



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.

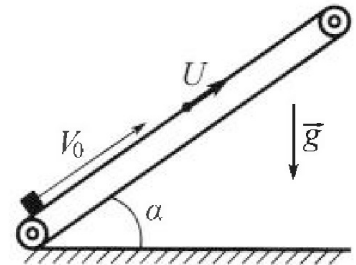
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

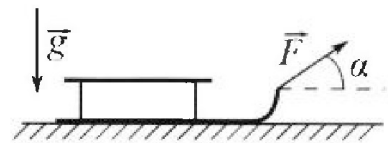
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

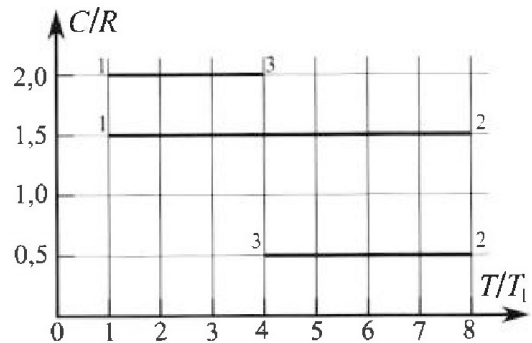
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

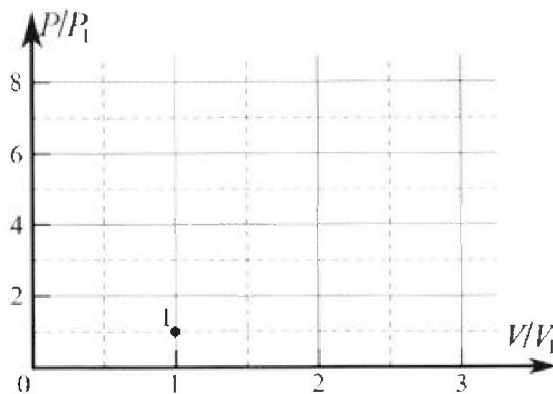
Вариант 10-02

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).

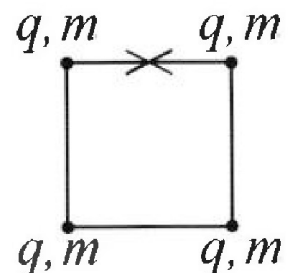


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

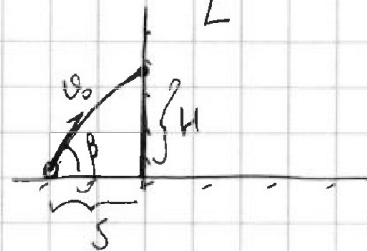
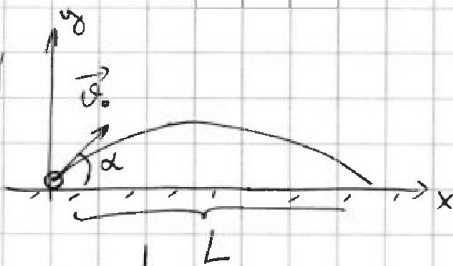
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$\sqrt{3}$
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $H = 3,6 \text{ м}$
 $v_0 = ?$
 $S = ?$



$$L = v_0 \cos \alpha t; \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = 14 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

для достижения наибольшей высоты (H),
мех должен сталкиваться со стеной в
самой вершине своей траектории.

$$\begin{cases} H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} \\ t = \frac{v_0 \sin \beta}{g} \\ S = v_0 \cos \beta t \end{cases}$$

$$\begin{cases} H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} \\ S = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} \end{cases}$$

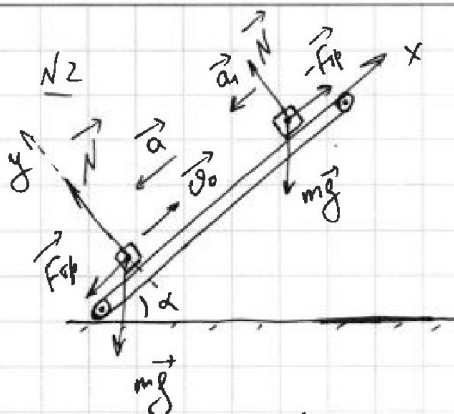
$$\sin \beta = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6}}{14} = 0,6; \quad \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$$S = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{(14)^2 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10} = \frac{200 \cdot 6 \cdot 8}{1000} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 8}{10} = 9,6 \text{ (м)}$$

Ответ: $v_0 = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $S = 9,6 \text{ м}$

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 недопустима!



