

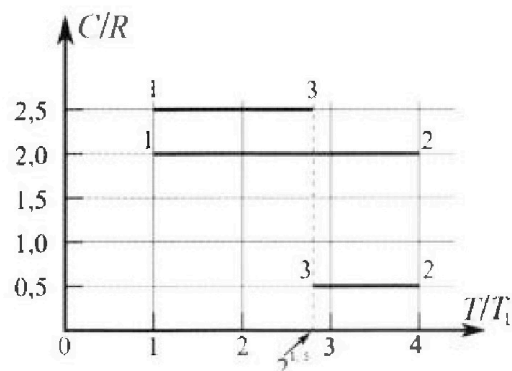
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



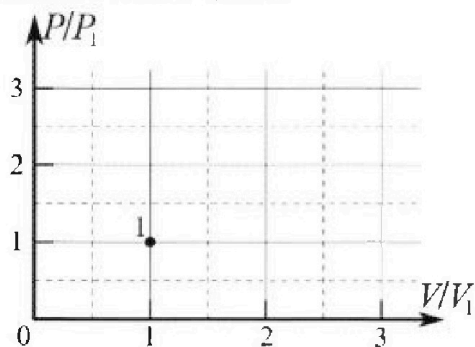
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.



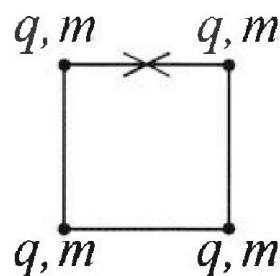
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V 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)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

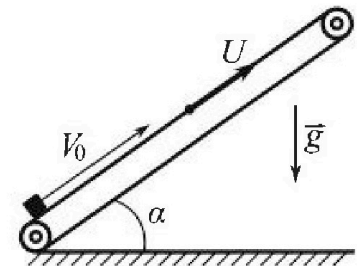
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

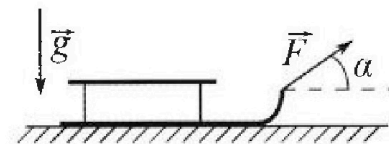
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости V_0 за одинаковое время.

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 скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



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

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? 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 непустима!



Дано:
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$
 $T = 2 с$

$S = 20 м$

1) $V_0 = ?$

2) $h_{max} = ?$ (максимальная высота прыжка)

У 1



Решение:

У ↑

П.м. МЗ поднялся на максимальную высоту, т.е. в самой верхней точке параллельно его скорость равна 0, $\Rightarrow \vec{v}_B = 0$
($\vec{v}_B$ - вектор скорости в верхней точке прыжка)

Пено движется равноускоренно ~~вверх~~ с ускорением свободного падения g :

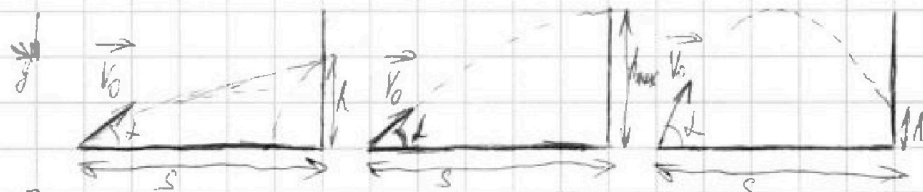
$$\vec{v}_K = \vec{v}_0 + \vec{g} \cdot T$$

$$0 = \vec{v}_0 - gT$$

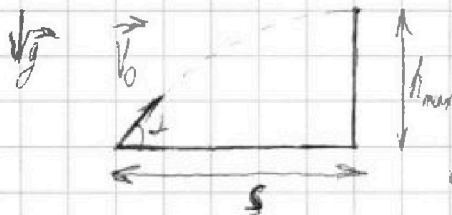
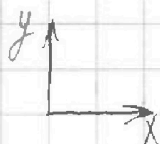
$$\vec{v}_0 = gT$$

$$\vec{v}_0 = 10 \frac{м}{с^2} \cdot 2 с = 20 \frac{м}{с} \Rightarrow V_0 = 20 \frac{м}{с}$$

2) Возможные ситуации:



Высота прыжка пеной будет максимальной, если удар произойдет в верхней точке параллельно МЗ (в верхней параболы, по которой летит МЗ). Тогда нас интересует вторая картинка.



