

Глава 1. Свойства волн. Эффект Доплера

1.1. Акустический эффект Доплера.

Рассм. источник \downarrow ак. волн в упр. среде (газ, ж-сть и т.д.)

Пусть \downarrow испускает короткие импульсы с частотой ν

Наб-ют ν' , регистрируемую приемником P .

Случаи:

S и P покоятся
отн. среды $v = v'$

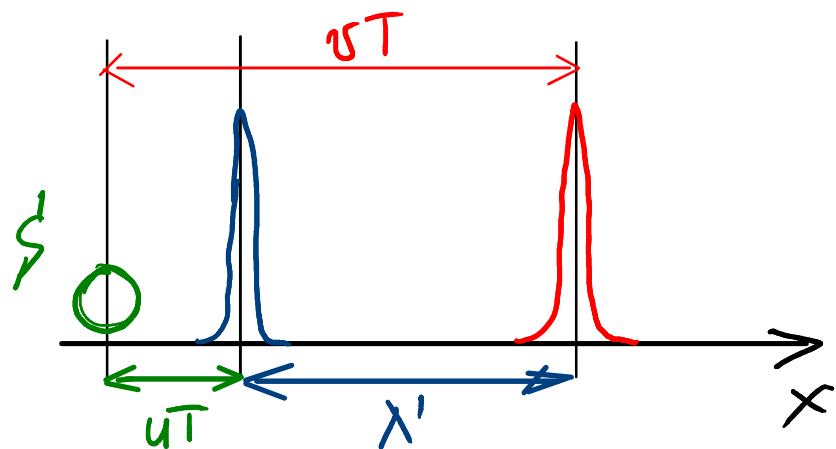
S и P движутся
отн. среды.

При этом $v \neq v'$ —

— эффект Доплера

Пусть S' и P движутся вдоль прямой, проходящей
через них с пост. скоростями u и u' отн. среды

Разн. скорость волны в среде \underline{v} .



Р-е волн импульсами:

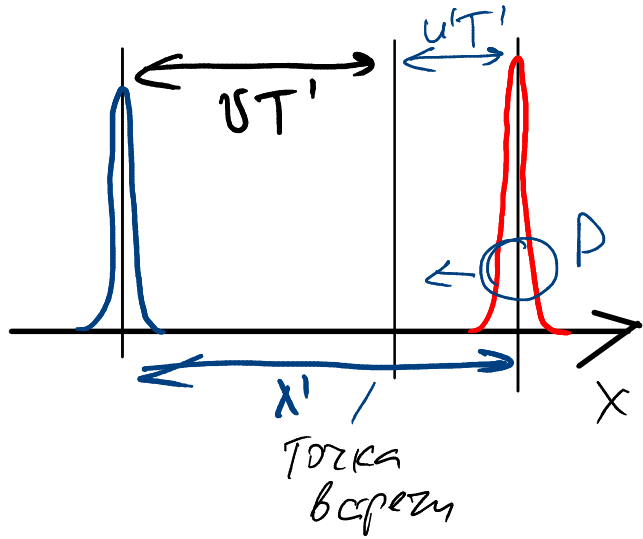
$$\lambda' = vT - uT = T(v - u)$$

Участок λ испускает импульсы.

За время $t=T = \frac{1}{\nu}$ λ смещается

на $u \cdot T$, а импульс
проходит vT

Участок исп. λ' имп.