$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$$y: N = mg \cos \alpha; \quad F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$ox: -a = \frac{-F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha}{m} = \frac{-\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha}{m}$$

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) =$$

$$= 10 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \sqrt{1 - 0,6^2} + 0,6 \right) = 10 \left(\frac{1}{2} \right)$$

т.к. $a = \text{const}$, то коробка движется равноускоренно:

$$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ (с)} - \text{время, за которое коробка}$$

$$- a_1 = \frac{+F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha}{m}; \quad a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 10 \cdot \left(0,6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \right) = 2 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

тогда $S = S_1 + S_2$, где S_1 коробка прошла за t_1 , а S_2 потом

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}; \quad S_2 = \frac{a_1 (T - t_1)^2}{2}; \quad S = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2} + \frac{a_1 (T - t_1)^2}{2} =$$

$$= 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} + \frac{2(1 - 0,6)^2}{2} = 1,96 \text{ (м)}$$

Когда лента транспортера начнет двигаться с $U = \text{const}$, то

можно перейти в ИСО ленты, где ускорения вверх (a) и вниз (a_1) коробки будут такими же

в ИСО ленты: $ox: v_{\text{отн } 0} = v_0 - U$. Когда скорость коробки будет равна U ,

то относительно ленты она двигаться не будет, т.е. $T_1 = \frac{0 - v_{\text{отн } 0}}{-a} = \frac{v_0 - U}{a}$

или когда будет двигаться вниз со скоростью $2U$: $T_2 = \frac{-2 - v_{\text{отн } 0}}{-a} = 0,7 \text{ (с)}$

Скорость коробки обратится в 0, когда она будет двигаться против движения ленты со скоростью равной 1 м/с .

$$T_2 = \frac{-U - (0)}{-a_1} = \frac{U}{a_1}; \quad L = L_1 + L_2, \text{ где } L_1 = (v_0 - U)T_1 - \frac{a T_1^2}{2}$$

$$L_2 = \frac{a_1 T_2^2}{2}; \quad L = (v_0 - U)T_1 - \frac{a T_1^2}{2} + \frac{a_1 T_2^2}{2} = (6 - 1) \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} + \frac{2 \cdot 0,5^2}{2}$$

$$L = L_1 - L_2, \text{ где } L_1 = (v_0 - U)T_1 - \frac{a T_1^2}{2}; \quad L_2 = \frac{a_1 T_2^2}{2}$$

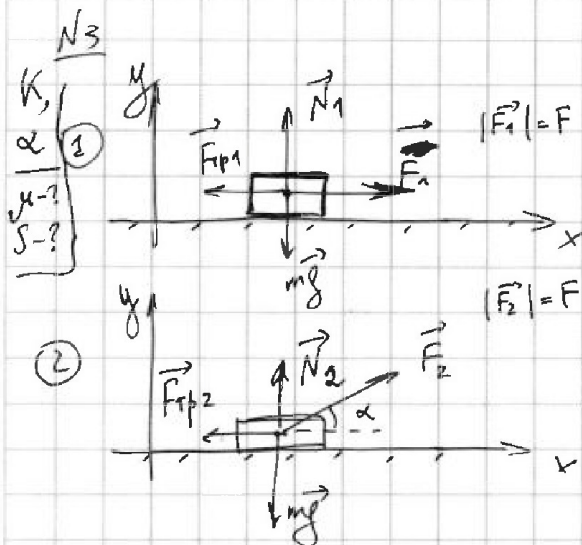
$$L = (v_0 - U)T_1 - \frac{a T_1^2}{2} - \frac{a_1 T_2^2}{2} = (6 - 1) \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} - \frac{2 \cdot 0,5^2}{2} = 1 \text{ (м)}$$

Ответ: $S = 1,96 \text{ м}; \quad T_1 = 0,5 \text{ с}; \quad L = 1 \text{ м}$
 $T_2 = 0,7 \text{ с}$

* скорость коробки будет равна 1 м/с через $0,5 \text{ с}$ и $0,7 \text{ с}$ после старта

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!



