

РЕШЕНИЯ
заданий второго этапа
Республиканской школьной олимпиады «Будущее Республики»
по общеобразовательному предмету «Физика»

Задача 1 (20 баллов).

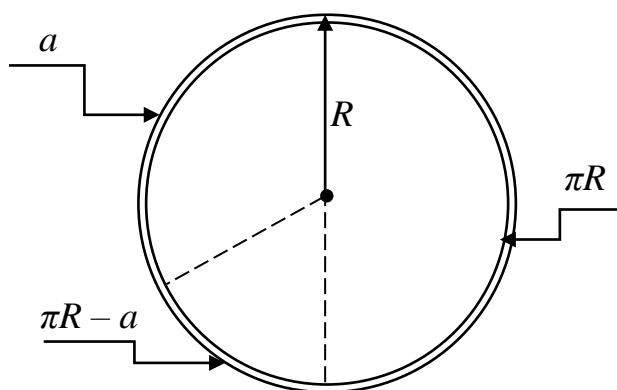
Кольцо сварено из двух полуколец радиуса R , скорость звука в которых равна c_1 и c_2 . Через какое время встретятся звуковые волны, возбужденные ударом по точке сварки?

Дано:
 R
 c_1
 c_2
 $t = ?$

Решение:

По определению скорость при равномерном движении – это отношение пути s , пройденного телом, ко времени движения.

$$v = \frac{s}{t}.$$



Пусть $c_1 < c_2$. Тогда звуковая волна, движущаяся по полукольцу, скорость в котором меньше, пройдет расстояние $a < \pi R$ за время

$$t_1 = \frac{a}{c_1}. \quad (1)$$

А звуковая волна, движущаяся по полукольцу, скорость в котором больше, пройдет расстояние πR за время $\pi R / c_2$, а оставшееся расстояние – $(\pi R - a)$ за время $(\pi R - a) / c_1$. При этом

$$t_2 = \frac{\pi R}{c_2} + \frac{\pi R - a}{c_1}. \quad (2)$$

Поскольку звуковые волны встретятся, то $t_1 = t_2 = t$.

Выразим из (1) величину

$$a = t c_1. \quad (3)$$

Преобразовав (2), получим: $t c_1 c_2 = \pi R c_1 + (\pi R - a) c_2$.

Отсюда

$$a c_2 = \pi R c_1 + \pi R c_2 - t c_1 c_2. \quad (4)$$

Решая (3) и (4), имеем:

$$2 t c_1 c_2 = \pi R (c_1 + c_2).$$

$$t = \frac{\pi R (c_1 + c_2)}{2 c_1 c_2}.$$

Ответ: $t = \frac{\pi R (c_1 + c_2)}{2 c_1 c_2}.$

Задача 2 (20 баллов).

Горизонтальный проводник массы m может скользить по двум вертикальным проводящим стержням без нарушения электрического контакта. Стержни разнесены на расстояние L друг от друга и соединены внизу конденсатором емкости C . Перпендикулярно плоскости движения приложено постоянное однородное магнитное поле индукции \vec{B} . Найти ускорение стержня. Сопротивлением образовавшейся электрической цепи, а также трением пренебречь. Система находится в поле тяготения Земли.

Дано:

