



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-03

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



1. Снаряд летит по вертикали и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через  $t_1 = 0,4$  с после разрыва все осколки находятся в полете, один из осколков движется горизонтально, его импульс  $P_1 = 30$  кг·м/с. Масса снаряда  $M = 10$  кг.

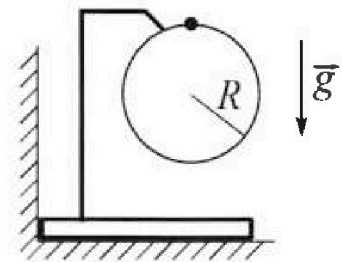
1) Найдите модуль  $P_2$  суммарного импульса  $\vec{P}_2$  всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2) Найдите угол  $\alpha$  между векторами  $\vec{P}_2$  и  $\vec{g}$  в этот момент времени. В ответе укажите значение тригонометрической функции угла  $\alpha$ :  $\sin \alpha$  или  $\operatorname{tg} \alpha$ .

Наибольшее расстояние от точки разрыва до точки падения осколков на горизонтальную поверхность оказалось  $d = 80$  м.

3) Найдите продолжительность  $T$  полета таких осколков. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Брусок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса  $R = 1$  м, на которое надет шарик. Массы бруска и шарика одинаковы. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.



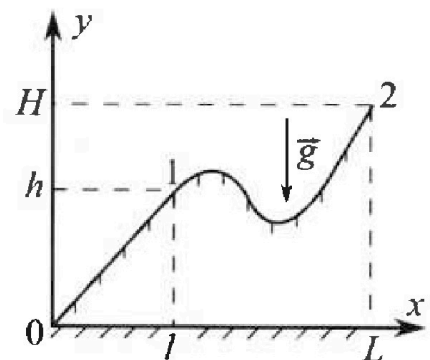
1) Найдите ускорение  $\vec{a}$  шарика в тот момент, когда сила, с которой брусок действует на вертикальную стенку, обращается в ноль. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{a}$ .

2) Найдите вертикальное перемещение  $h$  шарика к этому моменту времени.

3) Найдите наибольшую скорость  $V$  бруска.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. В процессе движения брусок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

3. Школьник втаскивает санки на горку. Профиль горки в вертикальной плоскости показан на рисунке к задаче. Для того, чтобы, двигаясь по прямой, медленно втащить санки массой  $m = 5$  кг, из точки 0 в точку 1, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки, необходимо совершить работу  $A_1 = 300$  Дж. В точке 1 школьник отпускает санки. Вертикальная координата точки старта  $h = 4,6$  м, начальная скорость санок нулевая. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



1) Найдите скорость  $V$  санок у основания горки в точке 0.

2) Какую работу  $A_2$  следует совершить, чтобы медленно переместить санки по горке из точки 1 в точку 2? В точке 2 вертикальная координата  $H = 10$  м,  $L = 4l$ . На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

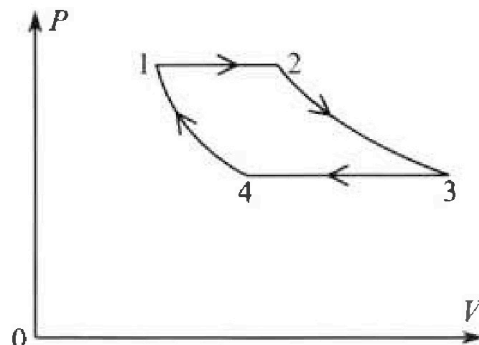
## Вариант 10-03



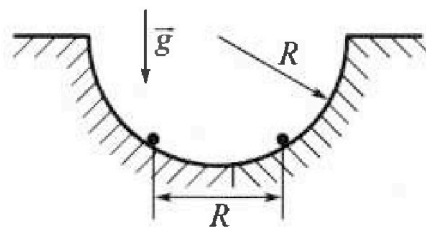
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения до удвоения объема газ совершает работу  $A$ . Такую же работу  $A$  совершает газ при изотермическом расширении.

