Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 09-01

Решение задачи 1

1. По условию $S_1 = v_0 t_1 + 0{,}5 a t_1^2$, $S_2 = \left(v_0 + a t_1\right) t_2 + 0{,}5 a t_2^2$, далее $\dfrac{S_1}{t_1} = v_0 + 0{,}5 a t_1$ (1), $\dfrac{S_2}{t_2} = v_0 + a t_1 + 0{,}5 a t_2$ (2). Из (2) вычитаем (1), получаем $\dfrac{S_2}{t_2} - \dfrac{S_1}{t_1} = a t_1 + 0{,}5 a t_2 - 0{,}5 a t_1$, отсюда

$$a = \frac{2\left(\dfrac{S_2}{t_2} - \dfrac{S_1}{t_1}\right)}{t_1 + t_2} = 4 \text{ м/с}^2,$$

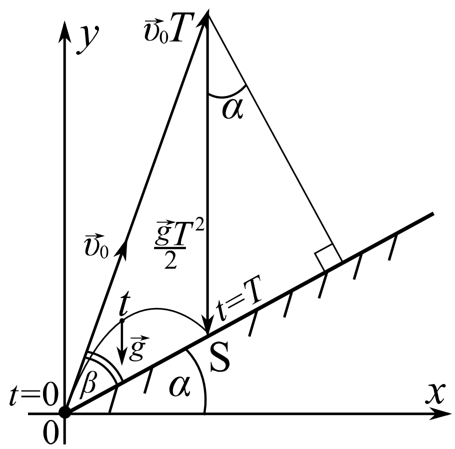
2. $S = \dfrac{v^2}{2a} = 128$ м.

Решение задачи 2

1. За время T полёта перемещение мяча, упавшего на склон,

$$\vec{r}(T) = \vec{v}_0 T + \frac{\vec{g} T^2}{2}.$$

Изобразим эти векторы на рисунке (см. рис.).



Проекции векторов $\vec{v}_0 T$ и $\dfrac{\vec{g} T^2}{2}$ на направление нормали к склону равны по величине $v_0 T \sin\beta = \dfrac{g T^2}{2} \cos\alpha$.

Отсюда находим начальную скорость

$$v_0 = \frac{g T}{2} \frac{\cos\alpha}{\sin\beta} = \frac{10 \cdot 4}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \approx 24{,}5 \text{ м/с}.$$

2. Дальность S полёта равна алгебраической сумме проекций векторов $\vec{v}_0 T$ и $\dfrac{\vec{g} T^2}{2}$ на склон

$$S = v_0 T \cos\beta - \frac{g T^2}{2} \sin\alpha.$$

С учётом формулы для начальной скорости находим дальность полета

$$S = \frac{g T^2}{2} \sin\alpha \left(\frac{1}{tg\alpha \cdot tg\beta} - 1\right) = \frac{\sqrt{3} - 1}{4} g T^2 \approx 29 \text{ м}.$$

3. Наименьшая скорость v_{0X} достигается в высшей точке траектории. В этой точке проекция ускорения на нормаль наибольшая. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $v_{0X} T = S \cos\alpha$, отсюда $v_{0X} = \dfrac{S}{T} \cos\alpha = \dfrac{3 - \sqrt{3}}{8} g T$, тогда

$$R = \frac{\left(v_{0X}\right)^2}{g} = \frac{3}{32}\left(2 - \sqrt{3}\right) g T^2 = 15\left(2 - \sqrt{3}\right) \approx 4 \text{ м}.$$

Решение задачи 3

1. $v_1 = v_0 \cdot \cos\alpha$, $Mv_1 = \frac{M}{5}v_2 - \frac{4M}{5}v_1, v_2 = 9v_1$,

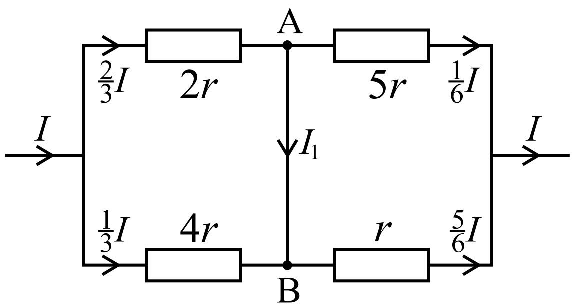
$$Q = \frac{0,8Mv_1^2}{2} + \frac{0,2Mv_2^2}{2} - \frac{Mv_1^2}{2} = 8M\left(v_0\cos\alpha\right)^2 = 8\cdot 15\cdot\left(\frac{100}{\sqrt{2}}\right)^2 = 6\cdot 10^5 \text{ Дж}$$