$h_{max} = h$
Пено движется равноускоренно с ускорением g :

$$(1) \vec{V}_0 \cdot t + \frac{\vec{g} \cdot t^2}{2} = \vec{S}$$

$$(2) \vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t$$

$\vec{V}$ - вектор скорости в момент времени t - время полета пеной

$\vec{S}$ - вектор перемещения

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!

~~$$S_x = S$$~~

$$S_y = h$$

$$(1) \quad O_x: V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = S$$

~~$$t = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha}$$~~

$$t = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$O_y: V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} = h$$

~~$$V_0^2 \sin^2 \alpha \cdot t^2 - g \cdot t^2 = 2h$$~~

$$(2) \quad O_y: V_y = V_0 \sin \alpha - g t$$

в вершине параболы $V_y = 0$:

$$g t = V_0 \sin \alpha$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\text{Тогда } h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha \cdot g}{2g^2} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \\ t &= \frac{S}{V_0 \cos \alpha} \end{aligned} \right\} \text{но } \frac{V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$\frac{\sin \alpha \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{20 \text{ м}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \cos \alpha}$$

$$2 \sin \alpha = \frac{1}{\cos \alpha} \quad | \cdot \cos \alpha \quad (\cos \alpha \neq 0, \text{ т.к. } \alpha \neq 90^\circ)$$

$$2 \sin \alpha \cos \alpha = 1$$

$$\sin 2\alpha = 1$$

$$2\alpha = 90^\circ$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$h_{\max} = h = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 \cdot (\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{400 \cdot \frac{1}{2}}{20} \text{ м} =$$

$$= \frac{400}{40} \text{ м} = 10 \text{ м}.$$

Ответ: 1) $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $h_{\max} = 10 \text{ м}.$

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!

Дано:

$$g = 10 \frac{м}{с^2}$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$V_0 = 1 \frac{м}{с}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

1) $\mu = 0$

$$S = 1 м (пути)$$

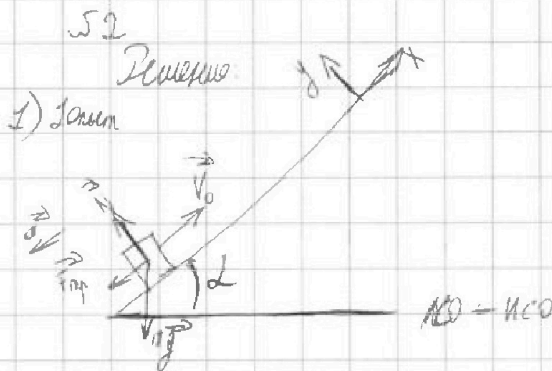
$$T = ? (время)$$

2) $\mu = 2 \frac{м}{с}$

$$V_f = \mu = 2 \frac{м}{с} (скорость скольжения)$$

$$T = ?$$

3) $V_k' = 0$ (во второй попытке)

$$H = ?$$


II закон Ньютона: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = \vec{a} \cdot m$

$$O_y: N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$O_x: -F_{тр} - mg \cdot \sin \alpha = -a \cdot m$$

$$F_{тр} = \mu \cdot N = \mu mg \cos \alpha \quad \begin{matrix} \text{м.к. не скользит} \\ (F_{тр} \text{ скользит}) \end{matrix}$$

$$am = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$$

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{8}{10}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{64}{100}} = \sqrt{\frac{36}{100}} = \sqrt{\left(\frac{6}{10}\right)^2} = 0,6$$

$$V_0^2 = T + \frac{a \cdot T^2}{2} = S$$

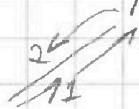
$$\begin{matrix} -a \\ dx = \\ S = \end{matrix}$$

$$O_x: V_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2} = S$$

$$\frac{T^2 \cdot g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} - V_0 T + S = 0$$

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

Для конца, м.к. не скользит одну и ту же точку
два раза:



Для второй точки после
старта, а.с. (1), $\Rightarrow$, берем
со знаком "-"



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}}{g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}$$

№ ~~1~~ ~~2~~ ~~3~~ ~~4~~ ~~5~~ ~~6~~ ~~7~~

$$T = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \sqrt{(4 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 - 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м} \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} =$$

$$= \frac{4 - \sqrt{16 - 20}}{10} \text{ с} = \frac{4 - \sqrt{4}}{10} \text{ с} \quad \text{такое } T \text{ не существует} \Rightarrow$$

