



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

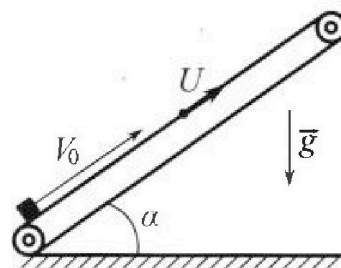
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

m



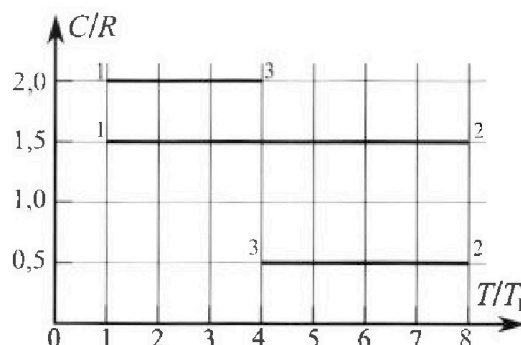
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

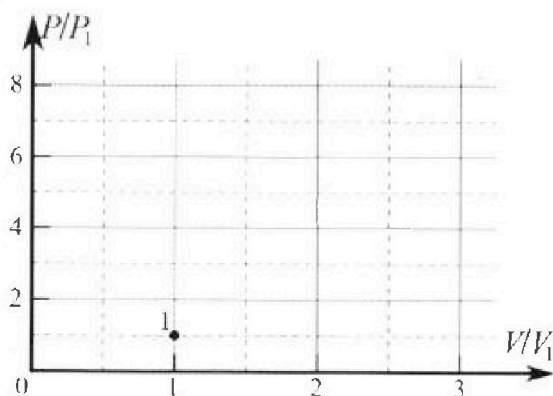
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

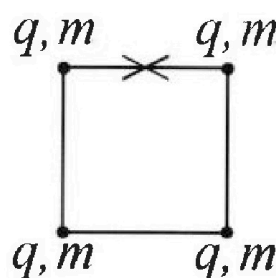


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

$$\alpha = 45^\circ$$

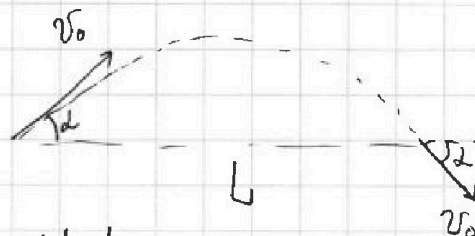
$$L = 20 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

$$H = 3,6 \text{ м}$$

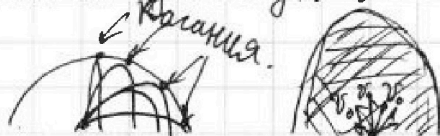
$$S = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$v_0 \cos \alpha t = L$$

Посмотрим ~~зону~~ до которой футболист
может докинуть мяч.



$$x = v_0 \cos \beta t \rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$$

$$y = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = \frac{v_0 \sin \beta \cdot x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = 1 + \tan^2 \beta$$

$$y = \tan \beta x - \frac{g x^2}{2 v_0^2} \cdot (1 + \tan^2 \beta)$$

$$\tan^2 \beta \cdot \frac{g x^2}{2 v_0^2} - \tan \beta \cdot x + y + \frac{g x^2}{2 v_0^2}$$

видно очевидно, что в точке

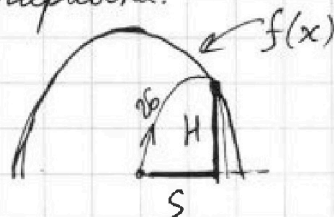
~~до~~ до которой футболист может докинуть мяч одним
способом будет летать наискорейшей границе зоны $\Rightarrow D=0$

$$D = x^2 - \frac{4 y x^2}{2 v_0^2} \cdot \left(y + \frac{g x^2}{2 v_0^2} \right) = 0 \quad | \cdot \frac{2 v_0^2}{g x^2}$$

$$f(x) = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g x^2}{2 v_0^2} = y \quad \text{видим, что это парабола.}$$