Решение задачи 4

Ежесекундно через змеевик проходит вода массой $\rho v S_1$, которая получает количество теплоты $\rho v S_1 c\left(t_2 - t_1\right)$. В свою очередь конденсирующийся ежесекундно пар отдает количество теплоты mL. Потерь энергии нет $\rho v S_1 c\left(t_2 - t_1\right) = mL$. Объем этой массы пара $\frac{m}{\rho_{НАС}} = SU$, здесь U – скорость поршня, тогда

$$L = \frac{\rho}{\rho_{НАС}}\frac{S_1}{S}\frac{v}{U}c\left(t_2 - t_1\right) = 1600\cdot\frac{0,1}{10}\cdot\frac{10}{24}\cdot 4200\cdot\left(90 - 10\right) = 2,24\cdot 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

Решение задачи 5



1. Распределение токов в цепи показано на рисунке, $I_1 = I/2$, тогда

$$I = 2I_1 = 2\cdot 3 = 6 \text{ А.}$$

2. Сопротивление цепи $\frac{4}{3}r + \frac{5}{6}r = \frac{13}{6}r$, в цепи рассеивается мощность

$$P = I^2\frac{13}{6}r = 4I_1^2\frac{13}{6}r = 156 \text{ Вт.}$$

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 09-02

Решение задачи 1

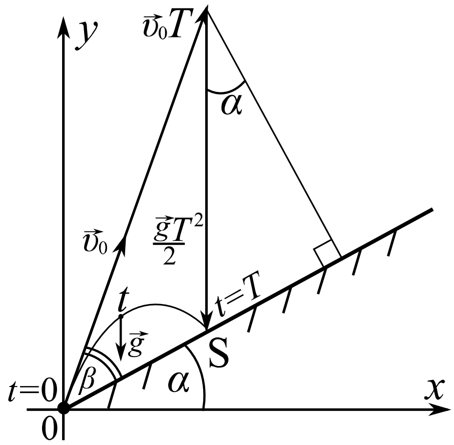
1. По условию $S_1 = v_0 t_1 - 0,5at_1^2$, $S_2 = \left(v_0 - at_1\right)t_2 - 0,5at_2^2$, далее $\frac{S_1}{t_1} = v_0 - 0,5at_1$ (1),

$\frac{S_2}{t_2} = v_0 - at_1 - 0,5at_2$ (2). Из (1) вычитаем (2), получаем $\frac{S_1}{t_1} - \frac{S_2}{t_2} = at_1 + 0,5at_2 - 0,5at_1$, отсюда

$$a=\frac{2\left(\frac{S_1}{t_1}-\frac{S_2}{t_2}\right)}{t_1+t_2}=4 \text{ м/с}^2,\ v_0=\frac{S_1}{t_1}+0,5at_1=40 \text{ м/с.}$$

2. $S=\dfrac{v_0^2}{2a}=200$ м.

Решение задачи 2



1. За время T полёта перемещение мяча, упавшего на склон,

$$\vec{r}(T)=\vec{v}_0T+\frac{\vec{g}T^2}{2}.$$

Изобразим эти векторы на рисунке (см. рис.).

Проекции векторов $\vec{v}_0T$ и $\dfrac{\vec{g}T^2}{2}$ на направление нормали к склону равны по величине $v_0T\sin\beta=\dfrac{gT^2}{2}\cos\alpha$.

