

Физика 3. Эффект Доплера.

Эффект Доплера — изменение частоты или длины волны, наблюдаемое при относительном движении источника и приёмника волны.

Звуковые волны

Пусть скорость звука в среде — v , исходная частота — ν .

Двигается источник, приёмник покоится

Если источник **приближается** к приёмнику:

$$\nu' = \nu \frac{v}{v - u_s}$$

Если источник **удаляется**:

$$\nu' = \nu \frac{v}{v + u_s}$$

где u_s — скорость источника.

Двигается приёмник, источник покоится

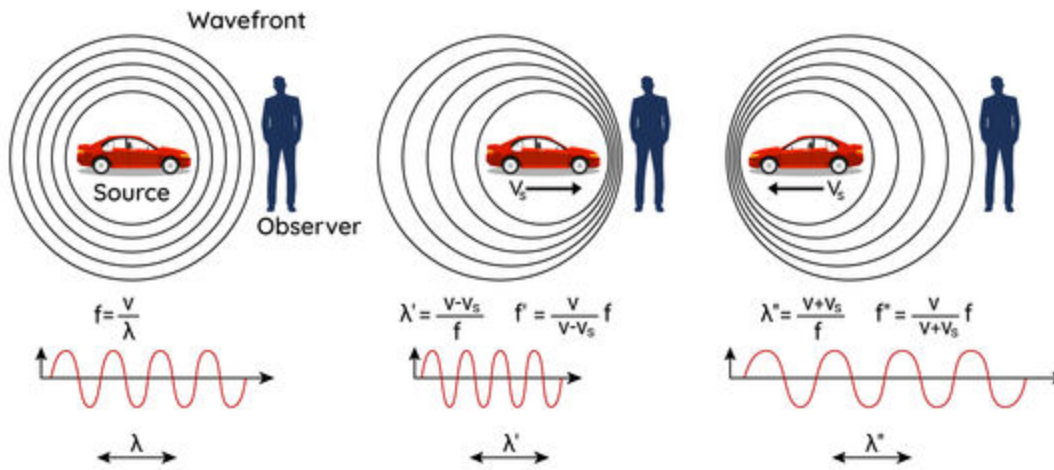
Приёмник **приближается**:

$$\nu' = \nu \frac{v + u_r}{v}$$

Приёмник **удаляется**:

$$\nu' = \nu \frac{v - u_r}{v}$$

где u_r — скорость приёмника.



Световые волны (релятивистский Доплер)

Для света скорость среды не важна, используется релятивистская формула.

Общий релятивистский эффект

$$\nu' = \nu \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}$$

где

$\beta = \frac{u}{c}$ — отношение скорости движения к скорости света,
 u — относительная скорость вдоль луча.

- Источник **приближается** → ν' выше (синее смещение).
- Источник **удаляется** → ν' ниже (красное смещение).

Продольный Доплер

Колебания вдоль линии наблюдения.

Видимый сдвиг по длине волны:

$$\lambda' = \lambda \frac{1 + \beta}{1 - \beta}$$

Поперечный Доплер

Источник движется **поперечно**, под углом 90° .

Сдвиг возникает только из-за релятивистского замедления времени:

$$\nu' = \frac{\nu}{\gamma}$$

где

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Применения

- Радар (измерение скорости автомобиля).
- Астрономия: определение скорости звёзд и галактик.
- Доплеровские эхометры в медицине.
- Лидары и спектроскопия.