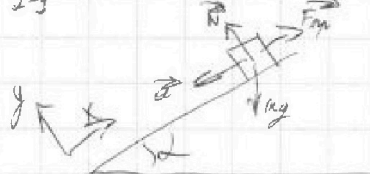
$\Rightarrow$ тело не придет $S = 1 \text{ м}$ за один проход в точку.

$$S(t) = V_0 T - \frac{g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}{2} T^2 \quad \left(\text{это останавливает и поворачивает} \right)$$

$$T_1 = T_{\text{до остановки}} = \frac{V_0}{g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)} \quad T_{\text{до остановки}} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} = \frac{4}{10} \text{ с} = \frac{2}{5} \text{ с}$$

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

$$S_{2-3} = S_{\text{после остановки}} = 1 \text{ м} - 0,8 = 0,2 \text{ м}$$



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} = d'm$$

$$Oy: N = mg \cos\alpha$$

$$Ox: F_{\text{тр}} - mg \sin\alpha = -d'm$$

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

$$d'm = mg \sin\alpha - mg \cos\alpha \mu$$

$$d' = g(\sin\alpha - \cos\alpha \mu)$$

$$\vec{V}_0 \cdot \vec{T}_2 + \frac{d' \cdot T_2^2}{2} = S_{2-3}$$

$$Ox: - \frac{g(\sin\alpha - \cos\alpha \mu) T_2^2}{2} = S_{2-3}$$

$$V_0' = 0 \text{ (тело останавливается)}$$

d' — ускорение после остановки.

T_2 — время от остановки.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\frac{g(\sin \alpha - \cos \alpha \mu)}{2} \cdot T_2^2 = S_2 - l$$

$$T_2^2 = \frac{2 \cdot S_2 - l}{g(\sin \alpha - \cos \alpha \mu)}$$

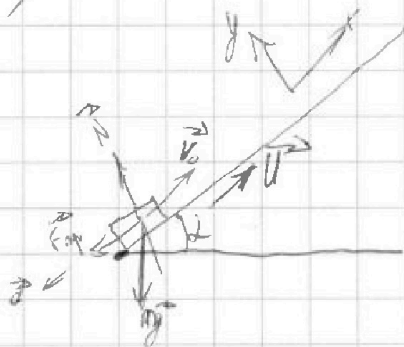
$$T_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot S_2 - l}{g(\sin \alpha - \cos \alpha \mu)}}$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,8)}} = \sqrt{\frac{0,4}{10(0,8 - \frac{1}{3})}} \text{ с} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4}{10 \cdot 0,6}} \text{ с} = \sqrt{\frac{4}{10 \cdot 6}} = \sqrt{\frac{1}{15}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{2}{5} \text{ с} + \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с} = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

2) 20 попыт



$$V_{\text{облско}} = V = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = g(\sin \alpha + \cos \alpha \mu) \quad (\text{из 1 пункта})$$

$$\text{CO-вертикаль: } \vec{V}_{\text{ком. лентки}} = \vec{V}_{\text{облско}} - \vec{U}$$

$$V_{\text{облско}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$O_x: V_{\text{ком. лентки}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{V}_{\text{ком. лентки}} = \vec{V}_{\text{облско}} - \vec{U}$$

$$O_x: V_{\text{ком. лентки}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{V}_{\text{ком. лентки}} = \vec{V}_{\text{облско}} + \vec{a} \cdot t$$

$$O_x: \vec{V}_{\text{ком. лентки}} = \vec{V}_{\text{облско}} + g(\sin \alpha + \cos \alpha \mu) \cdot t$$

t - время движения

$$d_x = a \cdot t$$



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!

$$0 \frac{u}{c} = 2 \frac{u}{c} - 10 \frac{u}{c^2} (0,8 + \frac{1}{3} - 0,6) \cdot t$$

$$2 \frac{u}{c} = 10 \frac{u}{c^2} t$$

$$t = \frac{1}{5} c$$

$$V_{\text{отн}} = 10: \quad \vec{S} = \vec{V}_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$2x: \quad l = 1 \frac{u}{c} \cdot \frac{1}{5} c + \frac{10 \frac{u}{c^2} (0,8 + 0,6 - \frac{1}{3}) \cdot (\frac{1}{5} c)^2}{2} = \frac{4}{3} - \frac{10}{2 \cdot 25} u = \frac{4}{3} - \frac{1}{5} u = \frac{3}{5} u = 0,6 u$$