Отсюда начальная скорость

$$v_0=\frac{gT}{2}\cdot\frac{\cos\alpha}{\sin\beta}=\frac{gT}{2}\cdot\frac{0,8}{0,5}=\frac{4}{5}gT=\frac{4}{5}\cdot10\cdot3=24 \text{ м/с.}$$

2. Проекция начальной скорости на нормаль к склону $(v_0\sin\beta)$, проекция ускорения на это направление $(-g\cos\alpha)$, тогда

$$H=\frac{(v_0\sin\beta)^2}{2g\cos\alpha}=\frac{\left(\frac{4}{5}\cdot gT\cdot\frac{1}{2}\right)^2}{2g\cdot\frac{4}{5}}=\frac{1}{10}gT^2=\frac{1}{10}\cdot10\cdot3^2=9 \text{ м.}$$

3. В рассматриваемый момент скорость мяча $\left(v_0\cos\beta-v_0\sin\beta\cdot tg\alpha\right)=\dfrac{1}{2}v_0\left(\sqrt{3}-0,75\right)\approx\dfrac{1}{2}v_0$, проекция ускорения на нормальное направление $a_n=g\cos\alpha$, далее $a_n=\dfrac{(0,5v_0)^2}{R}=g\cos\alpha$, тогда

$$R\approx\frac{(0,5v_0)^2}{g\cos\alpha}=\frac{(0,5\cdot0,8\cdot g\cdot T)^2}{g\cdot0,8}=\frac{1}{5}gT^2=18 \text{ м.}$$

Решение задачи 3

1. $v_1=v_0\cdot\cos\alpha$, $Mv_1=\dfrac{4M}{5}v_2-\dfrac{M}{5}v_1, 4v_2=6v_1,\ v_2=1{,}5v_1$,

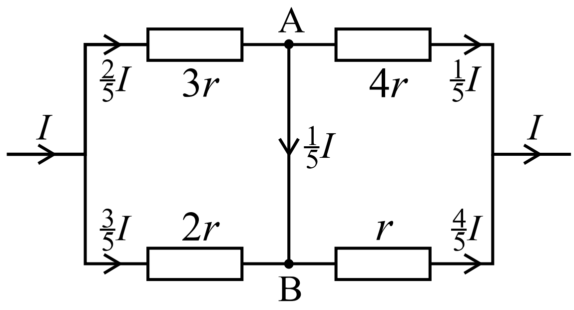
$$Q=\frac{0,8Mv_2^2}{2}+\frac{0,2Mv_1^2}{2}-\frac{Mv_1^2}{2}=\frac{0,8M\left(v_2^2-v_1^2\right)}{2}=\frac{M\left(v_0\cos\alpha\right)^2}{2}=\frac{25\cdot(80\cdot0,5)^2}{2}=2,0\cdot10^4 \text{ Дж}$$

Решение задачи 4

В процессе парообразования ежесекундно вода получает количество теплоты $I^2 r = mL$. Пар массы m занимает объем $m/\rho_{НАС} = S\cdot U$. Из приведенных соотношений следует

$$L = \frac{I^2 R}{\rho_{НАС} SU} = \frac{1^2\cdot 13,8}{0,6\cdot 10\cdot 10^{-4}\cdot 10^{-2}} = 2,3\cdot 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

Решение задачи 5



Распределение токов в цепи показано на рисунке,

$I_1 = I/5$, тогда

$I = 5I_1 = 5\cdot 2 = 10$ А.

2. Сопротивление цепи $\frac{6}{5}r + \frac{4}{5}r = 2r$, в цепи рассеивается мощность