- 1) Найди те количество  $Q_{\text{подв}}$  теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.
- 2) Найдите количество  $Q_{34}$  теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ( $Q_{34} > 0$ ).
- 3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса  $R$ , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Масса каждого шарика  $m$ , расстояние между шариками  $R$ . Шарика одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна  $R$ . Шарика отрываются от гладких стенок лунки у краев.



- 1) С какой скоростью  $V$  движется каждый шарик за мгновение до отрыва от края лунки?
- 2) Найдите заряд  $Q$  каждого шарика.
- 3) Найдите наибольшую скорость  $U$ , с которой растет расстояние между шариками после вылета из лунки. Соударения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие. Ускорение свободного падения  $g$ . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

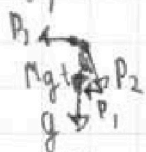
1  2  3  4  5  6  7

ЛМФТИ

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

12) М.к. Включите все осевые моменты  $\vec{P}$  равномерно во все стороны,  $\vec{P}_{\text{нач}} = \vec{0}$ , чер на все камни действует сила тяжести,

за время  $t$  изм.  $\vec{P}$  камня на  $m_{\text{камень}} \vec{g} t$ , т.е.  $\vec{P}_2 + \vec{P}_1 = M \vec{g} t$



по  $\vec{g}$  составляем:

$$P_2 \cos \alpha = Mg t$$

$$\sin \alpha = \frac{P_1}{P_2} = \frac{3}{5}$$

$$P_2 \sin \alpha = P_1$$

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 + M^2 g^2 t^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) Ж.к. раз рассматриваем кусок, который вылетел из скрепера под углом  $\alpha$  к горизонту

максимальную дальность упол  $-2 \cdot 45^\circ$ , в горизонтальном

$$d = V \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow \frac{d}{V} = \frac{\sqrt{2} V}{g}, \text{ уполем}$$

$$\text{по изометрии } d = t \cdot V \cos \alpha = \frac{V^2}{g} \Rightarrow V = \sqrt{d g}$$

$$t = \frac{d}{V} = \frac{\sqrt{2} \sqrt{d g}}{g} = \sqrt{\frac{2d}{g}} = 4 \text{ с}$$

Ответ: 1)  $50 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)  $\sin \alpha = \frac{3}{5}$

3)  $T = 4 \text{ с}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

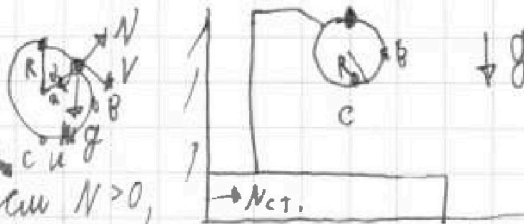
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



2) Пусть угол между нормалью к поверхности и касательной к траектории  $\alpha$ .  
 На шарик действуют сила тяжести  $\vec{G}$  и сила сопротивления воздуха  $N$ , если  $N > 0$ , но по 3-ему закону Ньютона, на брусок действует с силой, направленной противоположно горизонтальной проекции  $\Rightarrow$  брусок движется с линейной скоростью. В этот момент скорость шарика  $V$  и  $N=0$ , т.е.  $h = R(1 - \cos \alpha)$ , по 3.с.з.  
 $\frac{1}{2} g R (1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v^2 = g R (1 - \cos \alpha)$ , максимальное ускорение  $a = g \cos \alpha - N = g \cos \alpha = \frac{v^2}{R} = g (1 - \cos \alpha) \Rightarrow \cos \alpha = \frac{2}{3}$   
 т.к.  $N=0$ , ускорение шарика  $g$  и направлено вниз,  $h = R(1 - \cos \alpha) = \frac{R}{3}$



3) После достижения бруска шариком точка В, в которую сохранится половина энергии масс, брусок поедет либо в своем направлении, либо правее него, значит  $N_{ct} = 0$  и это означает  $R_{гор} = \text{const}$ , тогда  $R_{бр} = -R_{ш.гор}$ , скорость шарика максимальна в точке С, т.е.  $V_C = V_{гор. макс}$ , скорость шарика была скоростью бруска т.к. когда шарик в точке С  $(V_{бр}) = |V_{ш.гор}| \leq V_{ш} \leq V_{ш.С}$ , т.е. равенство выполняется в точке С. По 3.с.з.

