

Механические волны

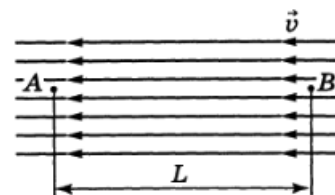
ЗАДАЧА 1. («Росатом», 2017, 11) Автомобиль, движущийся по прямому шоссе, издаёт продолжительный звуковой сигнал. Датчики, расположенные по и против хода движения автомобиля, зарегистрировали длительности сигнала Δt и $1,05\Delta t$. Какую длительность сигнала зарегистрировал расположенный по, а какую — против направления движения автомобиля? Найти скорость автомобиля, если скорость звука в воздухе равна a .

$$\frac{1\frac{v}{a}}{a} = a$$

ЗАДАЧА 2. (МОШ, 2007, 11) Звуковая волна от удалённого источника падает на стену, имеющую вогнутую цилиндрическую форму, под углом, близким к α , причем эта волна идёт перпендикулярно оси цилиндра. Определите, в какую точку A вблизи стены следует поместить чувствительный микрофон, чтобы он зарегистрировал максимально возможную интенсивность звука. Найдите расстояние от этой точки A до стены и до оси цилиндра. Радиус цилиндра R много больше размеров стены, но много меньше расстояния до источника. Длина волны звука много меньше размеров стены.

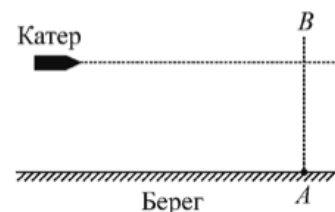
$$\alpha \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{2}{3} \cos^2 \alpha} \sqrt{R} \text{ и } \alpha \cos \frac{\alpha}{2}$$

ЗАДАЧА 3. (Всеросс., 1995, ОЭ, 10) Маленький источник звука, расположенный в точке A , и маленький микрофон, расположенный в точке B , находятся на расстоянии $L = 1$ м друг от друга. В некоторый момент времени начинает дуть ветер (рис.). Во сколько раз изменится мощность звука, поглощаемая микрофоном, если известно, что скорость ветра $v = 15$ м/с, а скорость звука $c = 340$ м/с? Ветер не вызывает завихрения воздуха.



$$6'0 \approx \frac{c}{c-v} = \frac{d}{d'}$$

ЗАДАЧА 4. (МОШ, 2015, 10) По спокойной поверхности озера плывёт маленький катер, траектория которого параллельна прямой линии берега и лежит от него на расстоянии L . Стоящий в точке A наблюдатель увидел, что первая волна от катера достигла точки A спустя время t после того, как катер пересёк прямую AB , перпендикулярную берегу (см. рисунок). После этого волны ударяли о берег в этом месте с периодом T . Расстояние между соседними гребнями волн равно λ . Найдите скорость катера.



$$\frac{c \left(\frac{T}{\lambda} \right) - cL/\lambda}{v} = a$$

ЗАДАЧА 5. (Эффект Доплера) Вам наверняка известно следующее явление. Вы стоите на железнодорожной платформе, и проходящий мимо поезд издаёт предупреждающий гудок. В тот момент, когда поезд проносится мимо вас, тон гудка скачком меняется на более низкий; иными словами, частота звуковых волн от удаляющегося поезда меньше, чем от приближающегося.

Пусть ν_0 — частота сигнала, которую регистрирует неподвижный приёмник в случае непо-

движущего излучателя; иными словами, ν_0 есть частота в системе отсчёта излучателя (то есть частота гудка поезда с точки зрения машиниста). Нас интересует частота ν , которую регистрирует приёмник в случае движения приёмника или излучателя. Движение происходит вдоль прямой, на которой расположены приёмник и излучатель.