Закон изменения мех. энергии:

$$(K+0) - (0+0) = \sum A$$

$$A_{N_2} = A_{N_1} = 0, \text{ т.к. } \vec{N} \perp \vec{v}$$

$$\vec{N}_1 \perp \vec{v}, \vec{N}_2 \perp \vec{v}$$

$$A_{F_{тр1}} = -F_{тр1} \cdot l \quad (\text{пусть } l - \text{длина участка, на котором разгоняют})$$

$$A_{F_{тр2}} = -F_{тр2} \cdot l$$

$$A_{F1} = Fl; \quad A_{F2} = Fl \cos \alpha$$

от: $N_1 = mg; \quad F_{тр1} = \mu mg;$

от: $N_2 = mg - F \sin \alpha; \quad F_{тр2} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

тогда

$$K = -\mu mgl + Fl$$

$$K = -\mu (mg - F \sin \alpha) l + Fl \cos \alpha$$

$$-\mu mgl + Fl = -\mu mgl + \mu Fl \sin \alpha + Fl \cos \alpha$$

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

После прекращения действия силы F : $F_{тр} = \mu mg$,

тогда по закону изменения мех. энергии:

$$(0+0) - (K+0) = A_{F_{тр}} \quad (\text{опять же } A_N = 0)$$

$$K = \mu mg \cdot S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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

$$S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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!

N4

$T_1 = 200 \text{ K}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$A_{31} = ?$
 $\eta = ?$

Т.к. в процессе 3-1 теплоёмкость не изменяется, то

$$C_{3-1} \Delta T = 2R \Delta T = Q = -A + \Delta U = -A + \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$A = -\frac{1}{2} R \Delta T; \Delta T = T_1 - T_3 = T_1 - 4T_1 = -3T_1$$

$$A = \frac{3}{2} R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 2,5 \text{ (кДж)}$$

за цикл: $\sum A + \Delta U_{\text{цикл}} = Q_{\text{цикл}}$, т.е. $\sum A = Q_{\text{цикл}}$
 0, т.к. цр-к замыкается

$$\eta = \frac{\sum A}{Q_{\text{пол}}} = \frac{Q_{\text{цикл}}}{Q_{\text{пол}}} = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1}}{Q_{1-2}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2} R (8T_1 - T_3) + \frac{1}{2} R (4T_1 - 8T_3) + 2R (T_1 - 4T_3)}{\frac{3}{2} R (8T_1 - T_3)} =$$

$$= \frac{12 - \frac{3}{2} - 2 - 6}{10,5} = \frac{10,5 - 8}{10,5} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{21}{2}} = \frac{5}{21} = 0,238$$

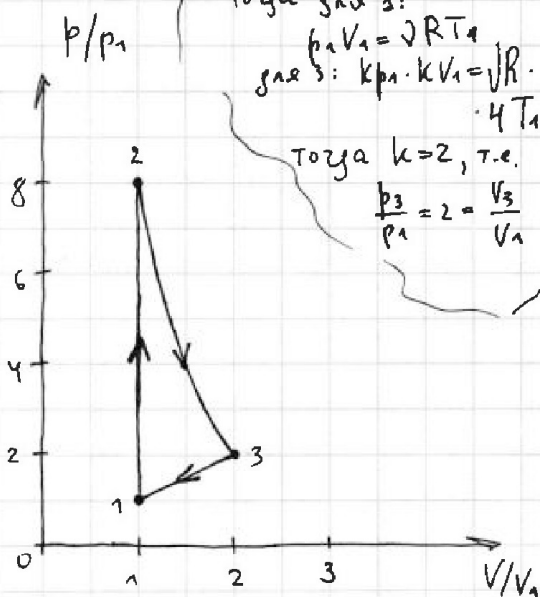
для одноатомного газа: $C_p = \frac{5}{2} R$; $C_v = \frac{3}{2} R$; $pV = \text{const}$; $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

(1-2): $C_{1-2} = \frac{3}{2} R = C_v$, т.е. процесс изохорный: $V = \text{const}$

(2-3): $\gamma_{2-3} = \frac{\frac{1}{2} R - \frac{5}{2} R}{\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R} = \frac{-2R}{-R} = 2$
 $pV^2 = \text{const}$; $p = \frac{\text{const}}{V^2}$ — криволинейная зависимость