$$2 \cdot \frac{1}{2} m g R = m \frac{V_C^2}{2} + m \frac{V_{бр. макс}^2}{2} \Rightarrow V_{бр. макс} = \sqrt{2gR}$$

- Ответ:
- 1)  $a = g$ , направлено вниз.
  - 2)  $h = \frac{R}{3}$
  - 3)  $V_{бр. макс} = \sqrt{2gR}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МОТИ**

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



1) Пусть коэф. трения  $\mu$ , тогда сила трения на пути  $0-l$   $mg \cos \alpha$   
 где  $\Delta$   $\cos \alpha = \frac{e}{\sqrt{h^2+e^2}}$ ,  $\sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{h^2+e^2}}$  угол между прямой  
 и плоскостью,  $A_1 = mgh + \mu mg \cos \alpha \sqrt{h^2+e^2} = mgh + \mu mg e$   
 $\Rightarrow \mu e = \frac{A}{mg} - h = 6 - 4,6 = 1,4 \text{ М}$

ускорение санок  $a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = \frac{g}{\sqrt{h^2+e^2}} (h - \mu e)$ , отсюда  $\sqrt{h^2+e^2}$   
 мер и we скорости  $v$ , т.е.  $\sqrt{h^2+e^2} = \frac{v^2}{2g(h-\mu e)}$   $\Rightarrow t = \frac{v}{g(h-\mu e)}$   
 $V = t a = \frac{g}{\sqrt{h^2+e^2}} (h - \mu e) \cdot \frac{v}{g(h-\mu e)} = \frac{v}{\sqrt{h^2+e^2}}$   
 $v = \sqrt{2g(h-\mu e)} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 4,6 - 1,4 \cdot 10^2} = \sqrt{20(4,6 - 1,4)} = \sqrt{20 \cdot 3,2} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: 1)  $V = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

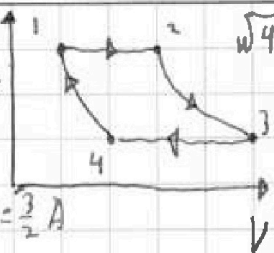


1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Дано условие:  $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ;  $V_2 = 2V_1$ ;  $P_1 = P_2$ ;  $P_3 = P_4$ ;  $P_2 V_2 = P_3 V_3$ ;  $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$   
 где  $P_i, V_i, T_i$  - параметры газа в точке  $i$ ;  $Z(P_i, V_i) = P_i V_i$  - изохорическая функция



1-2)  $A = \sum P dV = P_1 (V_2 - V_1) = P_1 V_1$ ,  $P_1 V_1 = nRT_1$ ;  $P_2 V_2 = nRT_2$   
 $(T_2 - T_1) nR = P_1 (V_2 - V_1) = A$ , криволинейно  $\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} nR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} A$

по 1-ому началу термодинамики  $\Delta Q_{1-2} = \Delta A_{1-2} + \Delta U_{1-2} = \frac{5}{2} A$   
 2-3) т.к.  $T_2 = T_3$ ,  $\Delta T = 0$   $\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} nR \Delta T = 0$ ;  $\Delta Q_{2-3} = \Delta A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = A$

3-4)  $\Delta Q_{3-4} = \Delta U_{3-4} + A_{3-4} = \Delta U_{3-4} + P_3 (V_4 - V_3) = \frac{3}{2} nR (T_4 - T_3) + P_3 (V_4 - V_3) =$   
 $= \frac{3}{2} nR T_4 - \frac{3}{2} nR T_3 + P_4 V_4 - P_3 V_3 = P_4 V_4 - \frac{3}{2} P_3 V_3 + P_4 V_4 - P_3 V_3 = \frac{5}{2} P_4 V_4 - \frac{5}{2} P_3 V_3 =$   
 $= P_1 V_1 \frac{5}{2} - \frac{5}{2} P_2 V_2 = \frac{5}{2} A - \frac{5}{2} P_1 V_1 = -\frac{5}{2} A$  (работа газа  $A_{3-4} = P_3 (V_4 - V_3) = A - P_2 V_2 = -A$   
 $Q_{3-4} = \frac{1}{2} A$