3) Из второго уравнения:

$$V'_{\text{отн лентки}} = 0 \frac{u}{c} - 2 \frac{u}{c} = -2 \frac{u}{c}$$

$$V_{\text{отн лентки}} = 2 \frac{u}{c}$$

$$V_{\text{отн лентки}} = V_{\text{отн лентки}} - g(\sin \alpha + \cos \mu) \cdot \tau \quad \tau - \text{время полета}$$

$$-2 \frac{u}{c} = 2 \frac{u}{c} - 10 \frac{u}{c^2} \cdot (0,8 + \frac{1}{3} - 0,6) \tau$$

$$10 \frac{u}{c^2} \tau = 4 \frac{u}{c}$$

$$\tau = \frac{4}{10} c = \frac{2}{5} c$$

$$\vec{S}(t) = \vec{V}_0 \cdot \tau + \frac{a \cdot \tau^2}{2}$$

$$S(\tau) = 4 \frac{u}{c} \cdot \frac{2}{5} c - \frac{10 \frac{u}{c^2} (0,8 + \frac{1}{3} - 0,6) \cdot \frac{4}{25} c^2}{2} = \frac{8}{5} u - \frac{10 \cdot 4}{25 \cdot 2} u =$$

$$= \frac{8}{5} u - \frac{4}{5} u = \frac{4}{5} u$$

$$H = \sin \alpha \cdot S(\tau) = \frac{8}{10} \cdot \frac{4}{5} = \frac{8 \cdot 2}{5 \cdot 5} = \frac{16}{25} = \frac{64}{100} = 0,64 \text{ м}$$

Ответ: 1) $T = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$

2) $l = 0,6 \text{ м}$

3) $H = 0,64 \text{ м}$

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!

Дано:

V_0, l, m

~~$t_1 = t_2 = \tau$ (время разгона)~~

1 ступень: L

$\vec{F} = \text{const.}$

2 ступень: $L = 0^\circ$

$|\vec{F}| = \text{const.}$

4) μ

2) $v_k = 0$ Т-?

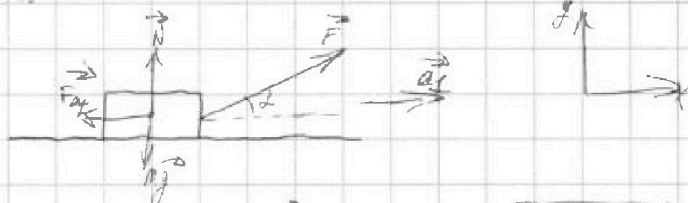
5 3

Допущения:

$t_1 = t_2 = \tau$ (время разгона) $v_{k1} = v_{k2} = v$

$F_1 = F_2 = F$ (мощность)

1) 1 ступень:



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{tr} = \vec{a}_1 m$$

$$v_{k1} = t_1 \cdot a_1$$

$$O_y: N = mg - F \cdot \sin L$$

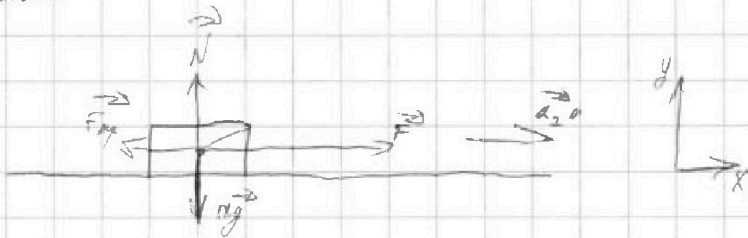
$$O_x: am = F \cdot \cos L - F_{tr}$$

$$F_{tr} - F_{tr, \text{сбаланс.}} = N\mu$$

$$a_1 = F \cdot \cos L - \mu \cdot mg + \mu F \sin L$$

$$a_1 = \frac{F \cos L - \mu mg + \mu F \sin L}{m}$$

2 ступень:



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{tr} + \vec{F} = \vec{a}_2 m$$

$$O_y: N = mg$$

$$F_{tr1} = F_{tr, \text{сбаланс.}} = N\mu$$

$$O_x: F - F_{tr} = a_2 m$$

$$a_2 = \frac{F - mg\mu}{m}$$

$$v_{k2} = t_2 \cdot a_2$$

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!



