

Релятивистский эффект Доплер (ВЕРСИЯ – ЭТО)

Халецкий Михаил Борисович

Израиль, г.Хадера, 2023 г.

hal123mih@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Исследуются эффекты Рёмера – Доплера по изменению частоты и длины волн принимаемого электромагнитного сигнала при движении источника излучения со скоростью близкой к скорости света. За основу анализа принимаются ВЕРСИЯ Элементарной теории относительности и преобразования Лоренц – ВЕРСИЯ, «статьи на сайте <https://halmich.ru> ».

Ключевые слова: эффект; частота колебаний; скорость движения; источник; приёмник; системы отсчёта.

Содержание

- 1. Постановка задачи**
- 2. Эффект Доплера для разобъённых систем отсчёта**
- 3. Заключение**
- 4. Эффект Доплера для совмещённых систем отсчёта**
- 5. Заключение**

Принятые сокращения.

ЭТО – Элементарная теория относительности

СТО – Специальная теория относительности

ИСО – Инерциальная система отсчёта

ВЕРСИЯ – Вариант элементарной теории относительности

Лоренц – ВЕРСИЯ; – преобразования координат в варианте ВЕРСИЯ

1. Постановка задачи.

В абсолютном пространстве единой ИСО заданы две альтернативные системы отсчёта, основная ИСО и параллельная ИСО. В единой ИСО движется источник C_0 и излучает электромагнитные сигналы постоянной частоты. Источник движется в вакууме, скорость источника v_0 известна только в основной ИСО. В центрах координат основной и параллельной ИСО (A_0, A_1) находятся собственные приёмники сигналов. Один и тот-же источник, в зависимости от собственной скорости движения, может создавать в приёмниках альтернативных ИСО разные по частоте колебания.

Стоит задача: найти соотношение частот принимаемых и излучаемых сигналов в альтернативных ИСО. Графическая иллюстрация приведена на рисунке 1.

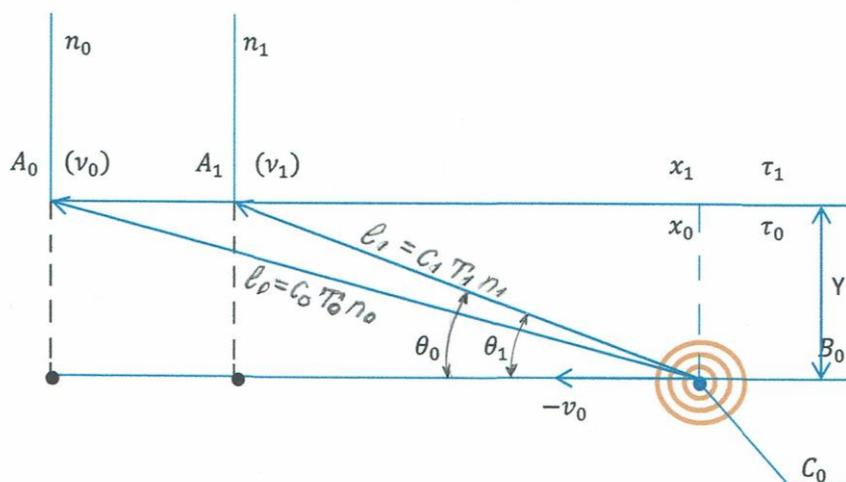


Рисунок 1

Где:

$$l_0 = c_0 T_0 n_0 = \lambda_0 n_0; \quad l_1 = c_1 T_1 n_1 = \lambda_1 n_1;$$

$$c_0 = c \approx 30 * 10^7 \text{ m/s}; \quad c_1 = c / \left(1 + \frac{v_0^2}{c^2}\right). \quad (1)$$

T_0, T_1 – периоды излучаемых сигналов;

λ_0, λ_1 – длины волн принимаемых сигналов;

B_0 – условная траектория; y – сдвиг траектории в поперечном направлении.