4-1) т.к.  $T_3 = T_4$ ,  $\Delta U_{4-1} = 0$ ; на процессе 2-3  
 $A = \sum P dV = P_2 V_2 \int_{V_2}^{V_3} \frac{dV}{V} = P_2 V_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = 2 A \ln \frac{V_3}{V_2} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \sqrt{e} = \frac{1/3 P_3}{1/2 P_3} = \frac{P_2}{P_3} = \frac{P_1}{P_4}$

на процессе 4-1)  $A_{4-1} = \sum P dV = P_1 V_1 \int_{V_4}^{V_1} \frac{dV}{V} = P_1 V_1 (\ln V_1 - \ln V_4) =$   
 $= P_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_4} = P_1 V_1 \ln \left( \frac{V_1 P_1}{V_4 P_1} \right) = A \ln \frac{P_4}{P_1} = A \ln \left( \frac{1}{\sqrt{e}} \right) = -\frac{A}{2}$

$\Delta Q_{4-1} = \Delta U_{4-1} + A_{4-1} = -\frac{A}{2}$   
 КПД цикла:  $\eta = \frac{A_{1-2} + A_{2-3} + A_{3-4} + A_{4-1}}{Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-4} + Q_{4-1}} = \frac{A + A - A - \frac{A}{2}}{\frac{5}{2} A + A + \frac{1}{2} A - \frac{A}{2}} = 1$

= 100%

- Ответы:
- 1)  $Q_{1-2} = \frac{5}{2} A$      $Q_{2-3} = A$
  - 2)  $Q_{3-4} = \frac{1}{2} A$
  - 3)  $\eta = 1$ .

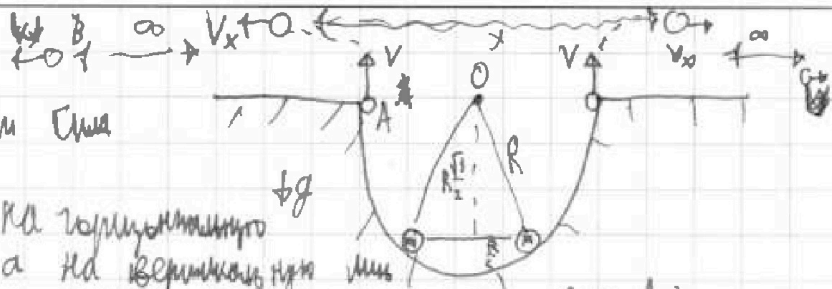
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1) после отрыва от поверхности

Килома вылетит из центра, на горизонтальной скорости шариков, так а на вертикальную ось сила тяжести  $mg$ ,  $g$  частоты,  $n.k.$  ланс. Высота  $h$ .  $O$  точка  $R$ :

$$R = V \cdot t - \frac{g t^2}{2} \quad \text{и} \quad V = g \cdot t \Rightarrow R = V \cdot \frac{V}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{V^2}{g^2} = \frac{V^2}{g} - \frac{V^2}{2g} = \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{2gR}$$

2) пусть  $O$  потенциальной энергии кулоновского взаимодействия гравитационная сила гравитационная сила на шарик рассчитали между шариками

в  $l \rightarrow +\infty$ ; тогда (3, с.д.)  $E_{\text{кон}} = 2 \cdot mg \left( R - \frac{\sqrt{3}}{2} R \right) + \frac{kQ^2}{R}$

(в точке A шарик вылетит из центра)  $E_{\text{кон}} = 2mgR + 2 \cdot \frac{mV^2}{2} + \frac{kQ^2}{2R}$

н.к.  $E_{\text{кон}} = E_A$ ;  $2mgR + \frac{kQ^2}{2R} = 2mgR + \frac{kQ^2}{2R} + 2mgR \Rightarrow \frac{kQ^2}{2R} = mgR(2 + \sqrt{3})$

$$Q = R \sqrt{2mg(2 + \sqrt{3}) \frac{1}{k}}$$

увеличение взаимодействия

3) кинетическая энергия потенциальной энергии и кинетической энергии вертикальной скорости полностью.

