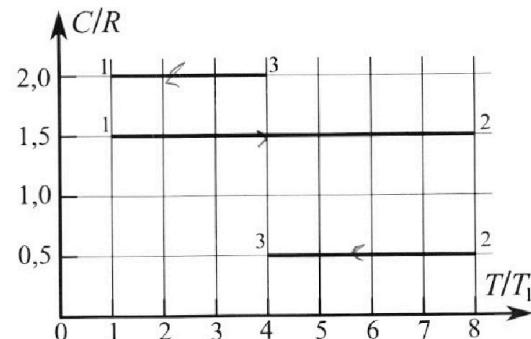


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-02

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

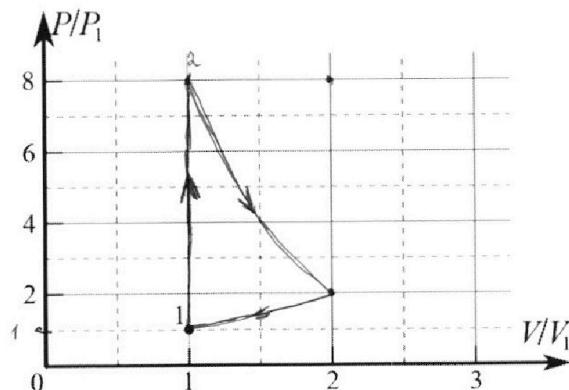
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессы: 1-2, 2-3, 3-1(см.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

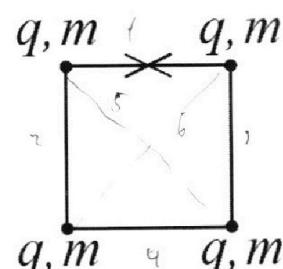
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 вверху (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.

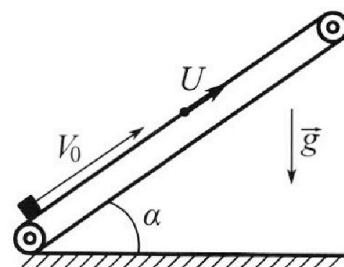
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

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

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 $V_0 = 6 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Ка кий путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1 \text{ с}$?

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

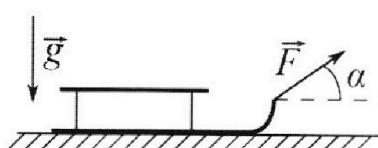
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1 \text{ м/с}$?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

№
Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $v_0 = ?$
 $H = ?$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

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

~~$$L = v_0 \cos \alpha t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$~~

$$2) S = ?$$

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

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

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

~~$$\text{из } S = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \quad H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$~~

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

$$0 = \left(S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{gs^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2v_0^2 \cos^4 \alpha} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{gs^2 \sin \alpha}{2v_0^2 \cos^3 \alpha} = 0 \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gs}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gs^2}{2v_0^2} \left(\frac{s^2 g^2 + v_0^4}{8g^4} \right) \Rightarrow \frac{v_0^2}{g} - \frac{s^2 g^2}{2v_0^2 g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{2v_0^2}{2g} - \frac{s^2 g}{2v_0^2} \Rightarrow$$

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

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

$$S = 16 \text{ м}$$

~~$F_{\text{осущ}} F_{\text{осущ}} + F_{\text{осущ}} + F_{\text{осущ}} = 0$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1

2

3

4

5

6

МФТИ

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

№2

Дано:

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

$$v_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$\mu = 0,5$$

1) S-?

$$T=1s$$

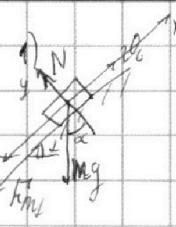
$$2) V=?$$

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

T₁-?

$$3) L-?$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$



$$\text{ax: } ma = -mg \sin \alpha - F_{f\text{up}} \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$\text{oy: } N = mg \cos \alpha \quad F_{f\text{up}} = -g \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$F_{f\text{up}} = \mu N \quad a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

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

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

$$v_{\text{окн}} = ?$$

2) В системе отсчета относительно ленты, скорость коробки через время T_1 после старта $v_{\text{окн}} = 0 \frac{m}{s}$, а в системе земли.