$$\begin{aligned} v_{k1} &= t_1 \cdot a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{v_{k1}}{t_1} = \frac{V_0}{2} \\ v_{k2} &= t_2 \cdot a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{v_{k2}}{t_2} = \frac{V_0}{2} \end{aligned} \Rightarrow a_1 = a_2$$

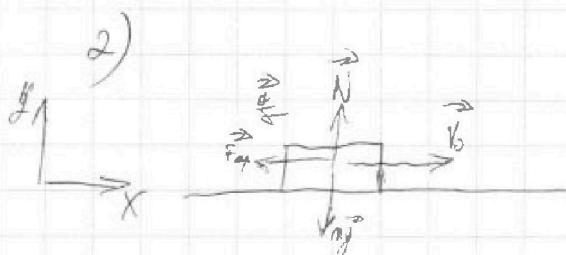
$$a_1 = a_2 : \frac{F \cos \alpha + (F \sin \alpha - mg) \mu}{m} = \frac{F - mg \mu}{m}$$

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

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

$$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha)$$

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



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{ap}} = \vec{a} \cdot m$$

$$O_y: N = mg$$

$$O_x: -F_{\text{ap}} = -a \cdot m$$

$$a \cdot m = \mu \cdot mg$$

$$a = \mu \cdot g$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g \cdot (1 - \cos \alpha)}$$

$$\vec{V}_0 + \vec{a}T = \vec{V}_k \quad V_k = 0$$

$$O_x: V_0 - aT = 0$$

$$aT = \frac{V_0}{a}$$

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

2) $T = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g \cdot (1 - \cos \alpha)}$

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!

Дано:

График зависимости $\frac{C}{R}$ от $\frac{T}{T_1}$

$V = 1 \text{ моль}$

$T_1 = 400 \text{ К}$

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

C - мольная теплоемкость

Решение:

1)

I Закон термодинамики

$$Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$$

Из уравнений и уравнений $\Rightarrow$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{1-2}$$

$$\Delta T_{1-2} = (4-1) \cdot T_1$$

$$\Delta T_{1-2} = 3 \cdot 400 \text{ К} = 1200 \text{ К}$$

$$Q_{1-2} = \Delta T_{1-2} \cdot \frac{C}{R_{1-2}} \cdot R \cdot \nu$$

$$\frac{C}{R_{1-2}} = 2$$

$$A_{1-2} = Q_{1-2} - \Delta U_{1-2}$$

$$A_{1-2} = \Delta T_{1-2} \cdot \nu \cdot R \cdot \frac{C}{R_{1-2}} - \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{1-2}$$

$$= \nu R \Delta T_{1-2} \left(\frac{C}{R_{1-2}} - \frac{3}{2} \right)$$

$$A_{1-2} = 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1200 \text{ К} \cdot \left(2 - 1,5 \right) =$$

$$= 8,31 \cdot 1200 - \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 1200 =$$

$$= 8,31 \cdot 600 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{|Q_{1-2}|}{|Q_{2-1}|} = \frac{|Q_{1-2}| - |Q_{2-1}|}{|Q_{2-1}|} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{4986 \text{ Дж}}{4986 \text{ Дж}} = 100\%$$

$$Q_{1-2} = 4986 \text{ Дж} \quad (1 \text{ пункт}) \quad Q_{1-2} > 0$$

$$(8,31 \cdot 600 \text{ Дж})$$



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!

$$\overline{Q_{2-3}} = \Delta T_{2-3} \cdot \frac{C}{R_{2-3}} \cdot R \cdot \nu$$

$$\frac{C}{R_{2-3}} = 0,5 = \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{2-3} &= 1 \cdot (2^{\frac{3}{2}} - 4) \cdot T_f = -T_f \cdot (4 - \sqrt{8}) = \\ &= -T_f \cdot (4 - 2\sqrt{2}) = -T_f \cdot 2(2 - \sqrt{2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{2-3} &= -400 \text{ К} \cdot 2 \cdot (2 - \sqrt{2}) = -800(2 - \sqrt{2}) = \\ &= 800\sqrt{2} - 1600 \text{ К} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{2-3} &= (800\sqrt{2} - 1600) \text{ К} \cdot \frac{1}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} = \\ &= (400\sqrt{2} - 800) \cdot 8,31 \text{ Дж} \end{aligned}$$