m

L

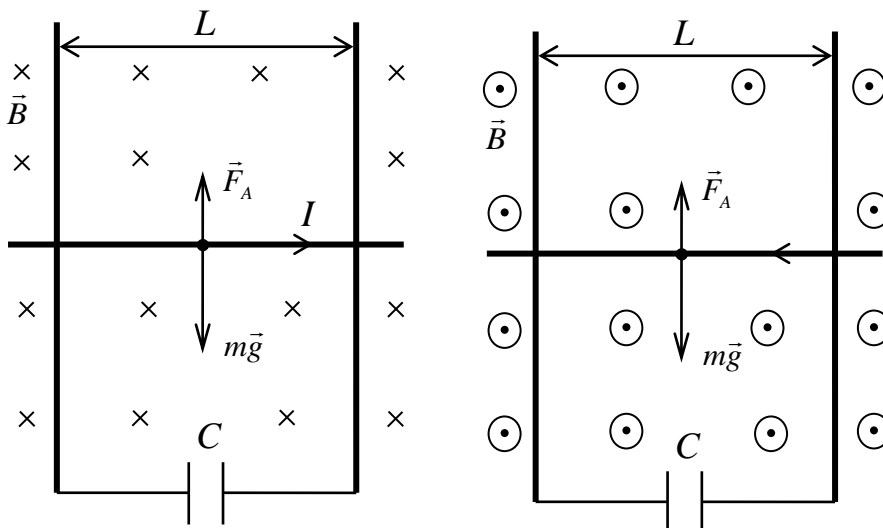
C

\vec{B}

g

$a = ?$

Решение:



На проводник в магнитном поле действует сила тяжести mg и сила Ампера \vec{F}_A ($F_A = BIl \sin \alpha$, поскольку $\alpha = 90^\circ$, то $\sin \alpha = 1$). Возможны два случая (показаны на рисунке). Второй закон Ньютона приводит к уравнению

$$ma = mg - BIL,$$

где

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C \Delta \epsilon_{\text{инд}}}{\Delta t} = \frac{C B L \Delta v}{\Delta t} = C B L a.$$

Подставляя выражение для тока в первое уравнение, получим:

$$a = \frac{mg}{m + CB^2 L^2}.$$

Ответ: $a = \frac{mg}{m + CB^2 L^2}.$

Задача 3 (20 баллов).

В солнечный день нужно осветить дно колодца. Как следует разместить плоское зеркало относительно горизонта, если солнечные лучи падают под углом 60° к земной поверхности?

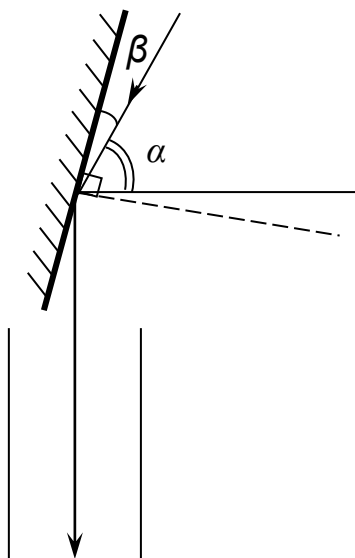
Дано:

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\alpha + \beta = ?$$

Решение:

Угол падения – угол между падающим лучом и нормалью к отраженной поверхности в точке падения. Угол отражения – угол между отраженным лучом и нормалью.



Построим рисунок, разместив зеркало согласно требованиям задачи. Для того чтобы луч осветил дно колодца, отраженный луч должен падать вертикально вниз, т.е. под углом 90° к горизонту.

На рисунке угол между падающим и отраженным лучом равен $(90^\circ + \alpha)$, где $\alpha = 60^\circ$. Обозначим угол между падающим лучом и зеркалом β . Тогда зеркало нужно разместить под углом $(\alpha + \beta)$ к горизонту.

Поскольку угол падения равен углу отражения, то угол между отраженным лучом и зеркалом равен углу между падающим лучом и зеркалом. Тогда $(90^\circ + \alpha) + 2\beta = 180^\circ$.

$$\text{Откуда } \beta = \frac{90^\circ - \alpha}{2}.$$

$$\text{Искомый угол равен } \alpha + \beta = \frac{90^\circ + \alpha}{2} = \frac{90^\circ + 60^\circ}{2} = 75^\circ.$$

Ответ: чтобы осветить дно колодца, зеркало нужно разместить под углом 75° к горизонту.

Задача 4 (20 баллов).

