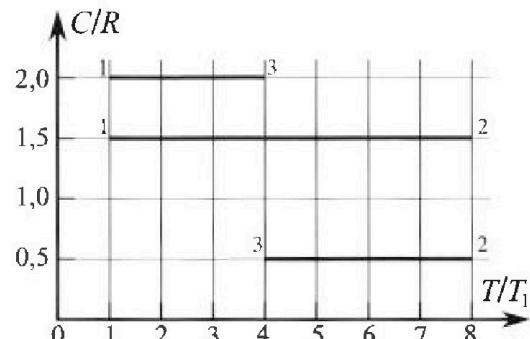


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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

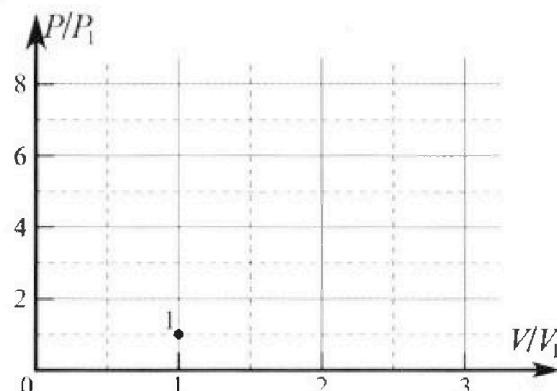
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессых: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



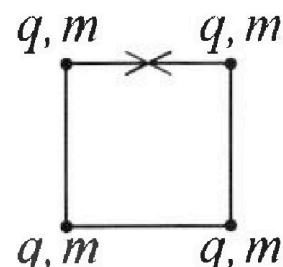
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

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

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных 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.

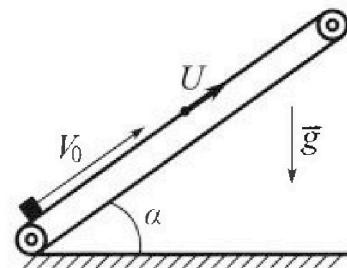
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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) Какой 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

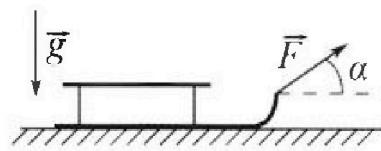
$$U = 1 \text{ м/с?}$$

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!

№ 1.

①



Пусть τ - время полёта

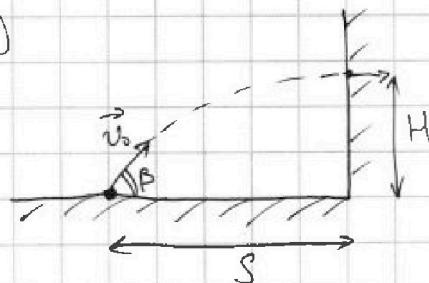
$$v_0 \cos \alpha \tau = L \quad (1)$$

$$v_0 \sin \alpha \tau = g \frac{\tau}{2} \quad (\text{т.к. в середине полёта вертикальная составляющая скорости будет } 0). \text{ Отсюда:}$$

$$\tau = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}. \text{ Подставив в (1), получаем:}$$

$$L = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \text{ м} \cdot 20 \text{ м}}{1}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

②



Высота удара о стенку будет максимальной тогда, когда в момент удара мяча о стенку вертикальная составляющая скорости будет равна 0. (т.к. мяч либо не долетит до своей максимальной высоты, либо перелетит её).

Пусть β - угол начальной скорости к горизонту, t - время от старта до удара о стенку.

$$H = \frac{(v_0 \sin \beta)^2}{2g} \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2}$$

$$H = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \sqrt{2gH} \cdot t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow \frac{gt^2}{2} - \sqrt{2gH} \cdot t + H = 0$$

$$\Delta = 2gH - 2gH = 0. \quad t = \frac{\sqrt{2gH}}{g} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$



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!

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{\frac{v_0^2 - 2gH}{v_0^2}}$$

$$v_0 \cos \beta \cdot t = S = \sqrt{v_0^2 - 2gH} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2H(v_0^2 - 2gH)}{g}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \text{ м} \cdot (200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 3,6 \text{ м})}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{256 \cdot 0,36} \text{ м} = 16 \cdot 0,6 \text{ м} = 9,6 \text{ м.}$$

Ответ: $10 \sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 9,6 м.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

(2) ~~Будет~~ скорость корабли относительно ленты $v_{\text{отн}} = v_0 \pm U$, где v_0 - собств. ско. корабля (знак зависит от направления)

$$\text{Изначально } v_{\text{отн.}} = v_0 - U = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Сесть 2 случая, когда $v = U$:

1. v направлено вверх по ленте, $v_{\text{отн.}} = U - U = 0$.

$$T_{1(1)} = \frac{v_{\text{отн.}} - 0}{a_x} = \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,5 \text{ с.}$$

Это время, когда корабль остановился относительно ленты.
Дальше мы ещё будем это использовать.

2. v направлено вниз по ленте: $v_{\text{отн.}} = U + U = 2U$.

$$T_{1(2)} = T_{1(1)} + \frac{2U}{a_x} = 0,5 \text{ с} + \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,5 \text{ с.}$$

(3) Когда $v = 0$, $v_{\text{отн.}} = U$ и сядут вниз

Нужно T_2 - время, спустя которое это произойдёт.

$$T_2 = T_{1(1)} + \frac{U}{a_x} = 0,5 \text{ с} + \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1 \text{ с}$$

$$L = v_{\text{отн.}} T_{1(1)} - \frac{a_x T_{1(1)}^2}{2} - \frac{a_x (T_2 - T_{1(1)})^2}{2} + UT_2 =$$

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

$$= 2,5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} - 0,25 \text{ м} + 1 \text{ м} = 2 \text{ м.}$$

Ответ: 1,96 м; 0,5 с, 1,5 с; 2 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 |
| <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!

