

## 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 –  $\nu$ .

#### Движется источник, приёмник покойится

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.

---

#### Движется приёмник, источник покойится

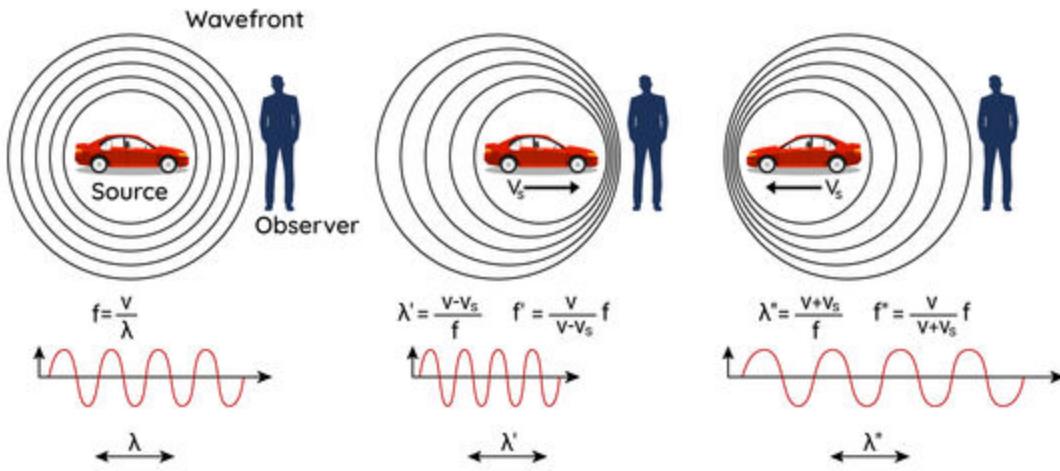
Приёмник **приближается**:

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

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**  $\rightarrow \nu'$  выше (синее смещение).
- Источник **удаляется**  $\rightarrow \nu'$  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  $90^\circ$ .

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.