подставим $y=H$ и $x=S$

$$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = H$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1



2



3



4



5



6



7



 МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = H$$

$$\sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} - H\right) \cdot \frac{2v_0^2}{g}} = S = \sqrt{\left(\frac{200}{20} - 3,6\right) \cdot \frac{2 \cdot 200}{10}} = \sqrt{6,4 \cdot 40} = \sqrt{64 \cdot 54} = 16 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 1052 \text{ м/с}$; $S = 16 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

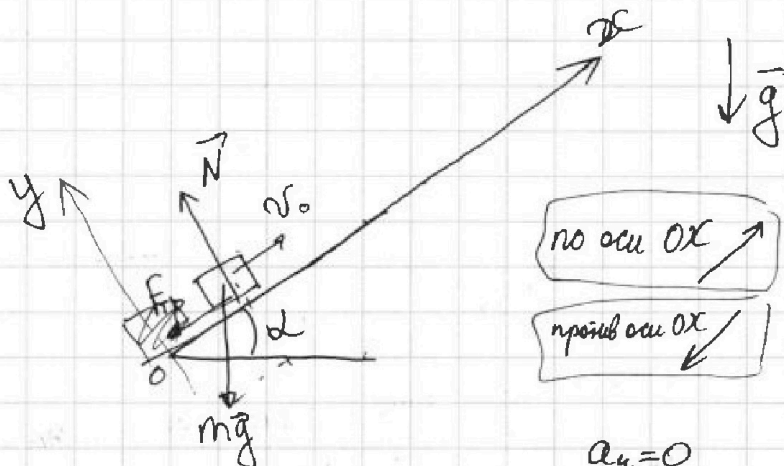
$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5 = \frac{1}{2}$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$\text{II закон Ньютона на ось } Oy: \vec{N} + m\vec{g} \cos \alpha = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |N| = |mg \cos \alpha|$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

сила трения направлена против движения.

заметьте, что $\mu = 0,5 < \operatorname{tg} \alpha = 0,75$, значит коробка не будет
покоиться на протяжении времени на транспорте.

$$\text{II закон Ньютона на ось } OX: ma_x = -mg \sin \alpha \pm \mu mg \cos \alpha$$

зависит от того куда
движется. Тогда
относит.
транспорте
ра

1) сначала сила трения направлена против оси OX.
 a_{x1} - ускор. в данной ситуации.

$$ma_{x1} = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha \rightarrow a_{x1} = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -10 \text{ м/с}^2$$

проверим, меняется ли своё направление сила трения через
время $T = 1 \text{ с}$.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

v_k - скорость коробки через время T

$$v_0 + a_{x1}T = v_k$$

$$v_k = v_0 - Tg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 6 - 1 \cdot 10 \cdot (0,6 + 0,8 \cdot 0,5) = -4 \text{ м/с}. v_k < 0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ Получается, что сила трения меняет своё направление.

Найдём момент времени, когда это произойдёт T_3

в этом случае скорость коробки отн. трансп. обнулится, а

так как транспортёр пойдёт со скоростью коробки обнулится

$$v_0 + a_{x1}T_3 = 0$$

$$T_3 = \frac{v_0}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{6}{10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)} = 0,6 \text{ с.}$$

~~а~~ a_{x2} уск, когда $F_{тр}$ направлена в по оси ОХ.

$$ma_{x2} = \mu mg\cos\alpha - mg\sin\alpha$$

$$a_{x2} = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 - 0,6) = -2 \text{ м/с}^2$$

в такой ситуац. коробка будет двигаться время $T_2 = T - T_3 = 0,4 \text{ с.}$

S_1 - путь пройденный за время T_3

S_2 - путь пройденный за время T_2 .

$$S = |S_1| + |S_2|$$

$$S_1 = v_0 T_3 + \frac{a_{x1} T_3^2}{2} = 6 \cdot 0,6 + \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 1,8 \text{ м}$$

$$S_2 = 0 \cdot T_2 + \frac{a_{x2} T_2^2}{2} = \frac{-2 \cdot 0,4^2}{2} = -0,16 \text{ м}$$

$$\rightarrow S = 1,8 + 0,16 = \underline{1,96 \text{ м}}$$



1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода нелопустима!

