# *Решение вступительной олимпиады по физике. 9 класс. 2025*

## 1. *Полет ядра*

Пушка стреляет ядрами массой $m = 4$ кг, и сразу после выстрела ядро имеет кинетическую энергию $E_0 = 9800$ Дж.

А) Пусть ядро ударило в вертикальную башню замка, причем перед ударом скорость ядра направлена горизонтально. На какой высоте ударилось ядро, если к моменту удара его кинетическая энергия уменьшилась на 36 %?

Б) Отскочив горизонтально, ядро потеряло 64 % от своей кинетической энергии перед ударом. Как далеко от башни упадет ядро? Сопротивление воздуха не учитывайте.

**Ответ: А)** 88,2 м (90 м при $g = 9{,}8$ м/с$^2$). **Б)** 141,12 м (144 м при $g = 9{,}8$ м/с$^2$).

**Решение: А)** По закону сохранения энергии (принимаем начальную потенциальную энергию за 0):
$E_0 + 0 = E_{\text{кин}1} + mgh$, где $E_{\text{кин}1} = (100\% - 36\%)E_0 = 0{,}64E_0 \Rightarrow mgh = 0{,}36E_0 \Rightarrow$
$h = 0{,}36E_0/mg.$ (*)

Численно: $h = 0{,}36 \cdot \frac{9800}{4\cdot 10} = 88{,}2$ м.

*Если взять* $g = 9{,}8$ м/с$^2$*, то* $h = 90$ **м.**

**Б)** По условию после отскока: $\frac{mv_2^2}{2} = (100\% - 64\%)E_{\text{кин}1} = 0{,}36E_{\text{кин}1} = 0{,}36 \cdot 0{,}64E_0 \Rightarrow v_2 = 0{,}48\sqrt{\frac{2E_0}{m}}.$

Эта скорость горизонтальна. Время падения находится из соотношения: $y = h - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Тогда дальность по горизонтали удаления точки падения от стены:

$$l = v_2 t = 0{,}96\sqrt{\frac{E_0 h}{mg}}.$$

Из (*) $E_0 = mgh/0{,}36 \Rightarrow l = 1{,}6h = 141{,}12$ м. *Если взять* $g = 9{,}8$ м/с$^2$*, то* $l = 144$ м.

## 2. *Маша и мороженое*

Маша ест мороженое только растаявшим, хотя и хранит в морозильнике. Как-то Маша купила контейнер мороженого и заморозила его до определенной температуры, но затем её брат Петя вытащил контейнер и положил на батарею. Спустя время $t_1 = 12$ мин Маша обнаружила контейнер, съела всё растаявшее мороженое (его было по массе половина), убрав остальное в морозилку. Во 2-й раз Маша купила 4 таких же контейнера мороженого и так же заморозила, но Петя вытащил и поставил на батарею все четыре. Теперь Маша обнаружила контейнеры на батарее через $t_2 = 6$ мин и снова съела все растаявшее мороженое, которого оказалось по массе столько же, сколько в 1-й раз.

А) Найдите температуру замерзшего мороженого. Считайте, что батарея греет каждый контейнер с одинаковой мощностью, а растаявшее мороженое очень хорошо проводит тепло.

Б) В 3-й раз Маша поставила один контейнер замерзшего мороженого на стол, а сама увела Петю гулять. Сколько она должна гулять с братом, если хочет, придя, сразу съесть всё мороженое? Считайте, что на столе мороженое получает тепло в 5 раз медленнее, чем на батарее.

*Если нужно*: удельные теплоемкости замерзшего мороженого $c_м = 2{,}0\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot{}^\circ\text{C}}$, растаявшего $c_р = 4{,}0\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}\cdot{}^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления мороженого $\lambda = 320\ \frac{\text{Дж}}{\text{г}}$. Мороженое плавится при $T_0 = 0°C$.

**Ответ: А)** $-40°C$. **Б)** 100 мин.

**Решение: А)** Пусть мощность нагрева батареей одного контейнера массы $m$ равна $P$. Эта мощность пошла на нагрев всей массы мороженого от начальной температуры $-T°C$ до температуры таяния $0°C$, и плавление массы $\frac{m}{2}$ .