(3-1): $\gamma_{3-1} = \frac{2R - \frac{5}{2} R}{2R - \frac{3}{2} R} = \frac{-\frac{1}{2} R}{\frac{1}{2} R} = -1$
 $\frac{p}{V} = \text{const}$ — прямая пропорциональность

Ответ: $A = 2,5 \text{ кДж}$
 $\eta = 0,238$

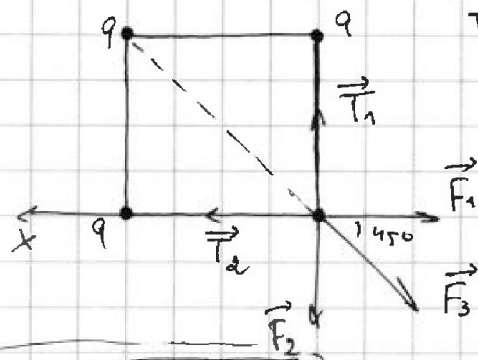


1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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

№5

а
T, ε₀
|q| - ?
K - ?
d - ?



Рассмотрим силы, действующие на один шарик, т.е. в силу симметрии для остальных такая же ситуация.

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

$$\text{ох: } T = F_1 + F_3 \cos 45^\circ$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad T = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

$$|q| = \sqrt{\frac{a^2 T}{\left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) k}}$$

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

т.е. на систему не действуют внешние силы, то ЗСМ: ох:

$$0 = m\varphi_1 - m\varphi_2 - m\varphi_3 + m\varphi_4. \quad \text{В силу симметрии } \varphi_1 = \varphi_4 \text{ и } \varphi_2 = \varphi_3, \text{ тогда}$$

$$2m\varphi_1 = 2m\varphi_2; \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_4,$$

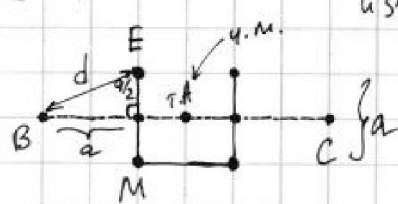
т.е. у всех шариков скорости одинаковы и равны v. (Все скорости шариков направлены перпендикулярно диагонали, потому что нить натянута (т.е. проекции на нее всех скоростей равны) и в силу симметрии скорости должны иметь зеркальные направления отн. оси симметрии.)

$$\text{ЗСЭ: } 4 \cdot \frac{kq^2}{a} + 2 \cdot \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} = 4K + 3 \cdot \frac{kq^2}{a} + 2 \cdot \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \quad \text{AB}$$

кин. энергии шариков одинаковы, т.е. скорости и масса одинаковы.

$$K = \frac{kq^2}{4a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right) = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right) \quad (A_T = 0)$$

Если векторно сложить все силы в системе, то мы получим 0 в любой момент времени (т.к. на систему не действуют внешние силы и по 3-ему закону Ньютона), тогда по теореме о движении центра масс его ускорение в любой момент времени будет нулевым, т.е. ц.м. не изменит положения.



$$\text{тогда } d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{a\sqrt{5}}{2} \quad \left(\begin{array}{l} \text{на рисунке т.А соответствует} \\ \text{ц.м. систем BC и EM в} \\ \text{силу симметрии} \end{array} \right)$$

$$\text{Ответ: } |q| = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 a^2 T}{1 + \frac{\sqrt{2}}{4}}}; \quad K = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right); \quad d = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$



