

**ЗАДАНИЯ**  
**для проведения II муниципального (районного) этапа**  
**Всероссийской олимпиады школьников по физике 2016-2017**  
**11 класс**

1. Определите, каким образом должна изменяться со временем угловая скорость вращения ведущей катушки магнитофона для того, чтобы линейная скорость движения ленты была постоянной и равна  $v$ . Радиус катушки  $R$ . Толщина  $d$ . Считать что  $d \ll R$ , а в начальный момент времени вся лента намотана на другую катушку.

**Решение:**

Для того, чтобы линейная скорость ленты была постоянна, необходимо, чтобы в любой момент времени выполнялось равенство

$$\omega r = v \quad (26)$$

Явный вид зависимости радиуса катушки с намотанной лентой найдем из следующих соображений: Пусть в момент времени  $t$  после начала движения радиус катушки равен  $r$ . Тогда на катушке намотана лента объёмом

$$V = \pi(r^2 - R^2)l \quad (46)$$

$l$ - ширина ленты. В тоже время этот объем ленты прошел мимо считывающей головки со скоростью  $v$ , поэтому

$$V = v t l d \quad (36)$$

Приравнивая эти выражения, находим

$$r(t) = \sqrt{R^2 + \frac{vtd}{\pi}}$$

Тогда угловая скорость вращения

$$\omega(t) = \frac{v}{\sqrt{R^2 + \frac{vtd}{\pi}}} \quad (16)$$

2. Подставку, на которой лежит тело, подвешенное на пружине, начинают опускать с ускорением  $a$ . В начальный момент пружина не растянута. Через какое время тело оторвется от подставки? Каково максимальное растяжение пружины? Масса тела  $M$ , жесткость пружины  $k$

**Решение**

В течении времени пока тело движется вместе с подставкой второй закон Ньютона имеет вид

$$Ma = Mg - kx - N$$

В момент отрыва тела от подставки обращается в нуль сила реакции опоры. В результате получаем уравнение на величину растяжения пружины.

$$Ma = Mg - kx \quad \Rightarrow \quad x = \frac{M(g - a)}{k}$$

Учитывая, что  $x = \frac{at^2}{2}$  для  $t$  получаем:

$$t = \sqrt{\frac{2M(g - a)}{ak}}$$

Для расчета максимального растяжения пружины воспользуемся законом сохранения энергии

$$\frac{Mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} - Mgx = \frac{kx_{\max}^2}{2} - Mgx_{\max}$$

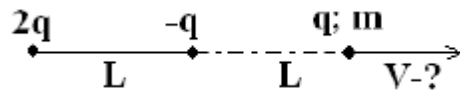
После подстановки  $x$  и  $v=at$  закон сохранения энергии принимает вид

$$0 = \frac{M^2}{2k}(g-a)^2 + \frac{k}{2}x_{\max}^2 - \frac{2Mg}{k}x_{\max}$$

Решение квадратного уравнения выбираем со знаком (+), что следует из  $x_{\max} > x$

$$x_{\max} = \frac{Mg}{k} + \frac{M}{k}\sqrt{a(2g-a)}$$

3. Точечные заряды  $2q$  и  $-q$  закреплены и находятся на расстоянии  $L$  друг от друга. На общей с ними прямой на расстоянии  $L$  от заряда  $-q$  удерживают точечное тело с зарядом  $q$  и массой  $m$ .



С какой наименьшей скоростью  $V$  нужно толкнуть тело вправо вдоль прямой, чтобы оно неограниченно удалялось?