$$P = I^2 2r = 25 I_1^2 2r = 50 I_1^2 r = 50\cdot 2^2\cdot 3 = 600 \text{ Вт.}$$

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 09-03

Решение задачи 1

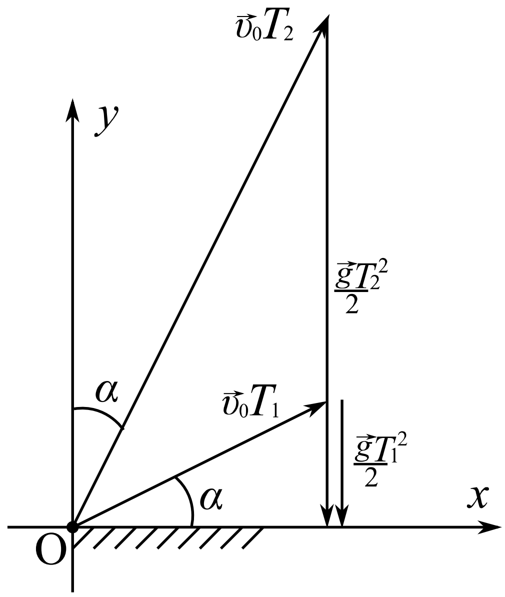
1. По условию $R\varphi_1 = v_0 t_1 + 0,5 a_\tau t_1^2$, $R\varphi_2 = (v_0 + a_\tau t_1)t_2 + 0,5 a_\tau t_2^2$, далее $\frac{R\varphi_1}{t_1} = v_0 + 0,5 a_\tau t_1$ (1), $\frac{R\varphi_2}{t_2} = v_0 + a_\tau t_1 + 0,5 a_\tau t_2$ (2).

Из (2) вычитаем (1), получаем $R\left(\frac{\varphi_2}{t_2} - \frac{\varphi_1}{t_1}\right) = a_\tau t_1 + 0,5 a_\tau t_2 - 0,5 a_\tau t_1$, отсюда

$$a_\tau = \frac{2R\left(\frac{\varphi_2}{t_2} - \frac{\varphi_1}{t_1}\right)}{t_1 + t_2} = 0,1 \text{ м/с}^2,$$

2. $N = \frac{v_1^2}{2a_\tau 2\pi R} \approx 6,4$.

Решение задачи 2



1. Перемещение $\vec{r}(T)$ осколка за время T полёта (см. рис.)

$$\vec{r}(T) = \vec{v}_0 T + \frac{\vec{g}T^2}{2},\ \left|\vec{r}(T)\right| = S,\ tg\alpha = \frac{\frac{gT_1^2}{2}}{S} = \frac{S}{\frac{gT_2^2}{2}},$$

$$S = \frac{gT_1T_2}{2} = \frac{gT_1\left(T_1+\tau\right)}{2},\ T_1 = -\frac{\tau}{2} + \sqrt{\left(-\frac{\tau}{2}\right)^2 + \frac{2S}{g}} = 2\ \text{с},$$

$T_2 = T_1 + \tau = 3$ с. Далее

$T_1 = 2\dfrac{v_0 \sin\alpha}{g}$, $T_2 = 2\dfrac{v_0\cos\alpha}{g}$, радиус круга, на который

выпали осколки, $L = \dfrac{v_0^2}{g}$,

2. $L = \dfrac{g}{4}\left(T_1^2 + T_2^2\right) = 32{,}5$=32,5 м.

$$v_0\cos\alpha = \frac{S}{T_1} = \frac{gT_2}{2}$$

3. $R = \dfrac{\left(v_0\cos\alpha\right)^2}{g} = \dfrac{gT_2^2}{4} = 22{,}5$ м.

Решение задачи 3

1. Потерь энергии нет. Приращение кинетической энергии системы равно убыли потенциальной (далее x – перемещение груза по вертикали, V – скорость груза)

$m\dfrac{V^2}{2} + \dfrac{M}{2}V^2 = mgx$, далее $V^2 = 2\dfrac{m}{m+M}g\,x$, отсюда $a = \dfrac{m}{m+M}g = \dfrac{m}{m+M}g = \dfrac{g}{3}$.

$$t_1 = \frac{v_1}{a} = 3\frac{v_1}{g} = 0{,}6\ \text{с}.$$

2. $ma = mg - T$, $T = mg - ma = mg\left(1 - \dfrac{m}{m+M}\right) = Mg\dfrac{m}{m+M}$

$$F = Mg + T = Mg\frac{2m+M}{m+M} \approx 2{,}7\ \text{Н}.$$

Решение задачи 4

Обозначения: C – теплоемкость стакана с водой, C_B – теплоемкость одной порции воды, t_0 – температура системы в начальном состоянии, t_1 – температура системы после первого опыта, t_2 – температура системы после второго опыта, $\tilde{t}$ – температура горячей воды.

