



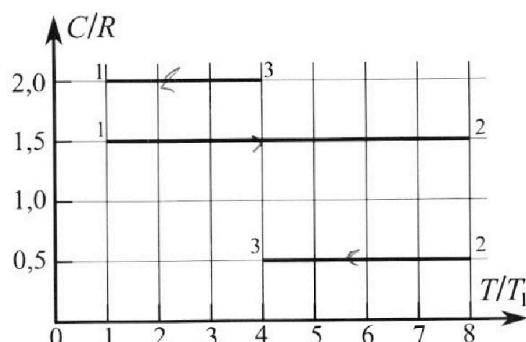
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



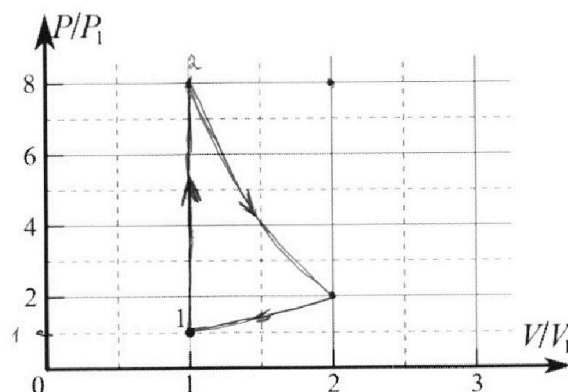
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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 объем 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 .

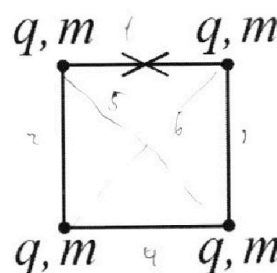
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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.





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.

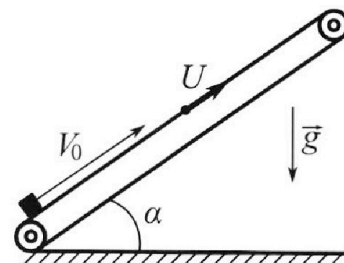
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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) Ка кой 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

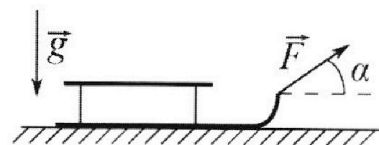
$U = 1$ м/с?

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.

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!

N 1

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

$L = 20 \text{ м}$

1) $v_0 = ?$

$H = 3,6 \text{ м}$

2) $S = ?$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$1) y = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

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

$$L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{2 \sin \alpha \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10 \cdot 4}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 4}{2 \cdot 2}}$$

$$v_0 = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (калькулятор не был выдан)}$$

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

$$S = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \quad \left. \begin{array}{l} H = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \end{array} \right\}$$

Для достижения максимальной высоты: $\frac{dH}{dS} = 0$

$$0 = \left(S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = \frac{g}{\cos^2 \alpha} - \frac{1gS \tan \alpha \cos^2 \alpha}{v_0^2 \cos^4 \alpha} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{gS \sin \alpha}{v_0^2 \cos^3 \alpha} = 0 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(\frac{S^2 g^2 + v_0^4}{S^2 g^2} \right) \Rightarrow \frac{v_0^2}{g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200 \left(\frac{200}{2 \cdot 10} - 3,6 \right)}{10}}$$

$$S = \sqrt{40 (6,4)} = \sqrt{4 \cdot 64} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м}$$

$$S = 16 \text{ м}$$

$$\Gamma \cos 45^\circ + F \cos 45^\circ + F \cos 45^\circ \Rightarrow F \cos 45^\circ = 0$$

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!



N2

Дано:

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = 0,5$$

$$1) S = ?$$

$$T = 1 \text{ с}$$

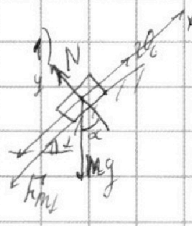
$$2) v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$T_1 = ?$$

$$3) L = ?$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



$$\text{ор: } ma = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$$\text{ор: } N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$a = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

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

$$t = T$$

$$S = 6 - \frac{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 1}{2} = 6 - 5 \cdot 1 = 1 \text{ м}$$

2) В системе отсчета относительно ледяной поверхности, скорость коробки через время T_1 после старта $v_{\text{отн.л}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а в системе земли $v_{\text{отн.з}} = v_0$