$$\underline{Q_{2-3} < 0}$$

$$Q_{3-1} = \Delta T_{3-1} \cdot \frac{C}{R_{3-1}} \cdot R \cdot \nu$$

$$\frac{C}{R_{3-1}} = 2$$

$$\Delta T_{3-1} = (1 - 2^{\frac{3}{2}}) \cdot T_f$$

$$\Delta T_{3-1} = (1 - 2\sqrt{2}) \cdot 400 \text{ К} = \cancel{400 - 800\sqrt{2}} \text{ К} = 400 - 800\sqrt{2} \text{ К}$$

$$\begin{aligned} Q_{3-1} &= (400 - 800\sqrt{2}) \text{ К} \cdot 2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ моль} = \\ &= (800 - 1600\sqrt{2}) \cdot 8,31 \text{ Дж} \end{aligned}$$

$$Q_{3-1} < 0$$



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!

$$Q_{\text{выпуск}} = Q_{2-3} + Q_{3-1}$$

$$Q_{\text{перез}} = Q_{1-2}$$

$$\eta = \frac{|Q_{1-2}| - (|Q_{2-3}| + |Q_{3-1}|)}{Q_{1-2}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{2,31 \cdot 600 \text{ тн} - ((600 \text{ тн} - 400) \cdot 6,31 \text{ тн} + (1600 \text{ тн} - 600) \cdot 4,36 \text{ тн})}{6,31 \cdot 600 \text{ тн}}$$

$$\cdot 100\% =$$

$$= \frac{600 - 600 \text{ тн} + 400 - 1600 \text{ тн} + 600}{600} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{2400}{600} - \frac{2400 \text{ тн}}{600} \cdot 100\% = \frac{24}{6} - \frac{24 \text{ тн}}{6} \cdot 100\% =$$

$$= 3 - 4 \text{ тн}$$

$$\text{ответ: 1) } Q_{1-2} = 4966 \text{ тн.}$$

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:

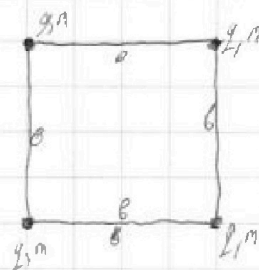
q, l, m, k

1) T - ?

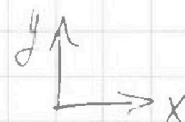
2) V - ?

3) d - ?

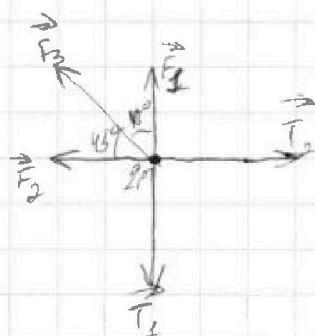
Решение:



$$T_1 = T_2 = T$$



★ Левый верхний шарик:



По закону Кулона:

$$F_1 = k \cdot \frac{q \cdot q}{l^2} = k \cdot \frac{q^2}{l^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{q \cdot q}{l^2} = k \cdot \frac{q^2}{l^2}$$

$$F_3 = k \cdot \frac{q \cdot q}{(\sqrt{2}l)^2} = k \cdot \frac{q^2}{2l^2}$$

$$F_1 = F_2 = F; \quad F_3 = \frac{F}{2}$$

II Закон Кулона:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = 0$$

$$O_y: \quad F + \frac{F}{2} \cdot \cos 45^\circ = T$$

$$O_x: \quad F + \frac{F}{2} \cdot \cos 45^\circ = T$$

$$T = F + \frac{F}{2} \cdot \cos 45^\circ = F \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = k \cdot \frac{q^2}{l^2} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right) =$$

$$= k \cdot \frac{q^2}{l^2} \cdot \frac{4 + \sqrt{2}}{4} = \frac{k \cdot q^2 \cdot (4 + \sqrt{2})}{4l^2}$$

Ответ: 1) $T = \frac{k \cdot q^2 \cdot (4 + \sqrt{2})}{4l^2}$

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!