Но потенциальная энергия кулоновского взаимодействия перешла в кинетическую энергию горизонтальной скорости, в частности

$$\frac{mV_x^2}{2} + \frac{kQ^2}{x} = 2 \cdot \frac{mV^2}{2} + \frac{kQ^2}{e}, \quad \text{или } l \rightarrow +\infty$$

Для  $m, A$  и  $B$  3.с.д.:  $\frac{kQ^2}{2R} = 2 \cdot \frac{mV^2}{2} = mV^2 \left[ \frac{kQ^2}{e} \rightarrow 0 \right]$

$$V^2 = \frac{kQ^2}{2Rm} = \frac{k}{2Rm} \cdot R^2 \cdot 2mg(2 + \sqrt{3}) \cdot \frac{1}{k} = Rg(2 + \sqrt{3})$$

Ответ: 1)  $V = \sqrt{2gR}$  2)  $Q = R \sqrt{2mg(2 + \sqrt{3}) \frac{1}{k}}$

3)  $V = \sqrt{Rg(2 + \sqrt{3})}$

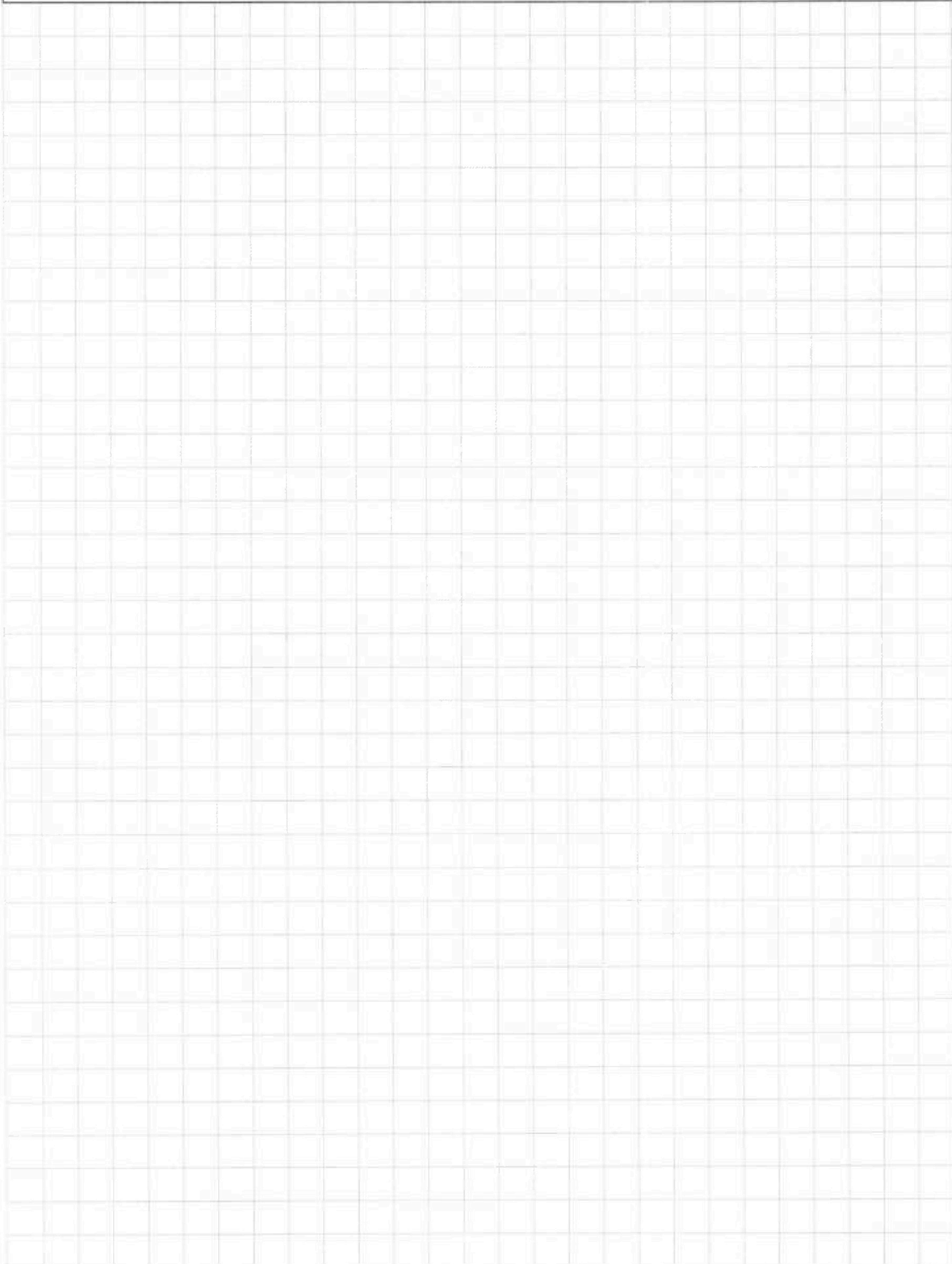
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!