Ускорение/замедление коробки относительно ледяной поверхности:

$$ma_{\text{отн.л}} = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = -mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Из этого скорость коробки через время T_1 относительно ледяной поверхности:

$$v_{\text{отн.л}} = v_{\text{отн.л}} + a_{\text{отн.л}} T_1 = 0$$

$$v_{\text{отн.л}} = v_0$$

$$T_1 = -\frac{v_{\text{отн.л}}}{a_{\text{отн.л}}} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6}{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)}$$

$$T_1 = 0,6 \text{ с}$$

$v_{\text{отн.л}}$ — начальная относительная скорость коробки относительно ледяной поверхности

3) Пройденное расстояние L_0 коробки относительно ледяной поверхности равно $v_{\text{отн.л}} = v_0$

3) Коробка пройдя расстояние L_0 относительно ледяной поверхности, приобретет скорость $v_{\text{отн.л}} = -v_0$, а в лоб. систем $v_{\text{отн.з}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\vec{v}_{\text{отн.з}} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{отн.л}}$ $v_{\text{отн.л}} = v_0$

$$L_0 = v_{\text{отн.л}} t + \frac{at^2}{2} = v_{\text{отн.л}} t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2}$$

$$v_{\text{отн.з}} = v_{\text{отн.л}} + at \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{-v_{\text{отн.л}} - v_0}{a} = \frac{v_0 + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L_0 = v_0 t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2}$$

$$\Delta L = v_0 t = \frac{(v_0 + v_0) v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

Продолжение в 7 стр

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

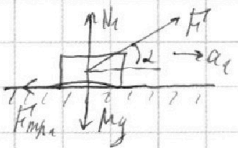
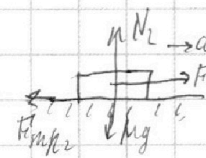
1	2	3/	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$\sqrt{3}$
 Дано: 1-случай
 2) $K, 2$
 1) $M, 2$
 2) $S, 2$
 2-случай
 $k = \frac{M\omega^2}{2}$

1) $N_1 - Mg + F \sin \alpha = 0$
 $F \cos \alpha - F_{fr1} = M a_1$
 $F_{fr1} = \mu N_1$
 $a_1 = \frac{dv_1}{dt}$

2) $N_2 - Mg = 0$
 $F - F_{fr2} = M a_2$
 $F_{fr2} = \mu N_2$
 $a_2 = \frac{dv_2}{dt}$

$\frac{dv_1}{dt} = \frac{dv_1}{dx_1} \cdot \frac{dx_1}{dt} = v_1 \frac{dv_1}{dx_1}$
 $\frac{dv_2}{dt} = \frac{dv_2}{dx_2} \cdot \frac{dx_2}{dt} = v_2 \frac{dv_2}{dx_2}$

$M \cdot v_1 \frac{dv_1}{dx_1} = F \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha)$
 $M \int_0^L v_1 dv_1 = (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) \int_0^L dx_1$
 $M \frac{v_2 dv_2}{dx_2} = F - \mu (Mg)$
 $M \int_0^L v_2 dv_2 = (F - \mu Mg) \int_0^L dx_2$

$\frac{M\omega^2}{2} = (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) L = (F - \mu Mg) L \Rightarrow F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg = F - \mu Mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow \mu = \frac{F - F \cos \alpha}{F \sin \alpha} \Rightarrow \boxed{\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}}$

2) $F = 0$ $k = \frac{M\omega^2}{2} = \mu N_3 S$ $k = \mu Mg S \Rightarrow$
 $N_3 - Mg = 0 \Rightarrow N_3 = Mg$ $\Rightarrow S = \frac{k}{\mu Mg} = \frac{k \sin \alpha}{Mg(1 - \cos \alpha)}$

M — масса санки,
 она известна

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!