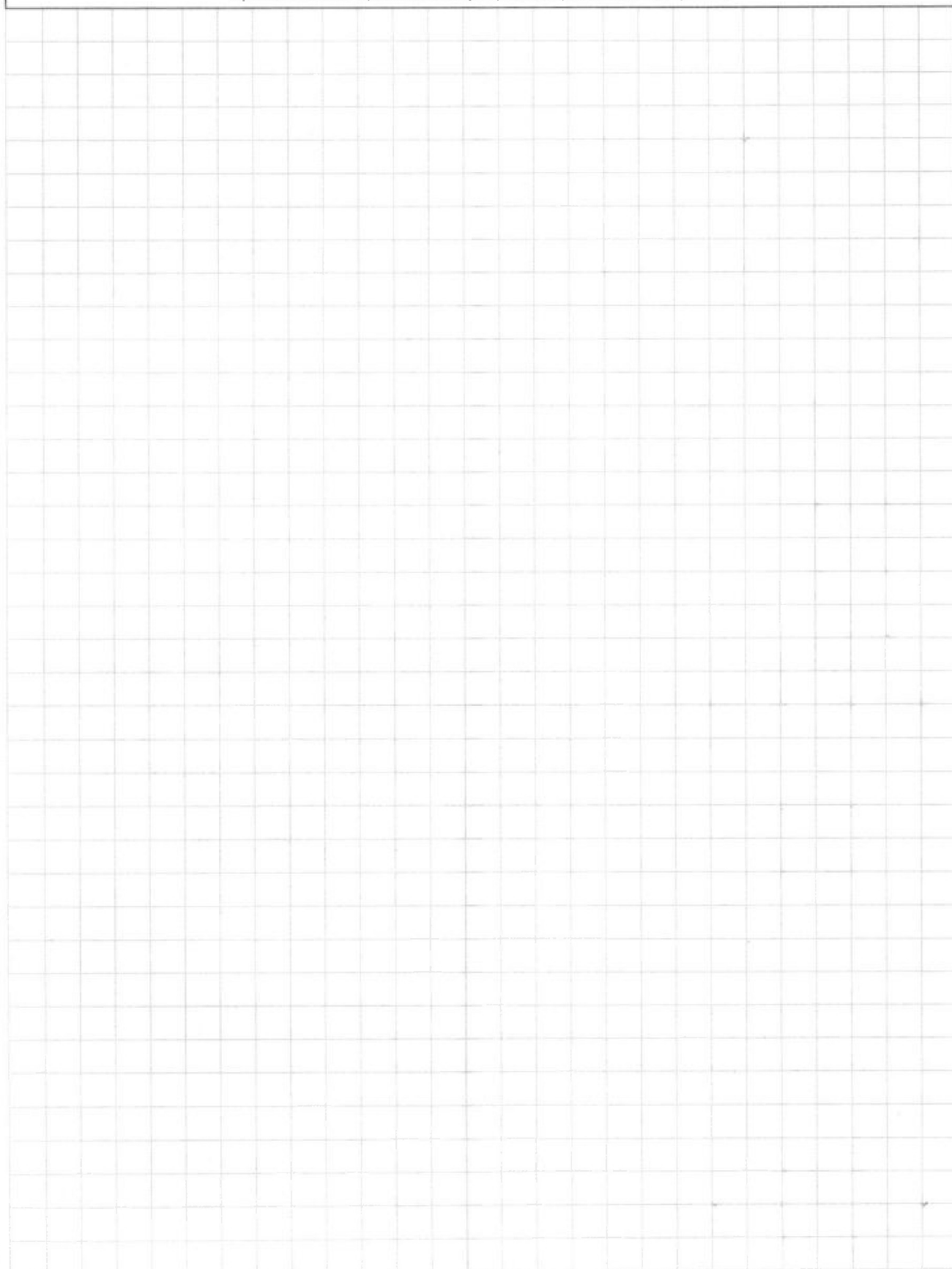
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!



Diagram showing a projectile launched at an angle α with initial velocity v_0 and height H . The horizontal distance is S .

$$\tan \beta = \frac{v_0^2}{gS} \quad \angle = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{2g}{\sin 2\alpha}} = 14 \text{ m/s} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$S \tan \beta - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} = 0$$

$$S = v_0 \cos \beta t \quad t = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

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

$$H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{v_0 \cos \beta} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta} = S \tan \beta - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H' = S \cdot \frac{\cos \beta \cdot \cos \beta + \sin \beta \cdot \sin \beta}{\cos^2 \beta} + \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta} \cdot \frac{1}{\sin \beta} = 0$$

$$0 = \frac{gS^2}{v_0^2} \tan \beta; \quad \tan \beta = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$\tan^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta} \quad \frac{v_0^4}{g^2} - \frac{gS^2}{v_0^2} \left(\frac{v_0^2}{gS} + 1 \right) =$$

$$\frac{gS^2}{2} = \frac{2v_0^2(v_0^2 - H)}{g} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{S}{2} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = H \cdot \frac{2v_0^2}{g}$$

$$2v_0^4 - v_0^2 gS - g^2 S^2 = 2v_0^2 gH$$

$$S^2 g^2 + S(gv_0^2) - 2v_0^4 + 2v_0^2 gH = 0$$

$$100S^2 + 2000S - 20000(200 + 36) = 0$$

$$S + 20S - 944 = 0$$

$$2 = 400 + 844 \cdot 4 \approx$$

$$S = \frac{4000}{2} = 10(200 + 36) = 204$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0} = \frac{\sqrt{10 \cdot 3,6}}{10} = 0,6$$

