cdot 0,1}{0,1 \text{ пак}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ дпк}^{-1}$$

Получилось удивительное совпадение: гравитационная постоянная в законе всемирного притяжения равна

$$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$$

Если это совпадение не случайно, можно предположить, что кванты световой энергии связаны с излучателем, на это же указывает и связь светонесущей среды с источником света.

Чтобы определить скорость c_1 , надо решить относительно n уравнение:

$$n - \frac{1}{n} = \mu \cdot D; n^2 - 1 = \mu \cdot Dn; n^2 - \mu \cdot Dn - 1 = 0$$

и через n найти скорость c_1 .

Для малых значений D можно использовать закон Хаббла.

В статье имеется явное противоречие. Основываясь на понятии о расширении Вселенной, получен вывод о существовании границы возможного приема электромагнитных волн, а, основываясь на естественном уменьшении скорости света, такая граница отсутствует. Получается, что обнаружение такой границы будет яв-

ляться доказательством расширения Вселенной.

В статье также без убедительных оснований принято предположение о зависимости скорости света от расстояний. Основания для этого предположения будут обнаружены при рассмотрении процесса излучения квантов света атомом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зисман Г.А., Тодес О.М., Курс
общей физики т.3. – М.: «Наука», 1972г.

2. Воронцов - Вельяминов Б.А. Ас-
трономия 10. – М.: «Просвещение», 1983г.

DOPPLER'S PRINCIPLE AND LIGHT SPEED

Yushkevich R.S., Degtyareva Ye.R.

3th secondary school of Grazhdanskoye village, Mineralovodsky region, Stavropol Territory

In article is given conclusion molded to Dopler Effect without use the law of the adding the velocities, but with use the principle constancy to velocities of the light for the source of the light only. The spatial border of the possibility receiving the electromagnetic waves is determined. The Considered dependency to velocities of the light from distance. The Certain factor for calculation of the velocities of the light.