№4 Дано

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

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

$$1) T_3 = 4T_1$$

$$C_{11} = 2R$$

$$C_V = \frac{3}{2}R \text{ (идеальный газ одноатомный)}$$

$$3-1) Q_{31} = \sqrt{C_{31}} (T_1 - T_3) = \Delta U + A_{31} = \sqrt{C_V} (T_1 - T_3) + A_{31} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{31} = \sqrt{C_{31} - \frac{3}{2}R} (T_1 - T_3) = \sqrt{2 - \frac{3}{2}} R (T_1 - 4T_1)$$

$$A_{31} = -1 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 8,31 \cdot (3 \cdot 200) = -300 \cdot 8,31 = -2493 \text{ Дж}$$

$$A_{31} = -2493 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A_{12} + A_{31} + A_{23}}{Q_+}$$

$$1-2) Q_{12} = \sqrt{C_{12}} (T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R (7T_1) = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot 200 = 300 \cdot 7 \cdot 8,31$$

$$C_{12} = 1,5R$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$Q_{12} = 17451 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = \sqrt{C_{12} - \frac{3}{2}R} (T_2 - T_1) = \sqrt{0} (T_2 - T_1) = 0 \text{ Дж}$$

$$2-3) Q_{23} = \sqrt{C_{23}} (T_3 - T_2) = \frac{1}{2}R (4T_1 - 8T_1) = -2RT_1 = -2 \cdot 8,31 \cdot 200 = -3324 \text{ Дж}$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$A_{23} = \sqrt{C_{23} - \frac{3}{2}R} (T_3 - T_2) = \sqrt{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} (4T_1 - 8T_1) = 1 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 4 \cdot 200$$

$$A_{23} = 6648 \text{ Дж}$$

$$3-1) A_{31} = -2493 \text{ Дж}$$

$$Q_{31} = \sqrt{C_{31}} (T_1 - T_3) = \frac{1}{2}R (T_1 - 4T_1) = -\frac{3}{2}T_1 R$$

$$Q_{31} = -\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = -2493 \text{ Дж}$$

$$Q_+ = Q_{12}$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{31} + A_{23}}{Q_{12}} = \frac{0 + 6648 - 2493}{17451} = \frac{4155}{17451} \approx 0,24 = 24\%$$

$$\eta = 24\%$$

Итог

Прогрессивное 66 см



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!

3) $\frac{p_1 k_1}{T_1} = \frac{p_2 k_2}{T_2}$ $C = \frac{dQ}{dt} = C_v dT + p dk \Rightarrow C_v dT + p dk = C - C_v \Rightarrow$
 $\frac{p dk}{T} = \frac{C - C_v}{T} dT \Rightarrow \frac{p dk}{T} = \frac{C_p - C_v}{T} dT \Rightarrow \frac{p dk}{T} = \frac{R}{T} dT \Rightarrow \ln \left(\frac{k}{k_0} \right) = \ln \left(\frac{T}{T_0} \right) \left(\frac{C_p - C_v}{R} \right)$
 $C = \text{const} \quad (R \text{ const } (1.2.9-1))$

1-2) $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C_p - C_v}{R} \ln \frac{T_2}{T_1}} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{R}{R} \ln \frac{T_2}{T_1}} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} (p = \text{const})$

$A_{12} = 0$, соотнесем между $V = \text{const}$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$$

$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 = (4) \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = 16$
 $\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = 2$

2-3) $\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow d \left(\frac{pV}{T} \right) = 0 \Rightarrow \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} - \frac{dT}{T} = 0$

$pV^n = \text{const} \quad (n = \frac{C - C_v}{C_p - C_v}) \quad n_{23} = \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{4}{2}R}{-\frac{2}{2}R} = 2$

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

$$TV^{\frac{1}{2}} = TV = \text{const}$$

$$T_3 V_3 = T_2 V_2 =$$

3-1) $n = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{1}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{3}{2}R} = -\frac{1}{3} \quad \frac{p}{T} = \text{const}$

График задачи героник

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!

$$L_0 = v_0 \cdot \frac{U + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{(U + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L_0 = \frac{2(U + v_0)v_0 - (U + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad L = L_0 + \Delta L$$

$$L = \frac{2Uv_0 + 2v_0^2 + 2U^2 + 2Uv_0 - U^2 - 2v_0U - v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{v_0^2 + 4Uv_0 + U^2 - 2v_0U}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 + U)^2}{2g(\sin \alpha + \cos \alpha \cdot \mu)} = \frac{(6 + 1)^2}{2 \cdot 10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)} = \frac{49}{20} = 2,45$$