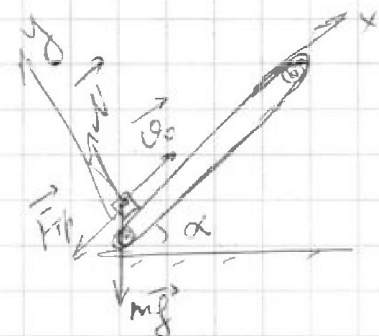
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

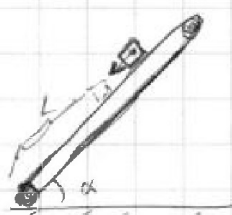


$$a = \frac{\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha}{m} = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$S = v_0 T - \frac{a T^2}{2}$$

$$S = v_0 T - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2} =$$

$$= 6 \cdot 1 - \frac{10 \cdot (0,4 + 0,6) \cdot 1^2}{2} = \underline{1 \text{ (м)}}$$



$$t_{\text{кр}} = T_1 = \frac{v_0 - u}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ (с)}$$

$$\mu mg \cos \alpha \text{ и } mg \sin \alpha$$

$$\mu v t g \alpha \text{ и } v t g \alpha$$

$$0,5 < \frac{5}{10}$$

$$t_{\text{кр}} = t = \frac{(v_0 - u)^{1/2}}{a \cdot 10} = \frac{25}{20} = \underline{1,25 \text{ (м)}}$$

$$5 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 2,5 - \frac{5}{4} = \frac{10}{4} - \frac{5}{4} = \frac{5}{4}$$

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}; S_2 = \frac{a (T - t_1)^2}{2}$$

$$\frac{6^2}{2 \cdot 10} =$$

$$\frac{a \cdot 0,4^2}{2} = 0,16$$

$$L_1 = (v_0 - u) T_1 - \frac{a T_1^2}{2}; L_2 = \frac{a T_2^2}{2}$$

$$2,5 - \frac{5}{4} = \underline{1,25 \text{ (м)}}$$

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

$$1 = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$$

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

$$F_x = F_x \cos \alpha - \mu (mg - F_x \sin \alpha)$$

$$F_x = F_x - \mu mg$$



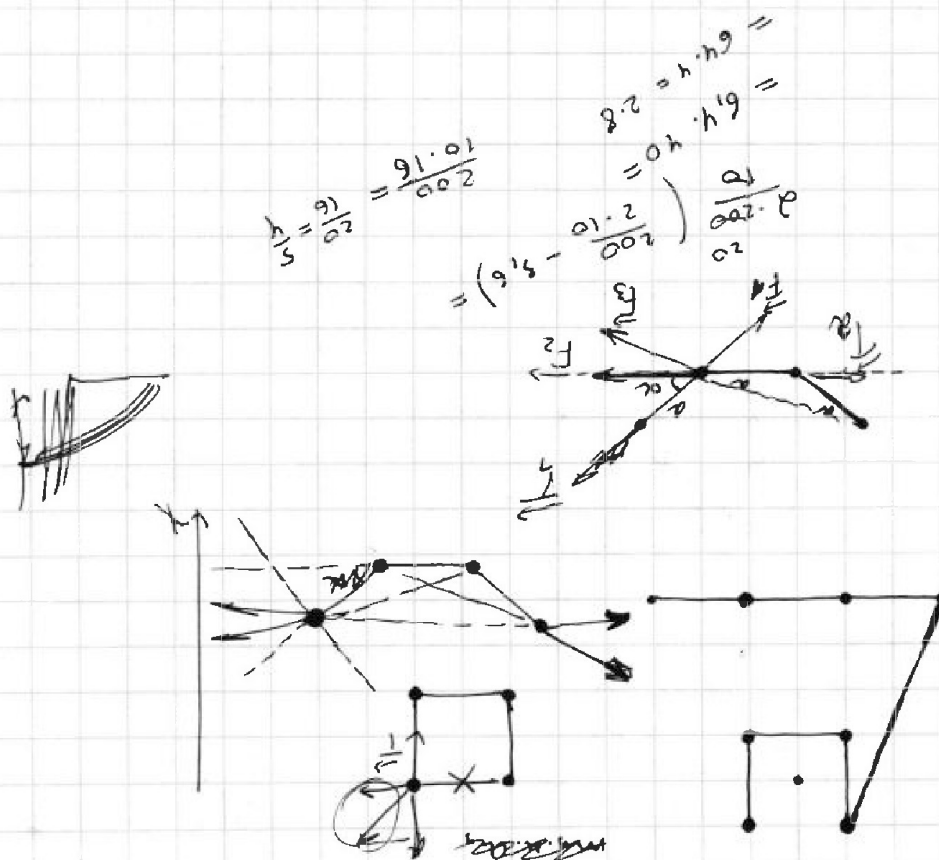
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