$-5t^2 + 4t - 1 = 0$
 $5t^2 - 4t + 1 = 0$ $t_{\text{neg}} = T = 2c$
 $D = 16 - 4 \cdot 5 \cdot 1 = -20$
 $t = \frac{4 \pm \sqrt{-20}}{10}$
 $v_0 = gT = 20 \frac{m}{c}$
 $v_0 \cos \alpha \cdot t = S$ | $v_0 \sin \alpha = g t$
 $\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = S$ | $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
 $\frac{4}{10} = \frac{2}{5}$
 $\frac{2}{5} \cdot 4 - \frac{4}{5} = \frac{8}{5} - \frac{4}{5} = \frac{4}{5}$
 $\frac{4}{5} = \frac{4}{5}$
 $S = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
 $H = S$
 $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$
 $4 \sin \alpha = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$
 $2 t_{\text{neg}} =$
 20
 $v_0 \cos \alpha \cdot t = 20$
 $\cos \alpha \cdot t = 1$
 $\cos \alpha \cdot t = 1$
 $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$
 $2 \sin \alpha \cos \alpha = \cos \alpha \cdot t$
 $2 \sin \alpha = t$
 $t = 2 \sin \alpha$
 $\frac{1}{\cos \alpha} = 2 \sin \alpha$
 $2 \sin \alpha \cos \alpha = 1$
 $\sin 2\alpha = 1$
 $2\alpha = 90^\circ$
 $\alpha = 45^\circ$
 $2 \sin \alpha = \cos \alpha$
 $2 \sin 45^\circ = \cos 45^\circ$
 $2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$
 $2 = \frac{1}{2}$
 $t = \frac{20}{10} = 2$
 $\frac{H}{2} = 5$
 $400 - 20t^2 = 20$
 $20 - 10t^2 = 1$
 $2 \sin^2 \alpha = 1$
 $\sin^2 \alpha = \frac{1}{2}$
 $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}}$
 $\alpha = 45^\circ$
 $16 - 20t^2 = 9$

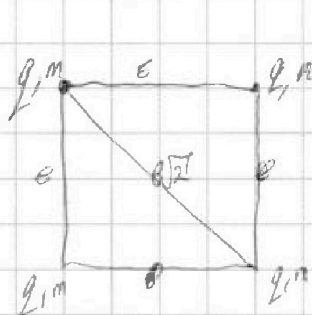
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Век
K-Мат.

$$F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{q^2}{6^2} \cdot k$$

$$(x+\Delta x)^2 - (x-\Delta x)^2$$

$$x^2 + 2x\Delta x + \Delta x^2 - (x^2 - 2x\Delta x + \Delta x^2) = 4x\Delta x$$

$$2x \cdot \Delta x = -2x \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = -\Delta x$$

$\sqrt{2} \cdot \text{Мат.}$

$12-3-1$

$$\bar{x}_g = \frac{(2 \cdot 1000)^3}{20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot \sqrt{6}}$$

$$Q = C m \Delta T$$

C - Дел на 1 Мат.

$$C = \frac{Q}{m \Delta T}$$

$$Q = -K V R \Delta T$$

$$Q = \frac{K V R \Delta T}{m \Delta T} = \frac{K R}{M}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{K}{M}$$

P = const

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

$$A' = P \Delta V$$

$$Q = -A + \Delta U$$

$$Q = A - \Delta U$$

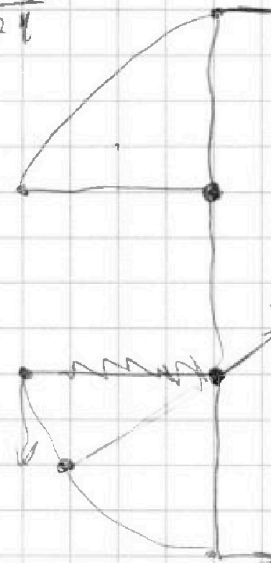
$$A = Q + \Delta U$$

$$10 \Rightarrow \downarrow K$$

$$Q = A' + \Delta U$$

$$\frac{+16}{24}$$

$$\frac{K R^2}{6-28}$$



$$Q = C \cdot m \cdot \Delta T =$$

$$= k \cdot \frac{R}{M} \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = \frac{K \cdot V \cdot R \cdot \Delta T}{m \cdot \Delta T} \cdot m \cdot \Delta T$$

$$F_1 + F_2 + F_3$$

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = 3 \cdot 400K = 1200K$$