$$L = 0,7 \text{ м}$$



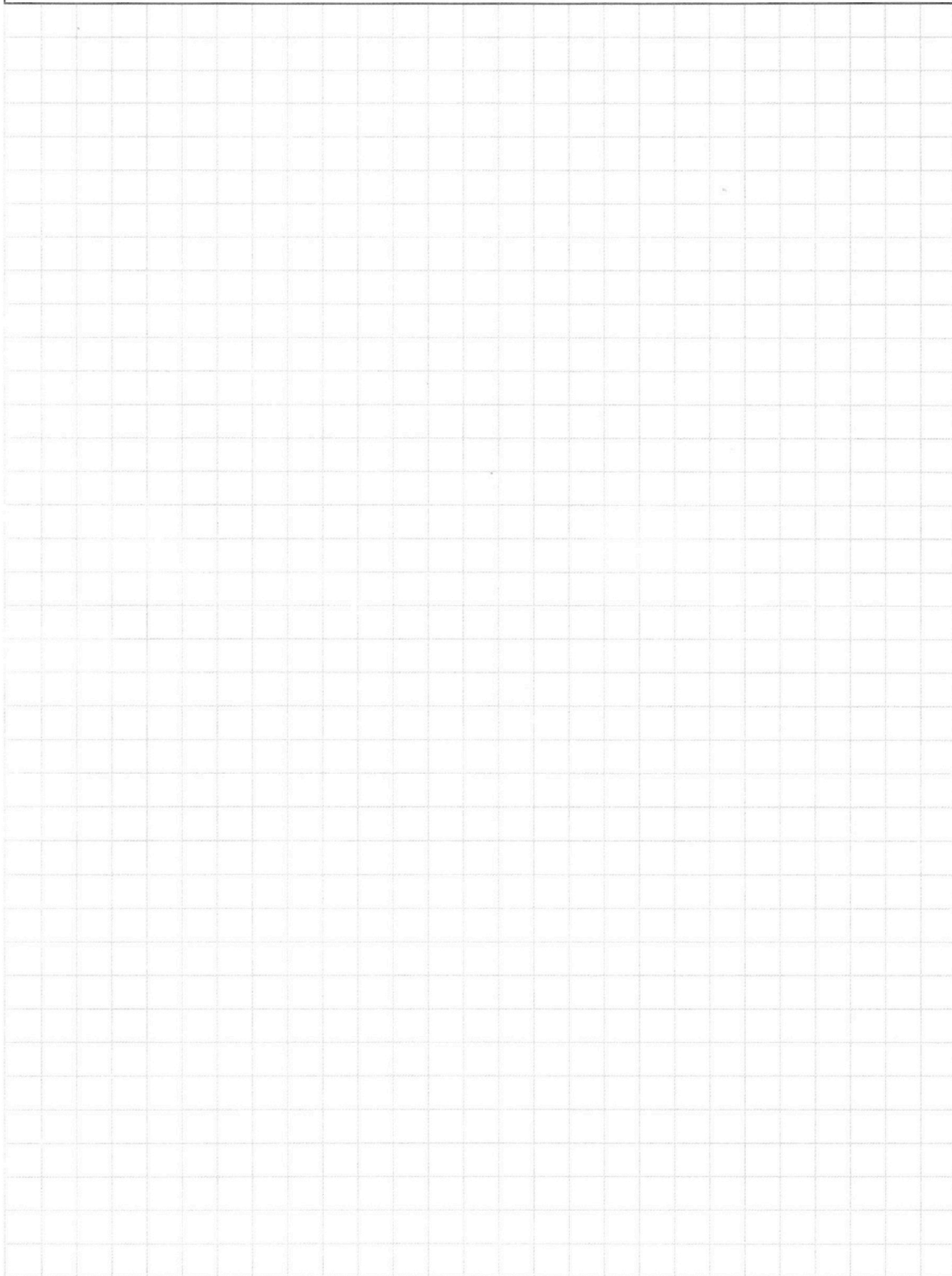
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!