Вывоз сделан по рисунку в условии
 Теперь транспортёр движется по направлению оси OY со скоростью $U = 1 \text{ м/с}$ сначала сила трения будет направлена против оси OX, $\Rightarrow a_x = a_{x1}$

~~Затем~~ ~~когда~~ ~~это~~

1 случай ~~скор~~ конечная скорость "U" коробки направлена по оси OX. Время движ = T_{11}
~~Скорость~~ скорость коробки относительно транспорта обнулятся. $\Rightarrow$ при дальнейшем движении в случае 2 ^{сила} трения будет направлена по оси OX.

* для первого случая. ~~время движ~~ $(v_0 - U) + a_{x1} T_{11} = 0$

$$T_{11} = \frac{v_0 - U}{-a_{x1}} = \frac{6 - 1}{-10} = 0,5 \text{ с}$$

во втором случае конечная скорость "U" коробки направлена против оси OX. время движ = T_{12}

$$T_{12} = T_{11} + \frac{-U - U}{a_{x2}} = 0,5 + \frac{-2}{-2} = 1,5 \text{ с}$$

~~Затем~~ ~~за время~~ ~~это~~ время T_4 - это время через которое скорость коробки обнулятся после начала второго опыта.

$$T_4 = T_{11} + \frac{0 - U}{a_{x2}} = 0,5 + \frac{-1}{-2} = 1 \text{ с}$$

$$L = v_0 \cdot T_{11} + \frac{a_{x1} T_{11}^2}{2} + U(T_4 - T_{11}) + \frac{a_{x2} (T_4 - T_{11})^2}{2} = 6 \cdot 0,5 + \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} + 1 \cdot (1 - 0,5) + \frac{-2 \cdot (1 - 0,5)^2}{2} = 3 - 1,25 + 0,5 - 0,25 = 2 \text{ м}$$

Ответ: $S = 1,96 \text{ м}$; $T_1 = 0,5 \text{ с}$ или $1,5 \text{ с}$; $L = 2 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



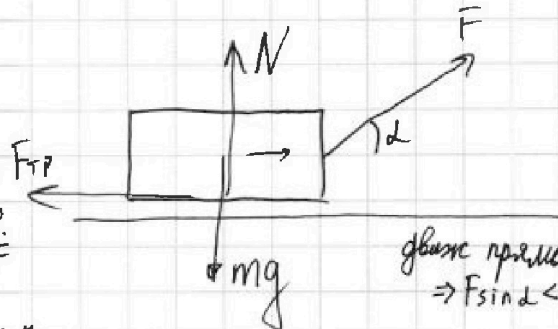
$K; \alpha$ $l_1 = l_2 = l$ ^{пути разгона.}

$\mu = ?$

$S = ?$

v - скорость в момент прекращения действ. силы F
 ~~v - скорость~~

$$K = \frac{mv^2}{2}$$



движ. прямолинейно $\Rightarrow F \sin \alpha < mg$

$$F_{тр} = \mu N$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha \quad \text{так как } a_y = 0$$

$$\text{ЗУЭ: } F \cos \alpha l - \mu (mg - F \sin \alpha) l = K \rightarrow F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = \frac{K}{l}$$

Теперь ЗУЭ для второй ситуации:

$$N_2 = mg$$

$$Fl - \mu mgl = K \rightarrow F - \mu mg = \frac{K}{l} \rightarrow -\mu mg = \frac{K}{l} - F$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$$