События приёма сигнала в центрах координат двух систем отсчёта A_0, A_1 объединены причинно-следственными связями. Координаты событий разнесены в пространстве и времени единой системы отсчёта. В силу основного принципа относительности ВЕРСИИ, для альтернативных ИСО можно записать:

$$\frac{l_0}{\lambda_0} = \frac{l_1}{\lambda_1} = n_0 = n_1 = n. \quad (2)$$

Где: n – общая история совместных циклов колебаний источника и приёмников сигнала из ряда натуральных чисел 1, 2, 3, 4, 5,

Для упрощения преобразований принимаем $n = 1$. Используем преобразования координат и времени в варианте Лоренц – ВЕРСИЯ, найдём соотношения частот излучателя и приёмников. Статусы систем отсчёта: x_0, t_0 – основная ИСО; x_1, t_1 – параллельная ИСО. Основная ИСО принимается за лабораторную систему отсчёта, скорость света в ней постоянная величина.

2. Эффект Доплера для разобщённых систем отсчёта.

Координаты альтернативных систем отсчёта **не совпадают** в пространстве и времени единой ИСО.

2.1 Источник излучения находится в основной ИСО, приёмник в параллельной ИСО (**прямые преобразования координат**):

$$T_0 = T_1 \left(1 + \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} + x_1 \frac{(-v_0)}{c^2} \left(1 + \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Скорость источника принимается со знаком минус (источник удаляется от приёмника). Найдём отношение периодов колебаний:

$$\frac{T_0}{T_1} = \left(1 + \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}} + \frac{x_1 (-v_0)}{T_1 c} \left(1 + \frac{v_0^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Используем выражения (1) для скорости света в параллельной ИСО:

$$\frac{x_1}{T_1 c_1} = \frac{x_1}{T_1 c} \left(1 + \frac{v_0^2}{c^2}\right) = \cos \theta_1 \Rightarrow \frac{x_1}{T_1 c} = \frac{\cos \theta_1}{1 + \frac{v_0^2}{c^2}}.$$

Отношение периодов приводится к виду соотношения частот:

$$\frac{T_0}{T_1} = \frac{1 - \frac{v_0}{c} \cos \theta_1}{\sqrt{1 + \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{v_1}{v_0}.$$

Обозначим отношение $v_0/c = \beta$ тогда, соотношение частот принимает вид:

$$\frac{\nu_1}{\nu_0} = \frac{1 - \beta \cos \theta_1}{\sqrt{1 + \beta^2}}. \quad (3)$$

Продольный эффект при $\theta_1 = 0$, $\cos \theta_1 = 1$.

$$\nu_1 = \nu_0 \frac{1 - \beta}{\sqrt{1 + \beta^2}}. \quad (4)$$

Поперечный эффект при $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$, $\cos \theta_1 = 0$, относительно центра координат A_1 :

$$\nu_1 = \nu_0 \frac{1}{\sqrt{1 + \beta^2}}. \quad (5)$$

2.2 Источник излучения находится в параллельной ИСО, приёмник в основной ИСО (обратные преобразования координат):

$$T_1 = \frac{T_0 - x_0 \left(\frac{-v_0}{c^2} \right)}{\left(1 + \frac{v_0^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{v_0^2}{c^2} \right)}.$$

Скорость света в основной ИСО равна постоянному значению $c_0 = c \approx 30 * 10^7 \text{ м/с}$,

$$\frac{x_0}{T_0 c} = \cos \theta_0.$$

Отношение периодов колебаний приводится к виду соотношения частот:

$$\frac{T_1}{T_0} = \frac{1 + \frac{v_0}{c} \cos \theta_0}{\left(1 + \frac{v_0^2}{c^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{v_0^2}{c^2} \right)} = \frac{\nu_0}{\nu_1}.$$

Соотношение частот.