N4
 $1 \rightarrow 2 \quad C_{12} = \text{const} = 1,5R$
 $2 \rightarrow 3 \quad C_{23} = \text{const} = 0,5R$
 $3 \rightarrow 1 \quad C_{31} = \text{const} = 2,0R$

$$dQ_{12} = C_{12} dT$$

p

$$h = \frac{C - C_0}{C - C_1} = 0$$

$$pV^0 = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

~~Температура~~

$$C - C_0 = C - C_1 \rightarrow C - C_0 = 0$$

$$C_V = \frac{3}{2}R$$

$$T_3 = 4 \cdot T_1 = 800K$$

$$\int C_{12} (dT) = \int C_V (dT_{12}) + A_{12}$$

$$1) \int C_{31} dT_{31} = \int C_V dT_{31} + A_{31} \Rightarrow A_{31} = \int (C_{31} - \frac{3}{2}R) dT_{31}$$

$$h = \frac{C_V - C_0}{C_V - C_1} = \frac{R}{0}$$

$$A_{31} = 1 \cdot (2 - \frac{3}{2})R (T_1 - T_3) = 1 \cdot (-\frac{1}{2})R (T_1 - T_3) = -(\frac{1}{2})R \cdot 3(T_1) =$$

$$A = \frac{3}{2}RT_1 = -\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = -300 \cdot 8,31 = -2493 \text{ Дж}$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$$

$$2) A_{12} = \int (C_{12} - \frac{3}{2}R) dT_{12} = \int (\frac{3}{2}R - \frac{3}{2}R) dT_{12} = 0$$

$$3) A_{23} = \int (C_{23} - \frac{3}{2}R) dT_{23} = \int (\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R) (T_3 - T_2) = 1 \cdot (-\frac{2}{2})R (4T_1 - 8T_1)$$

$$A_{23} = (-1) \cdot 8,31 \cdot (4 \cdot 200) = 800 \cdot 8,31 = 8 \cdot 831 = 6648 \text{ Дж}$$

$$R^2 = R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 \cos \alpha$$

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_1} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{a_1}$$

$$T = R_1 + R_2 \cos 45$$

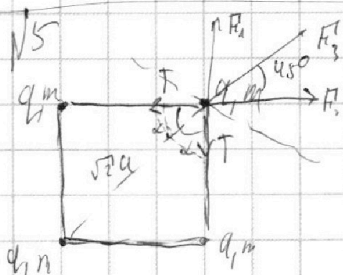
$$\frac{T_3}{V_3^2} = \frac{T_2}{V_2^2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{1}{\cos 45} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$



$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = \frac{k|q|^2}{a^2}$$

$$F_3 = \frac{k|q|^2}{2a^2}$$

$$a^2 + a^2 = 2a^2$$

$$c^2 = 2a^2$$

$$c = \sqrt{2}a$$

$$8 \cdot 1 = 4 \cdot 2$$

$$2T \cos \alpha = (F_1 + F_2) \cos \alpha + F_3 = \left(\frac{kq^2}{a^2} \right) \cos \alpha + \frac{kq^2}{2a^2} \Rightarrow \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

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

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!

$$2) \quad 4 \cdot \frac{kg^2}{a} + \frac{2kg^2}{\sqrt{2}a}$$

$$H = v_0 \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$S \cos \alpha = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\frac{dH}{dt} = 0$$

$$0 = S \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(\frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \right) \Rightarrow$$

$$\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$$

$$\Rightarrow 1 = \frac{gS}{v_0^2} \left(\frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) \Rightarrow v_0^2 = gS \tan \alpha$$

$$\left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' = \frac{0 + 2 \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^4 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) = \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dt} \tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$(\cos^2 \alpha)' = (\cos \alpha \cdot \cos \alpha)' = -\sin \alpha \cos \alpha - \sin \alpha \cos \alpha = -2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(\frac{S^2 g^2 + v_0^4}{S^2 g^2} \right) = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{S^2 g^2 + v_0^4}{2v_0^2 g}$$

$$\frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{v_0^4}{gS^2} \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{v_0^4}{gS^2} \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 + v_0^4}{gS^2}$$

$$\Rightarrow -H + \frac{v_0^4}{g} = \frac{S^2 g^2}{2v_0^2 g} + \frac{v_0^4}{2v_0^2 g} = \frac{S^2 g}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$\Rightarrow \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right)}$$

$$(\cos^2 \alpha)' = (\cos \alpha \cdot \cos \alpha)' =$$

$$H = \frac{C \cdot L}{C \cdot L} = 1$$

$$= -2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$H = \cos^2 \alpha$$

$$H = \cos^2 \alpha$$

$$H = \cos^2 \alpha$$

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!