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$F_{тр}$ после достижения кинет. эк. $\frac{F_{тр}}{F} = \mu N_2$ (в общем случае одинаков).
 $F_{тр} = \mu mg$

$$\cancel{K - \mu F_{тр} S = 0}$$

масса санок m известна.

$$\text{ЗУЭ: } \cancel{K - \mu F_{тр} S} \rightarrow \cancel{\frac{mv^2}{2} - \mu mg S} \quad K - F_{тр} S = 0$$

$$K = \mu mg S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; S = \frac{K}{\mu mg}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$$

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$T_1 = T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$C_{23} = \frac{1}{2} R$$

$$T_3 = 4T_1$$

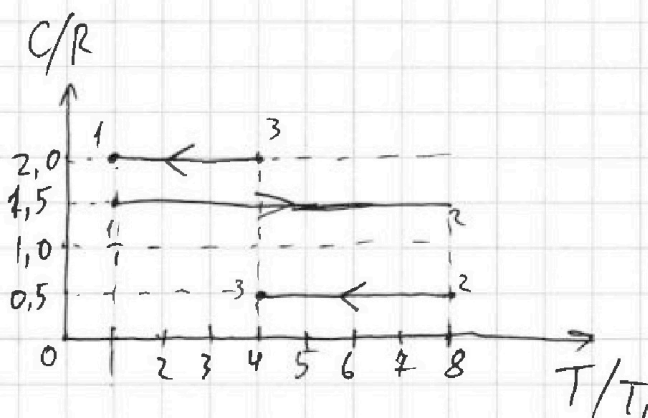
$$C_{31} = 2R$$

$$Q_{12} = C_{12} \Delta T$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot (8T_1 - T_1) = C_{12} \cdot 7T_1 = 7C_{12}T_1 > 0$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot (4T_1 - 8T_1) = -C_{23} \cdot 4T_1 = -4C_{23}T_1 < 0$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - 4T_1) = -C_{31} \cdot 3T_1 = -3C_{31}T_1 < 0$$



$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \frac{i}{2} \nu (pV) + \cancel{pV} A$$

$$C \Delta T = \frac{i}{2} \nu pV + A$$

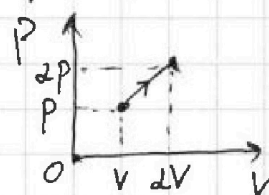
заметим, что для $C = 2R$ при одноатомн. газе соответствует ~~зависимость~~ прямая пропорциональность pV !

$$pV = \nu RT \quad 2pV = \nu RT_K \Rightarrow T_K = 2T$$

$$Q = C(\Delta T) = \frac{i}{2} (2p \cdot 2V - pV) + \frac{p+2p}{2} (2V - V)$$

$$CT(2-1) = \frac{3}{2} pV(2-1) + \frac{pV}{2}(2-1)$$

$$C = \cancel{2R} 2R, \quad \text{при } \nu = 1 \quad \underline{C = 2R}$$



, а для $C = 1,5R$ изохорный процесс.

$$C \cdot \frac{p_2 V - p_1 V}{\nu R} = \frac{3}{2} (p_2 V - p_1 V) \quad C = \frac{3}{2} \nu R \quad \text{при } \nu = 1 \quad \underline{C = \frac{3}{2} R}$$

α и β некие коэффициенты.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (\nu = 1 \text{ моль})$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2 \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = 8 p_1$$

1 → 2: изохорный

3 → 1: прямая пропорция.