Два тела бросили одновременно с вершины башни высотой 20 м: одно – горизонтально со скоростью 4 м/с, другое в противоположном направлении со скоростью 7 м/с. Постройте график зависимости расстояния между телами от времени для $0 \leq t \leq 3$ с. Считайте, что ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 .

Дано:

$$v_{01} = 4 \text{ м/с}$$

$$v_{02} = 7 \text{ м/с}$$

$$h = 20 \text{ м}$$

$$S = ?$$

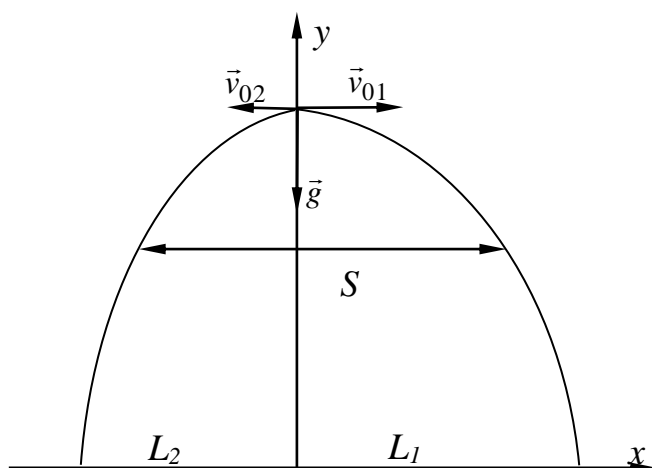
Решение:

Зависимости координат от времени:

$$\text{первое тело: } x_1(t) = v_{01}t, \quad y_1(t) = h - \frac{gt^2}{2},$$

$$\text{второе тело: } x_2(t) = -v_{02}t, \quad y_2(t) = h - \frac{gt^2}{2}.$$

Здесь v_{01} – начальная скорость первого тела, v_{02} – начальная скорость второго тела, h – высота, с которой брошены тела.



Найдем время движения первого тела:

$$0 = h - \frac{g\Delta t_1^2}{2}, \quad \Delta t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad \Delta t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = 2 \text{ (с)}.$$

Найдем время движения второго тела:

$$0 = h - \frac{g\Delta t_2^2}{2}, \quad \Delta t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad \Delta t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = 2 \text{ (с)}.$$

Тела упадут на землю одновременно. В каждый момент времени они находятся на одинаковой высоте.

$$\text{Дальность полета первого тела: } L_1 = v_{01}\Delta t_1 = 8 \text{ (м)}.$$

$$\text{Дальность полета второго тела: } L_2 = v_{02}\Delta t_2 = 14 \text{ (м)}.$$