$$L = v_0 \cos 45^\circ \cdot t = \frac{20^2 \cos 45^\circ \sin 45^\circ}{g} \Rightarrow$$

$$y = v_0 \sin t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{2 \cos 45^\circ \sin 45^\circ}} = 20 \sqrt{\frac{20 \cdot 10 \cdot 4}{2 \cdot 2}} = 700$$

$$\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \cos 45^\circ$$

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

$$C = \frac{dQ}{dT} = C_V + p \frac{dV}{dT} \Rightarrow$$

$$S = v_0 \cos 45^\circ t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos 45^\circ}$$

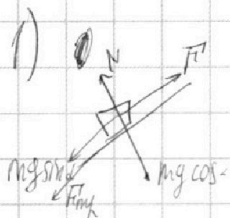
$$\Rightarrow p dV = (C - C_V) dT \Rightarrow$$

$$L = S \cdot \tan 45^\circ - \frac{g \cdot S^2}{2 v_0^2 \cos^2 45^\circ}$$

$$\frac{dH}{d\lambda} = 0 \Rightarrow \frac{\partial RT \cdot dV}{V} = (C - C_V) dT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int \frac{dV}{V} = \left(\frac{C - C_V}{R} \right) \int \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C - C_V}{R} \ln \frac{T_2}{T_1}}$$

2.



$$ma = -mg \sin \alpha - \mu N \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow ma = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = \frac{dv}{dt} \Rightarrow$$

$$\int_{v_0}^0 dv = - \int_0^t (mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha) dt$$

$$S = v_0 T + \frac{aT^2}{2} = v_0 T + \frac{(-g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) T^2}{2} \quad p dV = k dT = A$$

$$S = 6 \cdot 1 - \frac{(10 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8) \cdot 1^2}{2} = 6 - \frac{(6 + 4)}{2} = 1 \text{ m}$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$C = C_V + p \frac{dV}{dT} = \text{const} \Rightarrow p \frac{dV}{dT} = \text{const}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

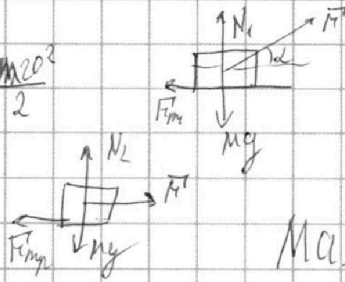
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

N3

1) $K = \frac{Mg \cos^2 \alpha}{2}$



$$\begin{cases} 1. N_1 + F_1 \sin \alpha - Mg = 0 \\ 2. N_2 = Mg \end{cases} \Rightarrow N_1 = Mg - F_1 \sin \alpha$$

$$Ma_1 = F \cos \alpha - \mu N_1$$

$$Ma_2 = F - \mu N_2$$

$$\rho \frac{dV}{dt} = C - C_v \Rightarrow$$

$$M \frac{dV}{dt} = M \frac{dV}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = F \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha) \Rightarrow \rho \frac{dV}{dt} = (C - C_v) \frac{dV}{dt}$$

$$M \frac{dV}{dx} \frac{dV}{dt} = F - \mu Mg$$

$$\mu N S = k \Rightarrow \mu = \frac{k}{N S}$$

$$\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) \left(\frac{C - C_v}{C}\right)$$

$$\int_{V_1}^{V_2} M V dV = \int_{x_1}^{x_2} (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) dx$$

$$\begin{array}{r} 4110 \quad 17451 \\ 34502 \quad 0.23 \\ \hline 66480 \\ 52353 \end{array}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C - C_v}{C}}$$

$$\frac{M V^2}{2} = (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) L = (F - \mu Mg) L \Rightarrow$$

$$F \cos \alpha - F = \mu (Mg - F \sin \alpha) \Rightarrow F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg = F - \mu Mg$$

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

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

$$k = \mu N_3 S = \mu Mg S \Rightarrow S = \frac{k}{\mu Mg}$$

$$N_3 = Mg (F=0)$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{p} + \frac{d}{p} \quad C dT = C_v dT + p dV$$

$$\frac{1}{p} \frac{dp}{p} = \frac{1}{p} \frac{dp}{p} + \frac{d}{p} \frac{dp}{p} \quad C_v = \frac{1}{\gamma} \frac{dp}{p} + \frac{d}{p} \frac{dp}{p}$$

$$\gamma = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ 21 \\ \hline 851 \\ 1062 \\ \hline 17451 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6648 \\ 2493 \\ \hline 4155 \end{array}$$