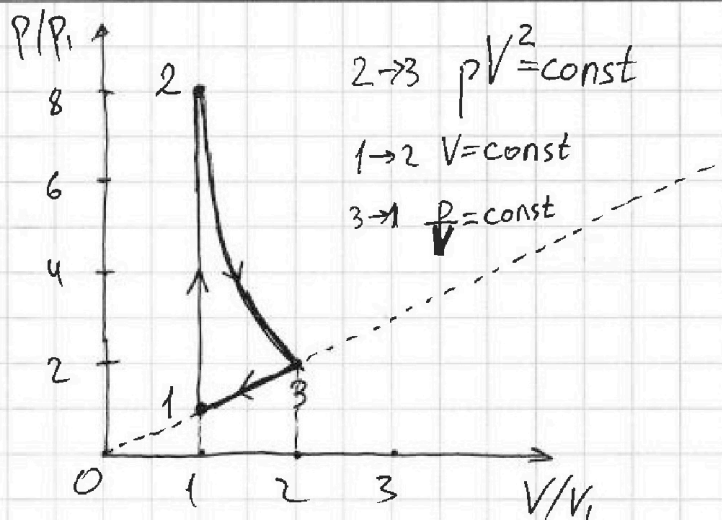
$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_3 = \beta p_1 ; V_3 = \beta V_1$$

$$\beta^2 p_1 V_1 = \nu R \cdot 4 T_1$$

$$\beta^2 = 4 \rightarrow \beta = 2 \Rightarrow p_3 = 2 p_1 ; V_3 = 2 V_1$$



Заметим, что процессу с теплоемкостью $C = \frac{1}{2} R$ соответствует процесс $pV^2 = \text{const}$ ($i=3$!!!)

Рассмотрим некий процесс 7 → 8, где $pV^2 = \text{const}$.

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_8 V_8 - p_7 V_7)$$

$$p_7 V_7 = \nu R T_7$$

$$p_8 V_8 = \nu R T_8$$

$$T_8 - T_7 = \frac{p_8 V_8 - p_7 V_7}{\nu R}$$

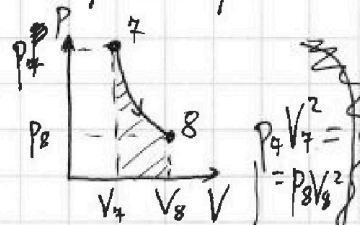
$$p_7 V_7^2 = p_8 V_8^2 = p V^2$$

$$p = \frac{p_7 V_7^2}{V^2}$$

$$A = \int_{V_7}^{V_8} p dV$$

$$A = \int_{V_7}^{V_8} \frac{p_7 V_7^2}{V^2} dV = -\frac{p_7 V_7^2}{V_8} + \frac{p_7 V_7^2}{V_7}$$

$$A = p_7 V_7 - p_8 V_8$$



$$C \cdot \frac{p_8 V_8 - p_7 V_7}{\nu R} = \frac{3}{2} \cdot (p_8 V_8 - p_7 V_7) - 1(p_8 V_8 - p_7 V_7)$$

$$C = \frac{1}{2} \nu R \quad \text{при } \nu = 1 \quad C = \frac{R}{2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Теперь получив график цикла посчитаем A_{31} и η

$$A_{31} = \frac{p_1 + 2p_1}{2} \cdot (2V_1 - V_1) = p_1 V_1 \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 200 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж}$$

$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 300 \\ \hline 2493,0 \end{array}$
 работа над газом

Q_- отведённое тепло за весь цикл

Q_+ подведённое тепло за весь цикл.

$$\eta = 1 - \frac{|Q_-|}{|Q_+|}$$

$$|Q_-| = |Q_{23}| + |Q_{31}|$$

$$|Q_+| = |Q_{12}|$$

$$\eta = 1 - \frac{|-4C_{23}T_1 - 3C_{31}T_1|}{7C_{12}T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{|3C_{31} + 4C_{23}|}{7C_{12}} = 1 - \frac{|3 \cdot 2 + 4 \cdot 0,5|}{7 \cdot 1,5} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$

Ответ: $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$; $\eta = \frac{5}{21}$