$P_{11} + P_{12} = 0$   
 $P_{12} = mg \cdot t$   
 $P_1 + P_2 = mg \cdot t$   
 $E = nM \cdot 3RT = \frac{3}{2} nRT$   
 $V_{cp} = \sqrt{\frac{3kT}{M}}$   
 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$   
 $P_1$   
 $P_2$   
 $P_3$   
 $P_4$   
 $A$   
 $V$   
 $\theta = 45^\circ$   
 $t = \frac{\sqrt{2}V}{g}$   
 $P_2 \cos \alpha = P_1 = 30 \text{ кг} \cdot \frac{m}{c}$   
 $P_2 \sin \alpha = mg \cdot t = 40 \text{ кг} \cdot \frac{m}{c}$   
 $P_2 = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50$   
 $2V \sin \alpha t = gt^2 - 2H$   
 $t = 4c$   
 $V = \sqrt{80 \cdot 10} = 20\sqrt{2}$   
 $1 \rightarrow 2 \text{ (A)}$   
 $2 \rightarrow 3 \text{ (A)}$   
 $v_2 = 2v_1$   
 $H = \frac{gt^2}{2} - V \sin \alpha t$   
 $x = tV \cos \alpha$   
 $d^2 = t^2 V^2 \cos^2 \alpha + \frac{g^2 t^4}{4} - 2Vg \sin \alpha t^3$   
 $d^2 = t^2 V^2 + \frac{g^2 t^4}{4} - 4Vg \sin \alpha t^3$   
 $g^2 t^4 - 4Vg \sin \alpha t^3 + 4V^2 t^2 - 4d^2 = 0$   
 $2Hg t^2 - 2Vg \sin \alpha t^3 + 4V^2 t^2 = 4d^2$   
 $1) \Delta Q_{12} = \Delta U_{12} + A = A + \frac{3}{2} nR \cdot \frac{1}{2} A = \frac{5}{2} A$   
 $P_1 V_1 = nRT_1$   
 $P_1 (V_2 - V_1) = A$   
 $P_1 V_2 = nRT_2$   
 $(T_2 - T_1) nR = A$   
 $U_1 = \frac{3}{2} nRT_1$   
 $U_2 = \frac{3}{2} nRT_2$   
 $2) \Delta Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A = A$   
 $P_2 V_2 = nRT_2$   
 $P_2 V_3 = nRT_3$   
 $3) \Delta Q_{3-4} = \Delta U_{3-4} + A = A$   
 $P_3 V_3 = nRT_3$   
 $P_3 V_4 = nRT_4$   
 $\Delta U_{3-4} = \frac{3}{2} nR (T_4 - T_3)$   
 $\Delta Q_{4-1} = A$   
 $A_2 = mg(H-h) + \int \mu mg \cos \alpha dx$   
 $1) A_1 = mgh + \int \mu mg \sin \alpha dx$   
 $= mgh + \frac{\mu mg \sqrt{h^2 + e^2} \cos \alpha}{\sqrt{h^2 + e^2}}$   
 $= mgh + \mu mg e$   
 $\frac{P_2 V_2}{V_3} \left( \frac{P_1 V_1}{P_4} - V_3 \right) = \frac{P_2 V_2}{V_3} \left( \frac{P_1 V_1}{P_3} - \frac{P_2 V_2}{P_3} \right) = v_{kon} = (mg \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) t$   
 $2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \frac{\sqrt{h^2 + e^2}}{\sqrt{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}} = \frac{t^2}{2} (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) = \sqrt{h^2 + e^2}$   
 $2\sqrt{g} \cdot \sqrt{2\sqrt{h^2 + e^2}} \sqrt{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \left( \frac{h}{\sqrt{h^2 + e^2}} - \frac{e}{\sqrt{h^2 + e^2}} \right) = \sqrt{g} \cdot \sqrt{2h - 2e\mu}$

