

УДК 531/534

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА

Дегтярева Е.Р., Юшкевич Р.С., Куликова И.Ю.

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

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.

Ключевые слова: эффект Доплера, скорость 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 источни-

ков, один из которых S движется по направлению к приемнику со скоростью v , а другой S_0 покоится. Одинаковые источники излучают свет одинаковой частоты ν_0 (рис. 1). Свет относительно источников распространяется с одинаковой скоростью c , поэтому и длина излучаемой волны λ будет одинакова.

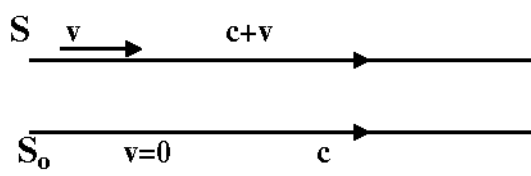


Рис. 1

Для приемника света периоды колебаний в световой волне от движущегося и покоящегося источников будут равны соответственно:

$$T = \frac{\lambda}{c + v}$$

и

$$T_0 = \frac{\lambda}{c}$$

Периоды есть величины обратные частотам колебаний

$$T = \frac{1}{\nu}$$

и

$$T_0 = \frac{1}{\nu_0}$$

Подставляем эти значения T и T_0 в полученные равенства и делим почленно

$$\frac{1}{v} = \frac{\lambda}{c + v}$$

и

$$\begin{aligned} \frac{1}{v_0} &= \frac{\lambda}{c}; \\ \frac{v}{v_0} &= \frac{c + v}{c}; \\ v &= v_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right) \end{aligned}$$

(после сокращения на λ).

Для случая, когда источник света удаляется от приемника, следует знак перед v заменить на противоположный и получим:

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

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

Рассмотрим случай, когда источник света движется перпендикулярно направлению на приемник. Учитывая, что свет

связан с источником, распространяется относительно его со скоростью c и сносится с ним со скоростью v , чтобы он попал на приемник, его надо направить под некоторым углом α так, что

$$\sin \alpha = \frac{v}{c}$$

(рис. 2). В этом случае составляющая скорости света, совпадающая с направлением на приемник A будет $\sqrt{c^2 - v^2}$, составляющая v на это направление равна 0.

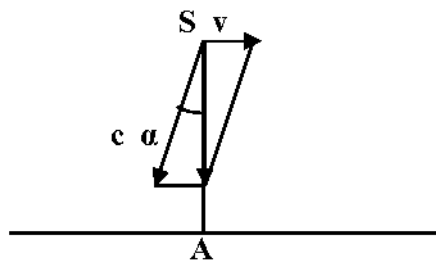


Рис. 2

Чтобы не повторять предыдущие рассуждения, воспользуемся формулой

$$v = v_0 \frac{c + v}{c},$$

$c+v$ заменим на $\sqrt{c^2 - v^2}$, а скорость c относительно источника останется неизменной. В результате получаем

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

что соответствует результату, полученному в опытах Айвса.

Ранее мы использовали понятие светонесущей среды, которая имеется у ато-

мов источника света, но атом источника может быть и атомом приемника света. Можно считать, что и приемник света имеет светонесущую среду, которая рас-

пространяется неограниченно и в которой свет распространяется со скоростью равной $c=3 \cdot 10^8$ м/с.

Не исключена возможность того, что этой средой приемник перехватывает

свет на некотором расстоянии от осязаемого приемника света. Применим это для объяснения эффекта Доплера (рис. 3).

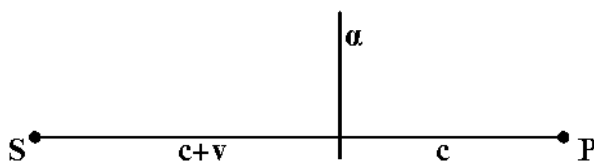


Рис. 3

Пусть S – источник света, P – приемник, α – граница раздела светонесущих сред. Источник и приемник сближаются со скоростью v . Тогда для приемника свет от S до α будет иметь скорость $c+v$, а от α до

P скорость будет c . Источник испускает свет, длина волны которого и частота соответственно равны λ_0 и ν_0 , а скорость c , поэтому имеем

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}.$$

Для приемника λ_0 пройдет границу α за время

$$t = \frac{\lambda_0}{c+v}.$$

Пройдя границу каждый элемент волны будет иметь скорость относительно приемника c и пройдет расстояние

$$\lambda = ct = \frac{c\lambda_0}{c+v}.$$

Выражаем λ и λ_0 через частоты ν и ν_0

$$\frac{c}{\nu} = \frac{c \cdot c}{(c+v)\nu_0}$$

отсюда

$$\nu = \nu_0 \frac{c+v}{c} = \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

Получили, что при сближении источника и приемника света

$$\nu = \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right),$$

а при удалении

$$\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

Для поперечного эффекта Доплера скорость света относительно приемника равна $\sqrt{c^2 - v^2}$, время прохождения длины λ_0 через границу α

$$t = \frac{\lambda_0}{\sqrt{c^2 - v^2}},$$

а длина волны после прохождения границы будет

$$\lambda = c \cdot t = \frac{c\lambda_0}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Аналогично предыдущему случаю получаем

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

Если факт перехвата света светонесущей средой приемника имеет место, то положение границы раздела светонесущих сред источника и приемника света может быть обнаружен в опытах с движущимся источником света.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики т.3, 1972 г., «Наука».
2. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия 10, 1983 г., «Просвещение».

DOPPLER EFFECT

Degtyareva E.R., Yushkevich R.S., Kulikova I.Yu.

Secondary School №3, Grazhdanskoe Village, Mineralnye Vody district, Stavropol region, Russia

In article is given conclusion molded to Doppler 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.

Keywords: Doppler effect, velocity of light