Записываем уравнение теплового баланса для первого случая: $Pt_1 = cm\big(0 - (-T)\big) + \lambda\frac{m}{2}$ или
$Pt_1 = cmT + \lambda\frac{m}{2}.$ (1)

Во втором случае контейнеров 4, мощность их общего нагрева батареей $4P$ , но плавится снова $\frac{m}{2}$:
$4Pt_2 = 4cmT + \lambda\frac{m}{2}.$ (2)

Поделив уравнение (2) на уравнение (1) получим:
$\frac{4t_2}{t_1} = \frac{4cT+\frac{\lambda}{2}}{cT+\frac{\lambda}{2}}.$

Из этого соотношения можно найти неизвестное $T$ или сразу подставив числа или перемножив перекрестные члены пропорции и решив уравнение относительно $T$: $T = \frac{\lambda}{8c}\frac{4t_2 - t_1}{t_1 - t_2}$. Подставляя числа: $T = \frac{320000}{8\cdot 2000}\cdot\frac{4\cdot 6 - 12}{12 - 6} = 40^0 C$.

**Б)** Запишем условия таяния всей массы контейнера мороженного m при условии мощности $\frac{1}{5}P$:

$\frac{1}{5}Pt = cmT + \lambda m.$ (3).

Решаем совместно уравнения (1), (2) и (3). Например, вычитая из уравнения (3) уравнение (1) получим $\frac{1}{5}Pt - Pt_1 = \lambda\frac{m}{2}$, а вычитая из учетверенного уравнения (1) уравнение (2) получим: $4Pt_1 - 4Pt_2 = 3\lambda\frac{m}{2}$.

Поделив эти уравнения друг на друга, получим $\left(\frac{1}{5}t - t_1\right)/(4t_1 - 4t_2) = 1/3$, откуда

$t = 5\left(\frac{7}{3}t_1 - \frac{4}{3}t_2\right) = 100$ мин.

_Замечание:_ из условий задачи нельзя по отдельности найти массу контейнера $m$ и мощность его нагрева $P$.

### *3. Силачи-толкачи*

На дорожке со специальным покрытием Никита, прикладывая свою максимальную горизонтальную силу, может сдвинуть легкий контейнер с грузом $m_1$ = 600 кг, а Петя – такой же контейнер с грузом $m_2$ = 800 кг. В контейнеры обоих силачей нагрузили по $m = 400$ кг, и они, прикладывая каждый свою максимальную силу, толкают их от точки старта вдоль дорожки в течение времени $t = 6$ с. Каким будет расстояние между контейнерами, когда контейнеры остановятся? Коэффициент трения контейнеров о дорожку $\mu = 0{,}3$, силачи прикладывают постоянную силу.

**Ответ:** 67,5 м.

**Решение:** Если тело на горизонтальной поверхности имеет массу $M$, то его сила реакции опоры $N = Mg$, а максимальная сила трения $F_т = \mu Mg$. Тем самым максимальная горизонтальная сила Никиты, позволяющая сдвинуть ему контейнер с его максимальным грузом, равна $F_1 = F_{Т1} = \mu m_1 g$, а максимальная сила Пети – $F_2 = F_{Т2} = \mu m_2 g$.

Напишем 2-й закон Ньютона по горизонтали и найдем ускорения груза $m$, когда его толкает горизонтально кто-то из силачей: $F_1 - F_т = ma_1$ для Никиты и $F_2 - F_т = ma_2$ для Пети, то есть:

$$\begin{cases}\mu m_1 g - \mu m g = ma_1,\\ \mu m_2 g - \mu m g = ma_2.\end{cases}$$

Получаем

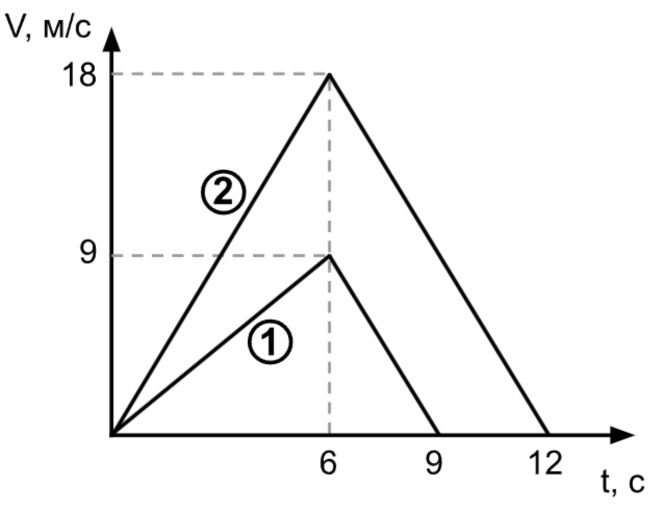
$a_1 = \mu g(m_1 - m)/m = 0{,}5\mu g = 1{,}5$ м/с$^2$, $a_2 = \mu g(m_2 - m)/m = \mu g = 3$ м/с$^2$.