$$\frac{\nu_0}{\nu_1} = \frac{\sqrt{1 + \beta^2} (1 + \beta \cos \theta_0)}{1 - \beta^2}. \quad (6)$$

Продольный эффект при $\theta_0 = 0$, $\cos \theta_0 = 1$.

$$\nu_0 = \nu_1 \frac{\sqrt{1 + \beta^2} (1 + \beta)}{1 - \beta^2} = \nu_1 \frac{\sqrt{1 + \beta^2}}{1 - \beta}. \quad (7)$$

Поперечный эффект при $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$, $\cos \theta_0 = 0$, относительно центра координат A_0 .

$$\nu_0 = \nu_1 \frac{\sqrt{1 + \beta^2}}{1 - \beta^2}. \quad (8)$$

3. Заключение:

3.1 В продольном направлении, приёмники обеих систем отсчёта одинаково реагируют на источник излучения. Соотношение излучаемых и принимаемых частот имеют взаимно обратный характер.

3.2 Существует два поперечных эффекта. Первый соответствует положению источника сигналов в основной ИСО напротив центра A_1 . Второй поперечный эффект соответствует положению источника сигналов в параллельной ИСО напротив центра A_0 .

4. Эффект Доплера для совмещённых систем отсчёта

Координаты альтернативных систем отсчёта **совпадают** в пространстве и времени единой ИСО

4.1 Продольный эффект.

Центры собственных координат A_0, A_1 и координатные оси совмещены в абсолютном пространстве единой ИСО, $\cos \theta_0 = \cos \theta_1 = \cos \theta$. Источник излучения находится одновременно в основной и параллельной ИСО. Запишем формулы (3), (6) через общий косинус:

$$\nu_1 = \nu_0 \frac{1 - \beta \cos \theta}{\sqrt{1 + \beta^2}}; \quad \nu_1 = \nu_0 \frac{1 - \beta^2}{\sqrt{1 + \beta^2}(1 + \beta \cos \theta)}. \quad (9)$$

Обозначим отношения частот, $\nu_1/\nu_0 = \gamma$. Тогда, исключая из последних выражений общий косинус, получим уравнение для γ . Уравнение имеет четыре инверсионных решения:

$$\gamma^2(1 + \beta^2) - 2\gamma\sqrt{1 + \beta^2} + (1 - \beta^2) = 0. \quad (10)$$

Корни уравнения при постоянном значении ν_0 :

$$1) \quad \gamma = \frac{1 - \beta}{\sqrt{1 + \beta^2}} \rightarrow \nu_1 = \nu_0 \frac{1 - \beta}{\sqrt{1 + \beta^2}};$$

$$2) \quad \gamma = \frac{1 + \beta}{\sqrt{1 + \beta^2}} \rightarrow \nu_1' = \nu_0 \frac{1 + \beta}{\sqrt{1 + \beta^2}}.$$

Корни уравнения при постоянном значении ν_1 :

$$3) \quad \gamma^{-1} = \frac{\sqrt{1 + \beta^2}}{1 - \beta} \rightarrow \nu_0 = \nu_1 \frac{\sqrt{1 + \beta^2}}{1 - \beta};$$

$$4) \quad \gamma^{-1} = \frac{\sqrt{1 + \beta^2}}{1 + \beta} \rightarrow \nu_0' = \nu_1 \frac{\sqrt{1 + \beta^2}}{1 + \beta}.$$

Первый корень уравнения соответствует удалению источника сигнала от совмещённых центров координат. Второй корень соответствует приближению к совмещённым центрам координат. Частоту ν_0 ассоциируют с частотой излучателя, частоту ν_1 ассоциируют с частотой приёмника. В общем случае, инверсия решений приводит к

взаимной перестановке местами источников и приёмников сигнала или объединению источника и приёмника в одном приборе (радиолокация и пеленгация объектов). Сравнивая между собой корни уравнений 1) и 2) или 3) и 4) можно получить известные соотношения частот.