Ускорение /заторможение/ коробки относительно ленты.

$$ma = -mg \sin \alpha - F_{f\text{up}} = -mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Из этого уравнения коробки через время T_1 относительно ленты:

$$v_{\text{окн},n} = v_{\text{окн},n} + a_{\text{окн}} T_1 = 0$$

$$v_{\text{окн},n} = v_0$$

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

$v_{\text{окн},n}$ - начальная

относительная скорость

коробки относительно

ленты

$$T_1 = 0,6 \text{ s}$$

3) Продолжение известного L_0 коробки относительно ленты равно $v_{\text{окн},n,2} = 0$

3) Краска прошла расстояние L_0 относительно ленты, приобретши скорость $v_{\text{окн}} = -V$, а в lab. системе $v_{\text{окн}} = 0 \frac{m}{s}$

$$v_{\text{окн},n} = v_0$$

$$L_0 = v_{\text{окн},n} t + \frac{at^2}{2} = v_{\text{окн},n} t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)t^2}{2}$$

$$v_{\text{окн}} = v_{\text{окн},n} + at \Rightarrow$$

$$L_0 = v_0 t -$$

$$\Rightarrow t = \frac{-V - v_0}{a} = \frac{V + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

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

Продолжение в L

см

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

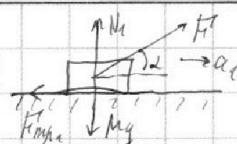


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

1) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
Дано: 1-случай

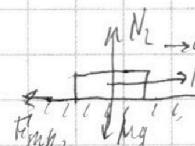


$$\left. \begin{array}{l} N_1 - Mg + F \sin \alpha = 0 \\ F \cos \alpha - F_{\text{fric}} = Ma_1 \\ F_{\text{fric}} = \mu N_1 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} a_1 = \frac{d\varphi_1}{dt} \\ a_2 = \frac{d\varphi_2}{dt} \end{array} \right.$$

2) $K = 2$

1) $M = 2$

2) $S = ?$



$$\left. \begin{array}{l} N_2 - Mg = 0 \\ F - F_{\text{fric}} = Ma_2 \\ F_{\text{fric}} = \mu N_2 \end{array} \right\}$$

$$k = \frac{M \varphi^2}{2}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{d\varphi_1}{dx_1} \cdot \frac{dx_1}{dt} = \frac{v_1}{L} \cdot \frac{dx_1}{dt} \\ \frac{d\varphi_2}{dt} = \frac{d\varphi_2}{dx_2} \cdot \frac{dx_2}{dt} = \frac{v_2}{L} \cdot \frac{dx_2}{dt} \end{array} \right\}$$

$$M \cdot \frac{v_1 d\varphi_1}{dx_1} = F \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha) \quad M \int_0^L v_1 d\varphi_1 = (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) \int_0^L dx_1$$

$$M \frac{v_2 d\varphi_2}{dx_2} = F - \mu (Mg)$$

$$\int M \int_0^L v_2 d\varphi_2 = (F - \mu Mg) \int_0^L dx_2$$

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

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

$$2) F = 0 \quad K = \frac{M \varphi^2}{2} = \mu N_3 S \quad k = \mu Mg S \Rightarrow$$

$$N_3 - Mg = 0 \Rightarrow N_3 = Mg$$

$$\Rightarrow S = \frac{k}{\mu Mg} = \frac{k \sin \alpha}{\mu Mg (1 - \cos \alpha)}$$

M - ~~масса~~ масса скакалки,
она избегает

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

N4 ~~доказ~~

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

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

~~Дж~~

$$1) T_3 = 4T_1$$

$$C_{31} = 2k$$

$$C_V = \frac{3}{2}k \quad (\text{из аргоний})$$

$$3-1) Q_{31} = V C_{31} (T_3 - T_1) = VU + A_{31} = V(C_V(T_3 - T_1) + A_{31}) \Rightarrow$$

$$1) A_{31} = ?$$

$$2) n = ?$$

3) график ($p(n)$) -?

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

$$\boxed{A_{31} = -2493 \text{ Дж}}$$

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

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

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

$$T_2 = 8T_1$$

$$Q_{12} = 17451 \text{ Дж}$$

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

$$2-3) Q_{23} = V C_{23} (T_3 - T_2) = V \frac{1}{2}k (4T_1 - 8T_1) = -2kT_1 = -2 \cdot 8,31 \cdot 200 = -3324 \text{ Дж}$$

$$T_3 = 4T_1$$

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

$$A_{23} = -6648 \text{ Дж}$$

$$3-1) A_{31} = -2493 \text{ Дж} \quad Q_{31} = V C_{31} (T_1 - T_3) = V k \cdot \frac{1}{2} (T_1 - 4T_1) = -\frac{3}{2} T_1 k$$