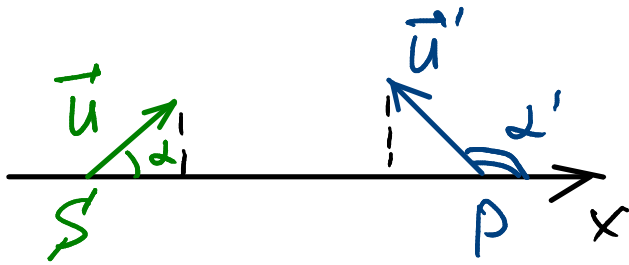
Приемник после регистрации
 1^{го} импульса за время
 $t = T'$ сместится на $u'T'$,
 а 2^й импульс пройдет vT'
 $t = T'$ - время регистрации 2^{го} имп.

$$\lambda' = vT' + u'T' = T'(v + u')$$

$$\Rightarrow T(v - u) = T'(v + u') \quad ; \quad T = \frac{1}{\nu} ; \quad T' = \frac{1}{\nu'}$$

$$\Rightarrow \boxed{\nu' = \nu \frac{v + u'}{v - u}} \quad \text{Связь частот при} \\ \text{искусств. эфф. Доплера}$$

Если \vec{u} и $\vec{u}' \nparallel OX$, то связь частот дается ф-лой:



$$\nu' = \nu \frac{\sqrt{1 - u'^2/c^2}}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

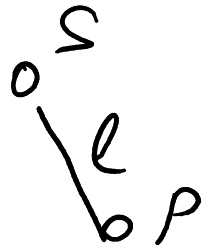
(*)

где u_x и u'_x — проекции скорости ист. и пр. на ось, u_x соединено со ν

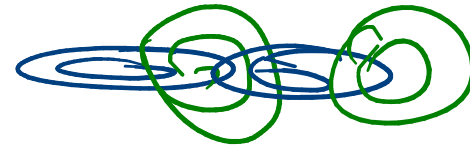
Эффект замедления

Если $u = u(t)$ и $u' = u'(t')$, то ф-ла (*) не работает.

Т.к. скорость передачи ν конечна, то принимаемая частота $\nu'(t')$ обусловлена приходом сигналов, испущенных в момент $t' = t - \frac{l}{\nu}$.

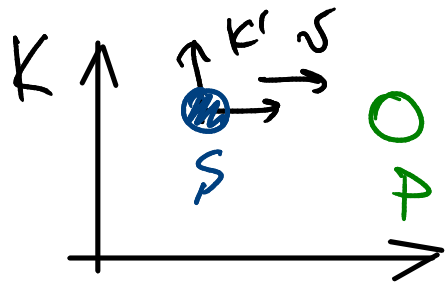


1.2. Эффект Доплера для Э/м волн



— оир-ся только скоростью ист. отн. приемника (средн лет)

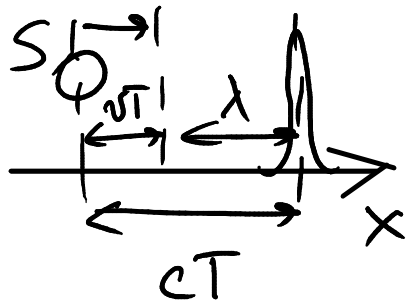
Рассм. ИСО K , в кот. приемник P — покоится.



K к нему приближается ист. S со ск. v
Сведем с S ИСО K' , в кот. S покоится.
и в K' S и излучает сигнал с
частотой ν_0 (соб. част.)

Наб. зам ν — частоту, регистр P .

Время волны числ. в К: $T = \frac{T_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$; $\beta = v/c$



За время T λ смещается на vT ,
а сигнал на cT

\Rightarrow $\lambda = cT - vT$ — расстояние соседних
ампл.

$$\lambda = (c - v) \frac{T_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} ;$$

\Rightarrow частота, воспр. приемником $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{c-v} \left(\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{T_0} \right)$

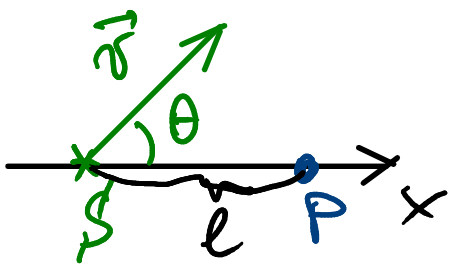
$$\boxed{\lambda = \lambda_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta}}$$