Для отдельно взятой **параллельной** системы отсчёта: ν'_1 — частота источника сигнала; ν_1 — частота приёма сигнала, β — меняет знак.

$$\nu_1 = \nu'_1 \frac{1-\beta}{1+\beta} \text{ — красное смещение;}$$

$$\nu_1 = \nu'_1 \frac{1+\beta}{1-\beta} \text{ — синее смещение.}$$

Для отдельно взятой **основной** системы отсчёта: ν'_0 — частота источника сигнала; ν_0 — частота приёма сигнала, β — меняет знак.

$$\nu_0 = \nu'_0 \frac{1+\beta}{1-\beta} \text{ — синее смещение;}$$

$$\nu_0 = \nu'_0 \frac{1-\beta}{1+\beta} \text{ — красное смещение.}$$

4.2 Поперечный эффект.

Источник сигнала постоянно вращается вокруг совмещённых центров координат:

$$\cos \theta_0 = \cos \theta_1 = 0; \quad \theta_0 = \theta_1 = \frac{\pi}{2}.$$

Повторяются формулы (5) и (8) для разобшённых систем отсчёта. Из разложения функций в степенные ряды можно утверждать, для $|\beta| \ll 1$:

$$\sqrt{1 + \beta^2}^{-1} \cong \sqrt{1 - \beta^2}^{+1}.$$

Формулы (5) и (8) приводятся к виду поперечного эффекта Рёмера:

$$\nu_0 \cong \nu_1 (1 - \beta^2)^{-\frac{3}{2}}; \quad \nu_1 \cong \nu_0 \sqrt{1 - \beta^2}.$$

5. Заключение.

5.1 Продольный эффект Доплера через преобразования Лоренц – ВЕРСИЯ принципиально не отличается от выводов СТО и классической физики. Если источник удаляется от приёмника, β принимают с положительным знаком; если приближается, β принимают с отрицательным знаком. Формы записи продольного эффекта Доплера в основной и параллельной ИСО совпадают.

5.2 Существует два поперечных эффекта Рёмера относительно совмещённых центров координат. Приёмник принадлежит или центру A_0 , или центру A_1 . Соответственно излучатель располагается в противоположной ИСО, формулы (5) и (8).

$$v_0 = v_1 \frac{\sqrt{1+\beta^2}}{1-\beta^2} ; \quad v_0 \in A_0 ;$$

$$v_1 = v_0 \frac{1}{\sqrt{1+\beta^2}} ; \quad v_1 \in A_1 .$$

Литература:

1. Джемс Трефил / 200 законов мироздания; - Москва; Гелеос, 2007. – 528 с. – ISBN978-5-8189 – 0807-6(в пер.).
2. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики., Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1970г., 478 стр.
3. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Электромагнетизм. Колебания и волны. Оптика. Элементы теории относительности и атомного ядра. / Под ред. Т.В. Шкиль. – Ростов н/Д; изд-во «Феникс», 2000. – 896с. – ISBN 5-222-01327-8, ББК22.3Я72-К 38.
4. Википедия. <http://ru.org/wiki/> Специальная теория относительности.
5. А. Эйнштейн. К ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ДВИЖУЩИХСЯ ТЕЛ. [interstellar – flight.ru/03/kedt.pdf](http://interstellar-flight.ru/03/kedt.pdf) , 15 февраля 2010.
6. Халецкий М. Б., ВЕРСИЯ Элементарной теории относительности (ВЕРСИЯ – ЭТО), <https://halmich.ru> , 2022г.
7. Журнал «ДНА» №56 / Под ред. С.И. Хмельник, «ВЕРСИЯ Элементарной теории относительности», publisherdna@gmail.com , 2022г.
8. Халецкий М. Б., Преобразования Лоренца (ВЕРСИЯ - ЭТО), <https://halmich.ru> , 2022г.