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

$$Q_+ = Q_{12}$$

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

$$\boxed{n = 24\%}$$

Это 4 см

Предложение 66 см

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

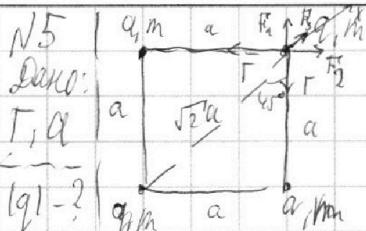
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



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



$$F_1 = F_2 \Rightarrow |F_1| = |F_2| = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$1) F_3 = \frac{kq^2}{2a^2}$$

2) k?

$$3) k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{Ox: } F_3 + (F_2 + F_1) \cos 45^\circ = 2T \cos 45^\circ$$

$$T = F_2 + F_3 \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

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

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

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

$$\Rightarrow q = \sqrt{\frac{4Ta^2}{k(4+\sqrt{2})}} = \sqrt{\frac{Ta^2 \cdot 16\pi\epsilon_0}{4+2\sqrt{2}}} = 4\sqrt{\frac{\pi a^2 \epsilon_0}{4+2\sqrt{2}}}$$

2)

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = \frac{m_1 m_2}{r^2} = \frac{4 \cdot m_1 m_2}{2^2} + \left(3k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \right) = 4k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{\sqrt{2}a} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4K = \frac{kq^2}{a} \left(1 + \frac{2}{\sqrt{2}} - 1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{6a} \left(\sqrt{2} - 2 \right)$$

$$K = \frac{kq^2}{24a} \left(6\sqrt{2} - 2 \right) = \frac{q^2}{96\pi a} \left(6\sqrt{2} - 2 \right)$$

$$K = \frac{q^2}{96\pi a} \left(6\sqrt{2} - 2 \right)$$

$$3) d^2 = a(a)^2 + (2a)^2 \Rightarrow d = \sqrt{a^2 + \frac{9a^2}{4}} = a\sqrt{\frac{10}{4}} = \frac{a}{2}\sqrt{10}$$

$$d^2 = 2a^2$$

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

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 type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$3) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$C = \frac{dG}{dT} = C_v + P dV \Rightarrow C_v + P \frac{dV}{dT} \Rightarrow P \frac{dV}{dT} = C - C_v \Rightarrow$$

$$\cancel{P \frac{dV}{dT} = C - C_v} \Rightarrow \cancel{P \frac{dV}{dT} = (C - C_v) dT} \Rightarrow \cancel{\frac{dV}{V} = \frac{(C - C_v) dT}{P}} \Rightarrow \cancel{V = V_0 e^{\frac{(C - C_v)}{P} T}}$$

$C = \text{const}$ ($\Delta h = C_v(T_2 - T_1)$)

$$1-2) \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C_v - C_f}{P} k} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C_v - C_f}{P} k} = \frac{V_2}{V_1} \quad (P = \text{const})$$

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

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$$

$$P_2 = 4P_1$$

$$2-3) \quad \frac{P_2}{P_1} = \text{const} \Rightarrow \frac{d(\ln P)}{dT} = 0 \Rightarrow \frac{dP}{P} + \frac{dV}{V} - \frac{dT}{T} = 0$$

$$P_2 V_2 = P_1 V_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = (4) \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 2$$

$$PV^2 = \text{const} \quad TV^{n+1} = TV = \text{const} \quad T_3 V_3 - T_2 V_2 =$$

$$3-1) \quad h = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = -1 \quad \frac{P}{V} = \text{const}$$

График ~~задачи~~ сделан

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 type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

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

МФТИ

$$(1) L_0 = v_0 \cdot \frac{v + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{(v + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

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

$$\underline{L = L_0 + \delta L}$$

$$L = \frac{2vv_0 + 2v_0^2 + 2v^2 + 2vv_0 - v^2 - 2v_0v - v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{v_0^2 + 4vv_0 + v^2 - 2v_0v}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 + v)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{(6+1)^2}{2 \cdot 10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)} = \frac{49}{20} = \frac{7}{4}$$

$$\boxed{L = 0,7 \text{ м}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

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:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