**Решение**

Исходно притяжение больше отталкивания и суммарная сила смотрит влево, но в некоторой точке при смещении вправо на  $x$  суммарная сила обращается в ноль, дальше сила направлена вправо. (16)

Значит начального толчка должно хватить чтобы достичь точки где сила обращается в 0 (16)

Условие обращения силы в ноль

$$\frac{k2q^2}{(x+2L)^2} = \frac{kq^2}{(x+L)^2}$$

Откуда находим  $x = \sqrt{2}L$  (26)

Начальную скорость найдем из закона сохранения энергии

$$\frac{mV^2}{2} = q(\varphi(x) - \varphi(x_0)) \quad (26)$$

Где  $x_0$  начальное положение заряда.

$$\varphi(x_0) = 0 \quad \varphi(x) = \frac{k2q}{x+2L} - \frac{kq}{x+L} \quad (26)$$

$$V^2 = \frac{2kq^2(\sqrt{2}-1)}{(\sqrt{2}+1)mL} = \frac{2kq^2(3-2\sqrt{2})}{mL} \quad \left(k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right) \quad (26)$$

4. Стеклянная, запаянная с одного конца трубка открытым концом опущена в сосуд со ртутью. После подъема трубки уровни ртути в сосуде и трубке совпадают. При этом длина части трубки, занятой воздухом,  $l = 100$  см. Затем трубку поднимают на 10 см. Какой будет после этого высота уровня ртути в трубке? (Капиллярными явлениями пренебречь.)

**Решение**

Так как первоначально уровень ртути в сосуде и трубке совпадают, давление в трубке равно атмосферному. Когда трубку поднимают давление в трубке уменьшается и компенсируется подъемом ртути. Тогда мы можем записать равенство давлений на уровне ртути в сосуде:

$$\rho gx + P = P_0 \quad (36)$$

Здесь  $P_0$  атмосферное давление,  $P$  – давление в трубке,  $\rho gx$  давление ртути высотой  $x$ .

Запишем уравнение закона Бойля-Мариотта для газа внутри трубки:

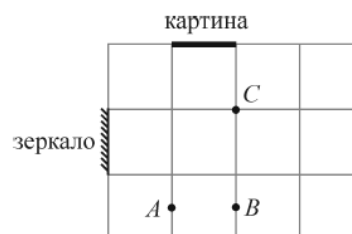
$$P_0 l S = P(l + \Delta l - x)S \quad (36)$$

S- площадь трубки.

Решая совместно эти два уравнения получаем результат:

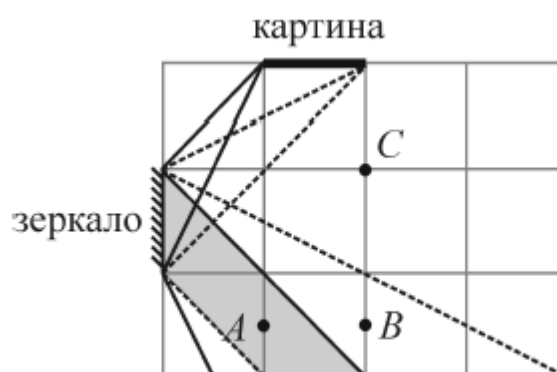
$$x = \frac{P_0 + \rho g(l + \Delta l) - \sqrt{(P_0 + \rho g(l + \Delta l))^2 - 4\rho g \Delta l P_0}}{2\rho g} \quad (46)$$

5. В прямоугольной комнате на одной из стен висит картина, а на другой — плоское зеркало (см. рис.). Из какой точки комнаты (A, B или C) можно полностью увидеть отражение картины в зеркале?



### Решение

Чтобы полностью увидеть отражение картины, необходимо и достаточно видеть отражение каждого из краёв картины. Поэтому из каждого края картины проведём луч в каждый край зеркала, и для каждого падающего луча построим отражённый (см. рис.). Пересечение областей, из которых видно края картины, на рисунке закрашено. Из рисунка ясно, что полностью отражение картины можно увидеть только из точки A. Из точки B отражение видно частично, из точки C не видно совсем.



### Критерии оценивания

Проведено построение лучей из краёв картины к краям зеркала и отражённых от него (4 б)

Указана область, из которой полностью видно отражение картины (26)

Дан ответ (46)