Ф-ла для
продольного эфф. Доплера

$\beta = v/c > 0$ - источник прибли. $\Rightarrow \lambda > \lambda_0$

$\beta = v/c < 0$ - источник удаляется $\Rightarrow \lambda < \lambda_0$

В общ. случае



$$\boxed{\lambda = \lambda_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta \cos \theta}}$$

эфф.
Доплера

эфф. запаздывания.

$$\lambda(t) = \lambda_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1 - v_x(t')/c}$$

l - расстояние момент t' .

$$t' = t - l/c$$

При $\theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$

$$\boxed{\lambda = \lambda_0 \sqrt{1 - \beta^2}}$$

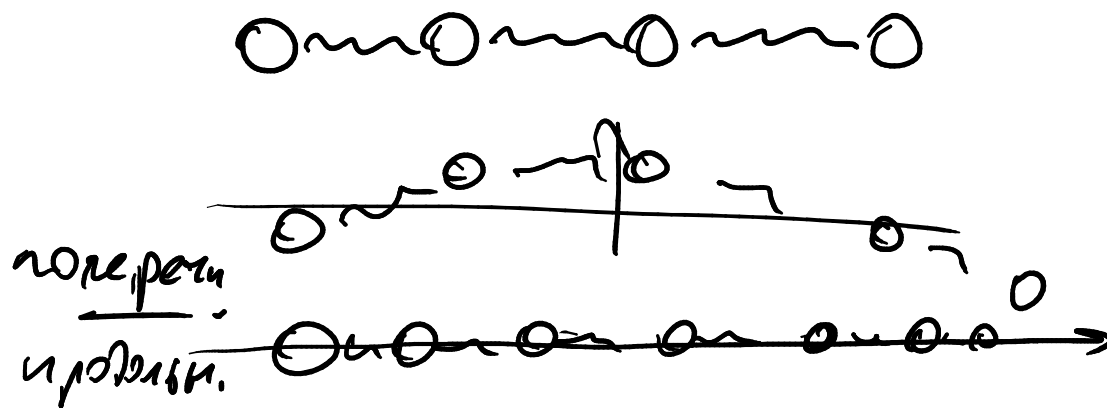
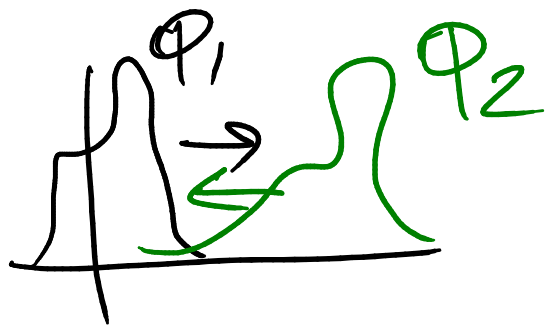
поперечный эффект
Лоренца.

$\lambda < \lambda_0$ всегда.

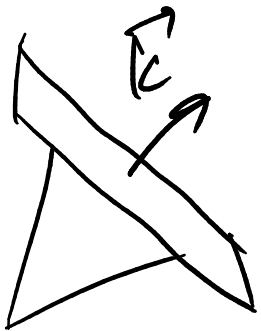
Волна.

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = \Delta \Phi$$

$$\Phi = \Phi_1\left(t - \frac{x}{v}\right) + \Phi_2\left(t + \frac{x}{v}\right)$$



$$\Phi = A \cos(\underbrace{\omega t - \vec{k}\vec{r}}_{\text{фаза}} + d) \quad - \text{ илюстрация зарпн. волна}$$



$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \underline{2\pi\nu}$$

$$ax + by + cz + d = 0$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}; \quad \underline{\lambda = vT = \frac{v}{\nu}}$$

Срп. зарпн. волна:

$$\Phi = \frac{A}{\underline{r}} \cos(\omega t - kr + d)$$