За время $t = 6$ с каждый из контейнеров с грузом достигает своей максимальной скорости $v_1 = a_1 t = 9\frac{м}{с}$, и $v_2 = a_2 t = 18\frac{м}{с}$, а затем оба тормозят с одинаковым ускорением $a = -\frac{F_т}{m} = -\mu g = -3\frac{м}{с^2}$.

До остановки у них еще проходит время $t_1 = -\frac{v_1}{a} = 3$ с и $t_2 = -\frac{v_2}{a} = 6$ с соответственно.

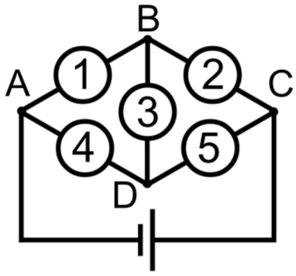
Нарисуем графики зависимости скоростей обоих контейнеров от времени (см. рис), и через площадь под графиками найдем перемещение каждого $S_1 = 1/2\cdot 9\cdot 9 = 40{,}5$ м и $S_2 = 1/2\cdot 12\cdot 18 = 108$ м.

Расстояние между контейнерами станет $S = S_2 - S_1 = 108 - 40{,}5 = 67{,}5$ м.



### 4. *Лампочки*

На схему из разных лампочек (см. рисунок) подано напряжение $U = 12$ В. При этом напряжения на участках AB и CD соответственно равны $U_{AB} = 3$ В и $U_{CD} = 4$ В. Оказалось, что все лампочки под номерами 1, 3 и 5 имеют в схеме одинаковую мощность $P = 12$ Вт.




А) У какой из лампочек с нечетными номерами наибольшее сопротивление?

Б) У какой из всех лампочек в схеме наименьшая мощность?

**Ответ: А)** лампочка №3. **Б)** лампочка №4.

**Решение: А)** Запишем соотношения между напряжениями:

$$U_{CB} + U_{BA} = U \Rightarrow U_{CB} = U - U_{BA} = 9 \text{ В},$$
$$U_{CD} + U_{DB} = U_{CB} \Rightarrow U_{DB} = U_{CB} - U_{CD} = 5 \text{ В},$$
$$U_{DA} = U - U_{CD} = 8 \text{ В}.$$

*Знак напряжения показывает направление протекания тока – через 3 лампочку ток течет от D к B (во всей цепи от C к A)*

Итак, мы нашли напряжения на всех лампочках: $U_1 = U_{BA} = 3$ В, $U_2 = U_{CB} = 9$ В, $U_3 = U_{DB} = 5$ В, $U_4 = U_{DA} = 8$ В, $U_5 = U_{CD} = 4$ В.

Мощность на лампочке $P = U^2/R$, поэтому $R = U^2/P$. Если мощности на лампочках с нечетными номерами равны, то у (нечетной) лампочки с наибольшим напряжением наибольшее сопротивление. Таким образом, это лампочка №3**.**

**Б)** Найдем токи на лампочках №1, №3 и №5: $P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U}$, откуда:

$$I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{12}{3} = 4 \text{ А}, \qquad I_3 = \frac{P}{U_3} = \frac{12}{5} = 2{,}4 \text{ А}, \qquad I_5 = \frac{P}{U_5} = \frac{12}{4} = 3 \text{ А}.$$

В узел $B$ втекают токи $I_2$ и $I_3$ и вытекает ток $I_1$, поэтому: $I_1 = I_2 + I_3$, откуда $I_2 = I_1 - I_3 = 4 - 2{,}4 = 1{,}6$ А.

Аналогично для узла D: $I_3 + I_4 = I_5$, откуда $I_4 = I_5 - I_3 = 3 - 2{,}4 = 0{,}6$ А.

Мощности на лампочках:

$P_2 = U_2 I_2 = 9 \cdot 1{,}6 = 14{,}4$ Вт,

$P_4 = U_4 I_4 = 8 \cdot 0{,}6 = 4{,}8$ Вт.

Поскольку по условию $P_1 = P_3 = P_5 = P = 12$ Вт, то наименьшая мощность у лампочки №4.