По закону сохранения энергии в тепловых процессах: после добавления первой порции

$C\left(t_1-t_0\right)=C_B\left(\tilde{t}-t_1\right)=C_B\left(\tilde{t}-t_0-\left(t_1-t_0\right)\right)$,

здесь $t_1-t_0=\Delta t_1, \tilde{t}-t_0=\Delta t$, далее $C\Delta t_1=C_B\left(\Delta t-\Delta t_1\right)$, после добавления двух порций

$C\left(t_2-t_0\right)=2C_B\left(\tilde{t}-t_2\right)=2C_B\left(\tilde{t}-t_0-\left(t_2-t_0\right)\right)$,

далее $$C\left(\Delta t_1+\Delta t_2\right)=2C_B\left(\Delta t-\left(\Delta t_1+\Delta t_2\right)\right),$$

здесь учтено, что $t_2-t_0=\Delta t_1+\Delta t_2$. Исключив $\frac{C}{C_B}$ из приведенных соотношений, получаем

$$\frac{\Delta t}{\Delta t_1}-1=2\left(\frac{\Delta t}{\Delta t_1+\Delta t_2}-1\right),$$

отсюда $$\Delta t=\Delta t_1\frac{\Delta t_1+\Delta t_2}{\Delta t_1-\Delta t_2}=30\ ^\circ\text{C}.$$

Решение задачи 5

По условию $IR+U=U_0$, $U^2kR+U=U_0$,

1. $U=\frac{-1+\sqrt{1+4kRU_0}}{2kR}=1$ В, сила тока в цепи $I=\frac{U_0-U}{R}=10$ мА,

2. $P=U_0I=15$ мВт.

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 09-04

Решение задачи 1

1. По условию $S_1=v_0t_1-0,5a_\tau t_1^2$, $S_2=\left(v_0-a_\tau t_1\right)t_2-0,5a_\tau t_2^2$, далее $\frac{S_1}{t_1}=v_0-0,5a_\tau t_1$ (1), $\frac{S_2}{t_2}=v_0-a_\tau t_1-0,5a_\tau t_2$ (2). Из (1) вычитаем (2), получаем $\frac{S_1}{t_1}-\frac{S_2}{t_2}=a_\tau t_1+0,5a_\tau t_2-0,5a_\tau t_1$,

отсюда

$$a_\tau=\frac{2\left(\frac{S_1}{t_1}-\frac{S_2}{t_2}\right)}{t_1+t_2}=1\ \text{м/с}^2,$$

1. $v_0 = \dfrac{S_1}{t_1} + 0,5 a_\tau t_1 = 10$ м/с.

2. $|\vec{a}| = \sqrt{\left(\dfrac{v_0^2}{R}\right)^2 + \left(a_\tau\right)^2} \approx 1,6$ м/с^2.

Решение задачи 2

1. $S = \dfrac{g T_1 T_2}{2} = 60$ м.

2. $T = 2\dfrac{v_0}{g} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = 5$ с.

$v_0 \cos\left(\dfrac{\pi}{2} - \alpha\right) = v_0 \sin\alpha = \dfrac{gT_2}{2}$

3. $R = \dfrac{\left(v_0 \cos\left(\dfrac{\pi}{2} - \alpha\right)\right)^2}{g} = \dfrac{g T_2^2}{4} = 40$ м.

Решение задачи 3

1. $S = \dfrac{1}{2} a t_1^2$, $S = \dfrac{1}{2}\dfrac{m}{m+M} g t_1^2$, отсюда

$M = m\left(\dfrac{g t_1^2}{2S} - 1\right) = 4m = 0,8$ кг.

2. $ma = mg - T$, $T = mg - ma = mg\left(1 - \dfrac{m}{m+M}\right) = Mg\dfrac{m}{m+M}$

$F = Mg + T = Mg\dfrac{2m+M}{m+M} = 9,6$ Н.

Решение задачи 4

$\Delta t = \Delta t_1 \dfrac{\Delta t_2}{2\Delta t_1 - \Delta t_2} = 45$ ºС. (см. решение задачи 9-3-4)

Решение задачи 5

По условию $IR + U = U_0$, $U^2 kR + U = U_0$,

1. $U = \dfrac{-1 + \sqrt{1 + 4kRU_0}}{2kR} = 2$ В, сила тока в цепи $I = \dfrac{U_0 - U}{R} = 80$ мА,

2. $P = U_0 I = 0,32$ Вт.