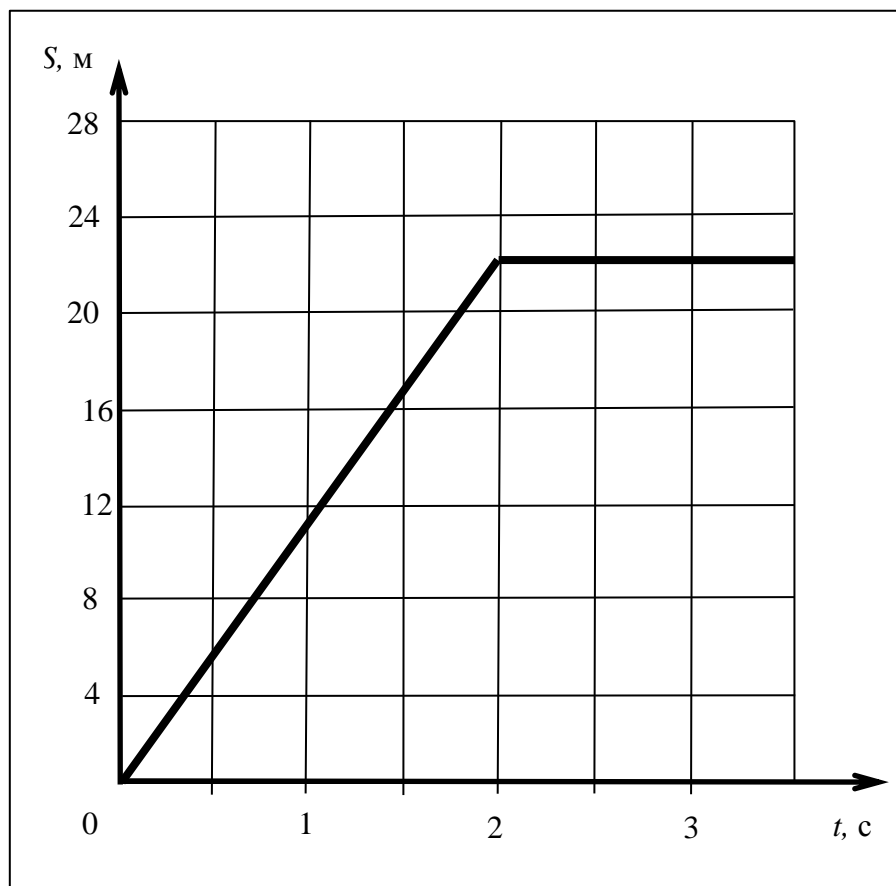
$$\text{Зависимость расстояния между телами от времени: } S(t) = x_1(t) - x_2(t) = v_{01}t + v_{02}t.$$

$$S(t) = (v_{01} + v_{02})t, \quad S(t) = (4+7)t = 11t.$$

При $t = 0$ $S = 0$.

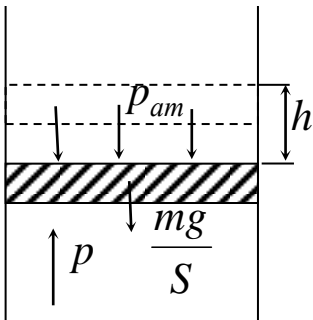
При $t \geq 2$ с $S = L_1 + L_2 = 22$ (м).

Изобразим график зависимости расстояния между телами от времени, состоящий из двух участков.



Задача 5 (20 баллов).

Воздух находится в вертикальном цилиндре под свободно перемещающимся поршнем. Поршень находится на высоте $H = 0,15$ м. Цилиндр нагревается от $t_1 = 27$ °С до $t_2 = 67$ °С. Масса поршня $m = 3$ кг, площадь $S = 0,3$ дм². Определить работу, которую совершает воздух при расширении, передвигая поршень. Атмосферное давление нормальное.

Дано: $H = 0,15$ м $t_1 = 27$ °С $t_2 = 67$ °С $m = 3$ кг $p_{\text{ат}} = 10^5$ Па $S = 0,3$ дм ²	SI: 300 К 340 К $3 \cdot 10^{-3}$ м ²	Решение: Поршень находится в равновесии, если $p_{\text{ат}} + \frac{mg}{S} = p,$ где p – давление воздуха снизу на поршень (рис.). Давление постоянное (поскольку поршень свободно передвигается), поэтому можно применить закон Гей-Люссака $V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1},$ где V_1 – объем воздуха в цилиндре при температуре $t_1 = 27$ °С.	
А – ?			

Работа

$$A = Fh = pSh = p(V_2 - V_1)$$

или

$$A = \left(p_{\text{ат}} + \frac{mg}{S} \right) \left(\frac{V_1 T_2}{T_1} - V_1 \right) = \left(p_{\text{ат}} + \frac{mg}{S} \right) \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) SH = 6,7 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: $A = \left(p_{\text{ат}} + \frac{mg}{S} \right) \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) SH = 6,7 \text{ (Дж)}.$

При оценивании учитывается анализ условия задачи, идея метода, рисунок, знание базовых формул, описание решения, умение делать преобразования, правильный ответ и его анализ.