N4

$$1 \rightarrow 2 \quad C_{12} = \text{const} = 1,5k \quad \left\{ \begin{array}{l} dQ_{12} = C_{12} dt \\ pV^{\alpha} = \text{const} \\ pV = \text{const} \end{array} \right. \quad h = \frac{C - C_b}{C - C_1} = 0$$

$$2 \rightarrow 3 \quad C_{23} = \text{const} = 0,5k \quad \left\{ \begin{array}{l} pV^{\alpha} = \text{const} \\ pV = \text{const} \end{array} \right. \quad C - C_b = 0 \Rightarrow C - C_b = 0$$

$$3 \rightarrow 1 \Rightarrow C_{31} = 20 \text{ kJ} = 2,0k \quad \Gamma_3 = 4 \cdot \Gamma_1 = 800k$$

$$\sqrt{C_{12}(\Delta T_{12})} = \sqrt{C_V(\Delta T_{12})} + A_{12} \quad C_V = \frac{3}{2}k \quad h = \frac{C_V - C_b}{C_V - C_1} = \frac{k}{0}$$

$$1) \quad \sqrt{C_{31} \Delta T_{31}} = \sqrt{C_V \Delta T_{31}} + A_{31} \Rightarrow A_{31} = \sqrt{(C_{31} - \frac{3}{2}k) \Delta T_{31}}$$

$$A_{31} = 1 \cdot \left(2 - \frac{3}{2}\right)k (\Gamma_1 - \Gamma_3) = 1 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)k (\Gamma_1 - \Gamma_3) = -\left(\frac{1}{2}\right)k \cdot 3(\Gamma_1) =$$

$$= \frac{3}{2}k \Gamma_1 = -\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot \frac{100}{1} = -300 \cdot 8,31 = -3 \cdot 831 = -2493 \text{ Jm}$$

$$\bullet \quad \frac{\sqrt{RP}}{V \cdot V} = \text{const} \Rightarrow \frac{V \cdot V}{TV^{-2}} = \text{const}$$

$$2) \quad A_{12} = \sqrt{(C_{12} - \frac{3}{2}k) \Delta \Gamma_{12}} + \sqrt{\left(\frac{3}{2}k - \frac{3}{2}k\right) \Delta \Gamma_{12}} = 0$$

$$3) \quad A_{23} = \sqrt{(C_{23} - \frac{3}{2}k) \Delta \Gamma_{23}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}k - \frac{3}{2}k\right) (\Gamma_3 - \Gamma_2)} = -1 \cdot \left(-\frac{2}{2}\right)k (4\Gamma_1 - 8\Gamma_3)$$

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

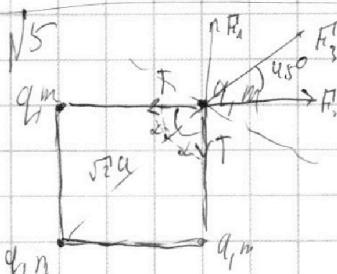
$$\bullet \quad F_x^2 = F_x^2 + F_y^2 + F_z^2 \cos \alpha$$

$$h = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{a_1 + a_2 + a_3} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{a_{12}}$$

$$\Gamma = F_x^2 + F_y^2 \cos 45^\circ$$

$$\frac{F_3}{V_3^2} = \frac{F_2}{V_2^2}$$

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



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

$$F_3 = \frac{ka^2}{2a^2}$$

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

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

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

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

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

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

$$2 + \cos \alpha = (F_1 + F_2) \cos \alpha + F_3 \cos 45^\circ = \left(\frac{f \cdot ka^2}{a^2}\right) \cos \alpha + \frac{ka^2}{2a^2} \cos 45^\circ = \frac{ka^2}{2a^2} \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow q \sqrt{\frac{2k}{a^2} \cos \alpha + \frac{k}{2a^2}} = 2 \Gamma \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q = \sqrt{\frac{2 \Gamma \cos \alpha}{\frac{2k}{a^2} + \frac{k}{2a^2}}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

$$2) \quad q \cdot \frac{h a^2}{a} + \frac{2 h a^2}{\sqrt{2} a}$$

$$H = \vartheta_0 \sin \alpha - \frac{g t^2}{2}$$

$$8) \quad \dot{\vartheta}_0 \cos \alpha \Rightarrow t = \frac{s}{\vartheta_0 \cos \alpha}$$

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

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

$$\alpha(u) = \frac{u'v - uv'}{v^2}$$

$$0 = s \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right) - \frac{gs^2}{\vartheta_0^2} \left(\frac{2 \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow 1 = \frac{gs^2}{\vartheta_0^2} \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) \Rightarrow \vartheta_0^2 = gs^2 \tan \alpha \Rightarrow$$