1. Пусть приёмник покоится, а излучатель движется со скоростью v . Введём стандартное обозначение $\beta = \frac{v}{c}$. Покажите, что

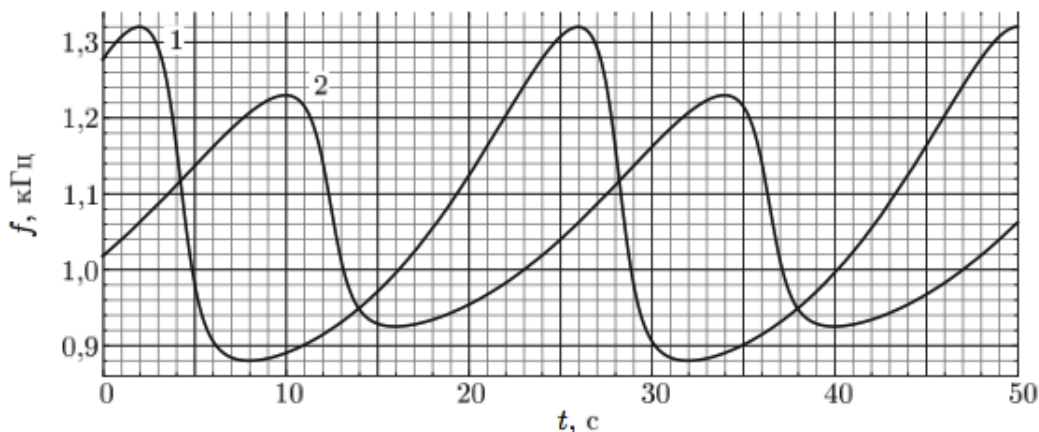
$$\nu = \begin{cases} \frac{\nu_0}{1-\beta}, & \text{если излучатель приближается к приёмнику;} \\ \frac{\nu_0}{1+\beta}, & \text{если излучатель удаляется от приёмника.} \end{cases}$$

2. Наоборот, пусть излучатель покоится, а приёмник движется со скоростью v . Покажите, что

$$\nu = \begin{cases} \nu = \nu_0 (1 + \beta), & \text{если приёмник приближается к излучателю;} \\ \nu = \nu_0 (1 - \beta), & \text{если приёмник удаляется от излучателя.} \end{cases}$$

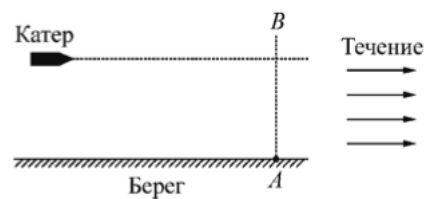
ЗАДАЧА 6. (Всеросс., 2013, финал, 11) Лейтенант-экспериментатор Глюк проводил свои исследования на военном полигоне с новыми сигнальными ракетами, которые во время полёта с постоянной скоростью v издают звук постоянной частоты f_0 , при помощи датчиков частоты. Скорость звука на полигоне $c = 330$ м/с.

- 1) Какой частоты звук будет принимать датчик, если ракета летит строго на него?
- 2) Какой частоты звук будет принимать датчик, расположенный на большом удалении от летящей ракеты, если угол между скоростью ракеты и направлением на датчик равен φ ?
- 3) Проводя исследования, лейтенант-экспериментатор Глюк случайно выпустил неисправную сигнальную ракету, которая стала летать вдоль поверхности полигона на малой высоте с той же постоянной скоростью v по кругу радиуса r . Ракету успешно нейтрализовали, а лейтенант-экспериментатор обратил внимание на графики самописца, который записывал зависимость частоты звука от времени у двух датчиков 1 и 2, расположенных на полигоне. Используя полученные графики (рис.), помогите лейтенант-экспериментатору Глюку определить расстояние L между этими датчиками.



$$f = f_0 \sqrt{\frac{1 + \beta \cos \varphi}{1 - \beta \cos \varphi}}$$

Задача 7. (МОШ, 2015, 11) Вдоль направления течения прямой реки по спокойной воде плывёт маленький катер, траектория которого параллельна берегу и лежит на расстоянии L от него. Скорость течения реки равна V . Стоящий на берегу в точке A наблюдатель увидел, что первая волна от катера достигла точки A спустя время t после того, как катер пересёк прямую AB , перпендикулярную берегу (см. рисунок). После этого волны ударяли о берег в этом месте с периодом T . Расстояние между соседними гребнями волн равно λ . Найдите скорость катера относительно воды, считая, что волны, возбуждаемые катером на поверхности воды, близки к гармоническим.



$$\lambda - \frac{v(\frac{T}{v}) - vL}{T} = a$$

Задача 8. (IPhO, 2017)

- [Вулканы, землетрясения и цунами / Earthquake, Volcano and Tsunami.](#)
- [Solution.](#)