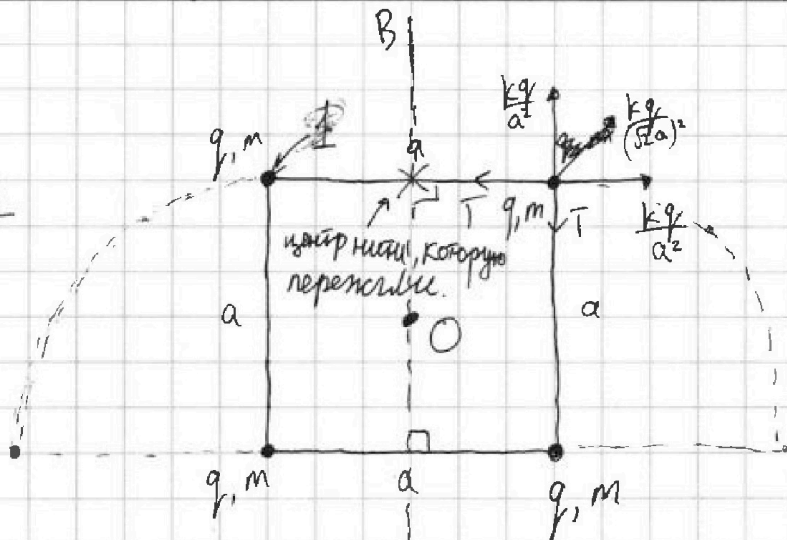
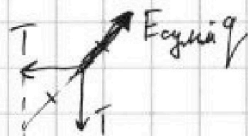
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

a, T, ϵ_0 $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
 $K = ?$ $|q| = ?$ $d = ?$

$E_{\text{созд. зарядом}} = \frac{kq}{r^2}$

$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$

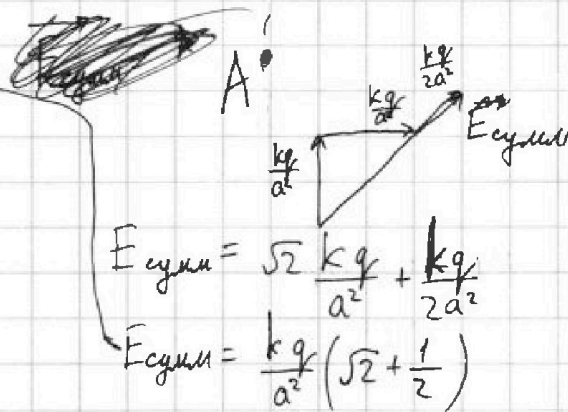


$\sqrt{2} T = E_{\text{сумм}} \cdot q$

$\sqrt{2} T = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{k q^2}{a^2}$

$\left(\frac{\sqrt{2} T a^2}{\sqrt{2} + \frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{k}\right) = q^2$

$|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1} \cdot \frac{a^2 T}{(4\pi\epsilon_0)^{-1}}}$



$E_{\text{сумм}} = \sqrt{2} \frac{kq}{a^2} + \frac{kq}{2a^2}$

$E_{\text{сумм}} = \frac{kq}{a^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right)$

при системе замкнута. Внешние силы ~~отсутствуют~~ (пренебрежимо малы)

значит энергия и импульс ~~ее~~ системы сохраняются и центр масс покоится.
 Очевидно, что шарики будут двигаться симметрично относительно прямой АВ проходящей перпендикулярно через центр пережимаемой нити лежащей в плоскости зарядов.

$\varphi_1 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}$

$\varphi_1 = \frac{kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$

потенциал ~~в точке~~ зарядов в начальн. полож.

потенциал на очень большом рас. от системы.

$\varphi_{\infty} = 0$

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

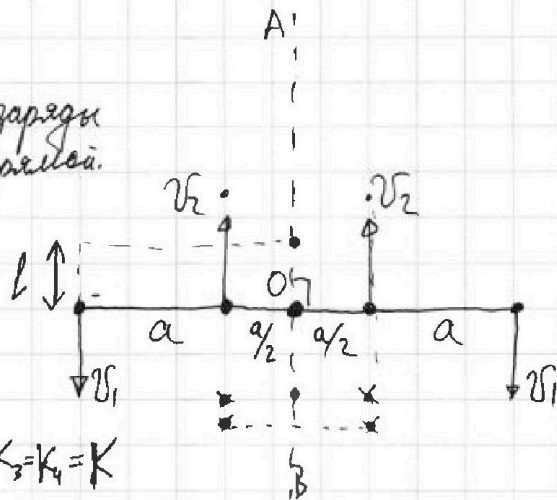
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

момент, когда ~~ни~~ заряды
оказались на одной прямой.