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

$$H = \frac{\vartheta_0^2}{g} - \frac{gs^2}{2 \vartheta_0^2} \left(\frac{s^2 g^2 + \vartheta_0^4}{s^2 g^2} \right) = \frac{\vartheta_0^2}{g} - \frac{s^2 g^2 + \vartheta_0^4}{2 \vartheta_0^2 g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\vartheta_0^4}{g s^2} \Rightarrow g s^2 - g s^2 \cos^2 \alpha = \vartheta_0^4 \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{s^2 g^2}{s^2 g^2 + \vartheta_0^4}$$

$$\Rightarrow -H + \frac{\vartheta_0^2}{g} = \frac{s^2 g^2}{2 \vartheta_0^2 g} + \frac{\vartheta_0^4}{2 \vartheta_0^2 g} = \frac{s^2 g^2}{2 \vartheta_0^2} + \frac{\vartheta_0^2}{2 g} \Rightarrow -H = \frac{s^2 g^2}{2 \vartheta_0^2}$$

$$\Rightarrow \frac{s^2 g^2}{2 \vartheta_0^2} = \frac{\vartheta_0^4}{2 g} - H \Rightarrow S = \sqrt{\frac{2 \vartheta_0^2}{g} \left(\frac{\vartheta_0^2}{2 g} - H \right)}$$

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

$$\Rightarrow \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 \quad \Rightarrow \quad 1 - \frac{1}{\cos^2 \alpha} = -2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\Leftrightarrow \sin^2 \alpha = 1$$

$$\Leftrightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$\Leftrightarrow \alpha = 45^\circ$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

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

$$y = v_0 \sin 45^\circ t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow t = \frac{v_0 \sin 45^\circ}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{2 \cos 45^\circ \sin 45^\circ}} = v_0 \sqrt{\frac{20 \cdot 10 \cdot 4}{2 \cdot \frac{1}{2}}} = 100\sqrt{2}$$

$$\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad 100\sqrt{2}$$

$$H = v_0 \sin 45^\circ t - \frac{gt^2}{2}$$

$$C = \frac{dQ}{dT} = C_v + P \frac{dV}{dT} \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow PdV = (C - C_v)dT \Rightarrow$$

$$H = S \cdot f_{dH} - \frac{g \cdot S^2}{2v_0^2 \cos 45^\circ}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{dH}{dT} = 0 \Rightarrow \frac{\partial H}{\partial T} = (C - C_v) \Rightarrow$$

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{dH}{T} = (C - C_v) \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{H_2 - H_1}{T_2 - T_1} = \frac{C_v}{T_2} \Rightarrow \frac{H_2 - H_1}{T_2 - T_1} e^{\frac{C_v}{T_2}}$$

2

$$1) \quad \begin{array}{l} N \\ F \\ mg \sin \alpha \\ mg \cos \alpha \end{array} \quad ma = -mg \sin \alpha - \mu N \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

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

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

$$pdV = k dT = A$$

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

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

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

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

$$C = C_v + P \frac{dV}{dT} = \text{const} \Rightarrow P \frac{dV}{dT} = \text{const}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



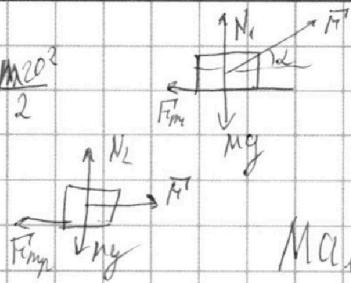
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

№3

$$1) K = \frac{M \omega^2}{2}$$



$$1. N_2 + F' \sin \alpha - Mg = 0 \quad N_2 = Mg - F' \sin \alpha$$

$$2. N_2 = Mg$$

$$Ma_1 = F' \cos \alpha - \mu N_2$$

$$Ma_2 = F' - \mu Mg$$

$$M \frac{d\theta}{dt} = M \frac{d\theta}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = F' \cos \alpha - \mu (Mg - F' \sin \alpha)$$

$$M \frac{d\theta}{dx} \frac{dx}{dt} = F' - \mu Mg$$

$$\mu N S = K \Rightarrow \mu = \frac{K}{NS}$$

$$\int M d\theta \frac{dx}{dt} = \int (F' \cos \alpha + \mu F' \sin \alpha - \mu Mg) dx$$

$$\int M d\theta \frac{dx}{dt} = \int (F' - \mu Mg) dx$$

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

$$\cancel{F' \cos \alpha - F'} = \mu (Mg) \quad F' \cos \alpha + \mu F' \sin \alpha - \mu Mg = F' - \mu Mg$$

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

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

$$\frac{M \omega^2}{2} k = \mu N_3 \cdot S = \mu Mg \Rightarrow S = \frac{k}{\mu g}$$

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

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_0} + \frac{1}{P_0} / C dt = C_1 dt + \frac{1}{P_0} dV$$

$$\frac{1}{P_0} = \frac{1}{P_0} \frac{1}{dt} + \frac{1}{P_0} \frac{1}{dV}$$

9755

831

21

831

$$\frac{1062}{17451}$$

6644
2493
9755

1062

17451