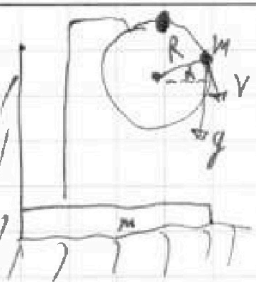
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$v(\alpha) = \sqrt{Rg \sin \alpha}$$

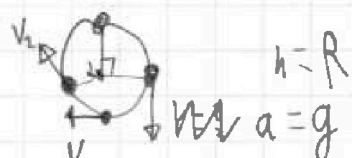
$$a(\alpha) = g \sin \alpha$$

$$a_{\text{rad}} = g \cos \alpha + \frac{v^2}{R}$$

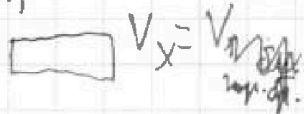
$$Rg \sin \alpha = v^2(\alpha)$$

$$\frac{mv^2(\alpha)}{2} + mgR(1 - \sin \alpha) = mgR$$

$$\frac{Rg \sin \alpha}{2} + gR = gR + gR \sin \alpha$$



$h = R$   
 $a = g$



$$\frac{mv^2}{2} = \frac{v_2^2}{2} + gR(1 - \cos \alpha)$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2gR(1 - \cos \alpha)}$$

$$\sqrt{v_1^2 - 2gR(1 - \cos \alpha)} \sin \alpha$$

$$v_1^2 \sin^2 \alpha - 2gR \sin^2 \alpha + 2gR \sin^2 \alpha \cos \alpha$$

$$\frac{v_1^2}{2gR} \sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha + \sin^2 \alpha \cos \alpha$$

$$\frac{v_1^2}{2gR} \sin \alpha \cos \alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha + \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos^2 \alpha = 0$$

$\sin \alpha \cos \alpha = 0$

$$\frac{v_1^2}{2gR} 2 \cos \alpha + 2 \cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha + 2 \cos \alpha$$

$$\frac{v_1^2}{2gR} \cos \alpha - 2 \cos \alpha + 3 \cos^2 \alpha - 1 = 0$$

$$3 \cos^2 \alpha + \left(\frac{v_1^2}{gR} - 2\right) \cos \alpha - 1 = 0$$

$$D = \frac{v_1^4}{g^2 R^2} + 4 - 4 \frac{v_1^2}{gR} + 12 = \left(\frac{v_1^2}{gR}\right)^2 - 2 \frac{v_1^2}{gR} + 4$$