$$\frac{C - C_p}{C - C_v} =$$

$$\alpha = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

$$p_3 V_3^{\gamma} = \text{const}$$

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

$$C_{p, \text{air}} \cdot C_p \cdot V \cdot \Delta T = V R \Delta T + \left(\frac{3}{2}\right) V R \Delta T$$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{5}{2} R \\ C_v &= \frac{3}{2} R \end{aligned}$$

$$\frac{Q}{\Delta T} = \infty$$

(Q-2) ~~using eqn (2.1)~~ $hV = \text{const}$

$$\frac{3}{2}R - \frac{5}{2}R = \infty$$

$$\frac{3}{2}R - \frac{3}{2}R$$

(2-3): $pV^2 = \text{const}$

3-2: $\frac{p}{V} = \text{const}$

$$\frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2R}{-R} = 2$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$T = \frac{k_0^2}{2} \left(1 + \sqrt{\frac{\gamma}{2}} \right)$$

$$k^2 h_1 V_1 = \sqrt{R} \cdot 4T_1$$

$k=2$

$$T = \frac{Kq^2}{r} + \frac{Kq^2}{r^2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\rho V^2 = \text{const}$$

$C_v = C$
изохора

$$8p_1 \cdot V_1^2 = 2p_1 \cdot 4V_1^2$$

$$\underline{2R - \frac{5}{2}R} =$$

$$2R - \frac{3}{2}R$$

$$= \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = -1$$

$81 =$

$$= \frac{0.0001}{0.0001}$$

$$K = \begin{pmatrix} k_{12} & k_{22} \\ k_{21} & k_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sqrt{2} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

$$4k = \frac{a}{\log_2 \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)}$$

$$= \frac{3}{2} + 4k$$

$$(Q = 2R)_{\Delta T} = -A + \frac{3}{2} R_{\Delta T}$$

$$= \frac{Q}{s-p}$$

$$\sum A + \Delta U_{\text{sys}} = Q_{\text{net}}$$

$$\frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-2R}{-R} = 2$$

$$+ 3 + \frac{a}{kq^2} + \frac{q}{kq^2} = \frac{3a}{3a} + \frac{kq^2}{kq^2} + \frac{q}{kq^2}$$

$$+ \gamma h \frac{\partial h}{\partial z} = (z \sqrt{z}) \frac{\partial}{\partial z}$$

$$\eta = \frac{\sum A}{Q_{\text{non}}} = \frac{Q_y}{Q_{\text{non}}}$$

$$\frac{2 - \frac{5}{2}}{2 - \frac{3}{2}} = \frac{-\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = -1$$



$$\sqrt{\frac{a}{kq^2} \left(4 + \sqrt{2} \right)} = \sqrt{\frac{a}{kq^2} + \frac{4}{a\sqrt{2}}}$$

$$= \frac{-2\sqrt{2} \pm \sqrt{2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)}{2}$$

$$T \cos 45^\circ = \frac{kg^2}{kg^2} + \frac{kg^2}{kg^2} + \frac{kg^2}{kg^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow T \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{4\sqrt{10} \sqrt{a^2 \sqrt{2}}}{\left(\frac{1}{2} + \sqrt{2}\right)}$$