ЗСШ на ось АВ.

$$q\varphi_1 + m\varphi_1 - m\varphi_2 - m\varphi_2 = 0$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi \Rightarrow K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K$$



O - точка центра масс, очевидно она
на нить проходит через эту точку и
точка O делит нить пополам.

$$\text{значит } l = \frac{a}{2}$$

φ_2 потенциал крайнего заряда
когда все заряды на одн. прямой.

φ_3 пот. внутреннего заряда.

$$d = \sqrt{\left(\frac{3}{2}a\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a}{2} \sqrt{10} = a \cdot \sqrt{\frac{5}{2}}$$

Ответ! $|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}+1} \cdot \frac{a^2 T^{\frac{2}{3}}}{(4\pi\epsilon_0)^{\frac{2}{3}}}}; d = a \cdot \sqrt{\frac{5}{2}};$

$$\varphi_2 = \frac{kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{11}{6}$$

$$\varphi_3 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{5}{2}$$

$$\frac{4\varphi_1 - 2\varphi_2 - 2\varphi_3}{2} - 4K = 0$$

$$2\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_3 = 4K$$

$$4K = \frac{kq^2}{a} \cdot \left(4 + \sqrt{2} - \frac{11}{6} - \frac{5}{2}\right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(-\frac{1}{3} + \sqrt{2}\right)$$

$$K = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right),$$

$$\text{где } |q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} a^2 T \cdot 4\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2}+1}}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$8p_1 V_1^2 = n p_1 \left(\frac{3}{2} k T\right)$$

$$8 = \frac{4}{3} n \quad n = \frac{32}{3}$$

t - полное время полёта мяча.

$$1) v_0 \cos \alpha t = L$$

подставим t из 2) в 1) $v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = L$

$$v_0^2 \sin 2\alpha = L \rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin(45^\circ)}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

$$T = \frac{k q^2}{r^2} \quad g = \sqrt{\frac{T r^2}{k}}$$

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$Q = C_\alpha T$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\frac{10 \cdot 200}{20} - \frac{10 \cdot 400}{400} = 0$$

$$48 R V_1^\gamma = 2 R \cdot (2 V_1)^\gamma$$

$$4 V_1^\gamma = 2^\gamma V_1^\gamma$$

$$\gamma = 2$$

$$pV^2 = \text{const}$$

$$C_\alpha T$$

$$T_2 - T_1 = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R}$$

$$C \left(\frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} \cdot (p_2 V_2 - p_1 V_1) + p_1 V_1 - \frac{p_1 V_1^2}{V_2}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2$$

$$pV^2 = p_1 V_1^2$$

$$p = \frac{p_1 V_1^2}{V^2}$$

$$A = \int p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 V_1^2}{V^2} dV = \frac{V_2}{V_1} - \frac{p_1 V_1^2 \cdot 1}{V} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1 = \frac{3+2+6}{6} = \frac{11}{6}$$

$$V_1 = -\frac{p_1 V_1^2}{V_2} + p_1 V_1$$

$$-p_2 V_2 + p_1 V_1$$

$$1 - \frac{Q}{Q_+} = \frac{4 - \frac{11}{6} - \frac{5}{2}}{13}$$

$$Q_+ = A + \Delta U \quad Q_+ = \frac{24}{6} - \frac{11}{6} - \frac{15}{6} = -\frac{1}{3}$$

$$Q = A - \Delta U \quad Q = \frac{24}{6} - \frac{11}{6} - \frac{15}{6} = -\frac{1}{3}$$