$$\cos \alpha = \frac{v_1^2}{gR} \text{ макс. в миним. точке (доп)}$$

$$\Delta Q_{1-4} = \Delta U_{1-4} + A = \Delta U_{3-4} + P_3 (v_4 - v_3)$$

$$= \frac{3}{2} mR (T_4 - T_3) + P_3 (v_4 - v_3)$$

$$= \frac{3}{2} mR T_4 - \frac{3}{2} mR T_3 + P_3 v_4 - P_3 v_3$$

$$= P_4 v_4 - \frac{3}{2} mR T_3 + P_3 v_4 - P_3 v_3$$

$$= P_4 v_4 - \frac{3}{2} mR T_3 + P_3 v_4 - P_3 v_3$$

$$= P_4 v_4 - \frac{3}{2} mR T_3 + P_3 v_4 - P_3 v_3$$

$$\frac{v_1}{v_4} = e$$

$$P_1 v_1 = P_2 v_2$$

$$\sum P \Delta V = \sum P_i \int_{v_i}^{v_{i+1}} \frac{dV}{v_i} = P_1 v_1 \int_{v_1}^{v_2} \frac{dV}{v_1} = \dots$$

$$A = P_2 v_2 \ln \frac{v_1}{v_2}$$

$$= P_1 v_1 \ln \frac{v_1}{v_2} = -A$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



- |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                                   | 2                                   | 3                                   | 4                                   | 5                                   | 6                                   | 7                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

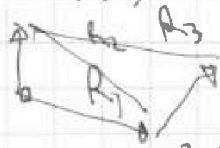
МФТИ

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

$E = -\frac{kQ^2}{R}$   
 $E_{\text{ном}} = 2 \cdot mg(R - \frac{\sqrt{3}}{2}R) - \frac{kQ^2}{R}$   
 $E_{\text{ном}} = 2 \cdot \frac{mV^2}{2} + 2 \cdot mgR - \frac{kQ^2}{2R}$   
 $R = v \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$   
 $t = \frac{v}{g}$   
 $R = \frac{v^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v^2}{g^2}$   
 $R = \frac{v^2}{g} - \frac{v^2}{2g}$   
 $R = \frac{v^2}{2g}$

$E_{\text{ном}} = +\frac{kQ^2}{2R}$   
 $E_{\text{ном}} = 2 \cdot \frac{mV^2}{2}$   
 $V_y^2 = -\frac{kQ^2}{2Rm}$   
 $\cos \alpha = \frac{2}{3}$   
 $N = 3g \cos \alpha - 2g \leq 0$   
 $\frac{mV^2}{2} = mgR(1 - \cos \alpha)$   
 $2g - 2g \cos \alpha = 2g(1 - \cos \alpha) \frac{V^2}{R} = a_1 = g \cos \alpha - N$   
 если  $N \leq 0$ , motion ok  
 $\vec{a} = \vec{g}$   
 направ. вниз

$$E = -\frac{kQ^2}{R_1} / -\frac{kQ^2}{R_2} / -\frac{kQ^2}{R_3}$$



$$A_1 = -\frac{kQ^2}{R_2} + \frac{kQ^2}{R_1}$$

$$A_2 = -\frac{kQ^2}{R_3} + \frac{kQ^2}{R_2}$$

$$A_{1-3} = \frac{kQ^2}{R_1} - \frac{kQ^2}{R_3}$$

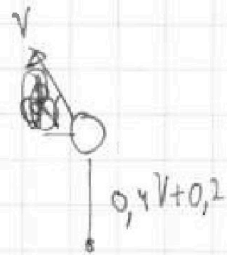
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$H \geq 2V + \frac{V^2}{2} = 0,4V + 0,2$$

$$t = \frac{2V \sin \beta + \sqrt{4V^2 \sin^2 \beta + 32V + 16}}{2g}$$

$$t = \frac{\sqrt{2}V}{g}$$

$$\frac{V^2}{g} = d$$

$$x = \frac{V^2}{g} \left( \frac{\sin 2\beta}{2} + \sqrt{\sin^2 \beta + \frac{2gH}{V^2}} \cos \beta \right)$$

$$V = 20\sqrt{2}$$

$$t = 4 \text{ c.}$$