№ 2.

①

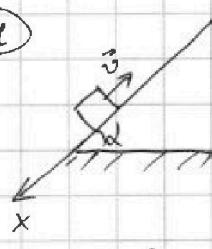


рис. 1.

Направим ось X , как на рисунке 1.

m - масса коробки, N -сила нормальной реакции ленты, $F_{\text{тр}}$ -сила трения, действующая на коробку со стороны ленты.

До остановки коробки силы, действующие на коробку, показаны на рис. 2.

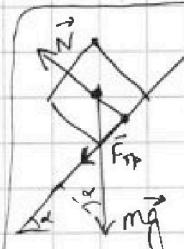


рис. 2

Пусть a_x - ускорение, ~~действующее~~ коробку до остановки.

$$m a_x = m g \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha; \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{0,64} = 0,8.$$

$$a_x = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Пусть $T_{\text{ост}}$ - время остановки коробки.

$$T_{\text{ост}} = \frac{v_0}{a_x} = \frac{6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,6 \text{ с}, \text{ за это время коробка пройдет}$$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2 a_x} = \frac{36 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,8 \text{ м.}$$

Сила, действующая на коробку после остановки - на рис. 3.

Ускорение коробки после остановки обозначим a'_x .

$$F_{\text{тр} \max} = \mu m g \cos \alpha = 0,4 m g; m g \sin \alpha = 0,6 m g > F_{\text{тр} \max}$$

Значит, коробка тормозит вниз по ленте.

$$a'_x = g / \sin \alpha - \mu \cos \alpha = 0,2 g = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. S_2 = \frac{a'_x (T - T_{\text{ост}})^2}{2} = 0,16 \text{ м.}$$

(S_2 - путь, проходимый после остановки). Искомый путь $S = S_1 + S_2 =$

$$= 1,96 \text{ м.}$$

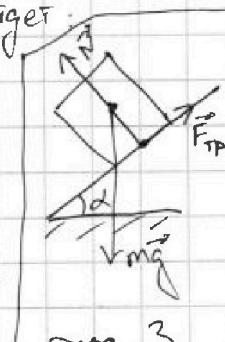


рис. 3

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 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!

№ 3.

① Пусть a - горизонтальное ускорение самолета. Тогда II закон Ньютона для наших ситуаций:

$$\begin{cases} 1. ma = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) \\ 2. ma = F - \mu mg \end{cases}$$

Если L - длина участка разгона, то!

$$L = \frac{v^2}{2a}$$

(v - скорость, до которой разгоняют самолет)



v в обоих случаях одинакова, т.к. одинакова K ($K = \frac{\mu v^2}{2}$),
 L тоже по условию. Значит, одинакова и ускорение. Тогда
мы можем приравнять правые части уравнений:

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

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

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

② $K = \frac{\mu v^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2K}{\mu}$. Пусть a' - ускорение после прекра-
щения действия силы F . Тогда:

$$ma' = \mu mg$$

$$a' = \mu g$$

$$S = \frac{v^2}{2a'} = \frac{2K}{2\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{\mu(1 - \cos \alpha)mg}$$

Ответ: $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \frac{K \sin \alpha}{\mu(1 - \cos \alpha)mg}$



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

~ 4.

$$\textcircled{1} \quad Q = C \Delta T = \Delta U + A'$$

$$Q_{31} = 2R \cdot J \cdot (-3T_1) = \frac{3}{2} JR(-3T_1) \quad (\text{площадь под графиком } 3 \rightarrow 1)$$

$$A_{31} = JR T_1 \left(6 - \frac{9}{2}\right) = \frac{3}{2} JR T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{к. моль}} \cdot 200 \text{ К} =$$

$$= 831 \cdot 3 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж.} \quad A_{31}' = -A_{31}$$

$$\textcircled{2} \quad \eta = \frac{A'_0}{Q_0} \quad (A'_0 - \text{вс. работа газа за цикл}, Q_0 - \text{тепло, переданное к газу за цикл})$$

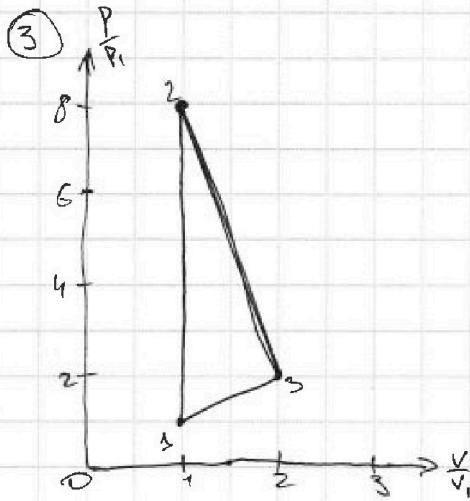
Т.к. Q можно найти как площадь под графиком, умноженное на J ,
заметим, что $Q > 0$ только на участке $1 \rightarrow 2$, т.к. там температура
повышается.

$$Q_{12} = Q_0 = \frac{3}{2} R J \cdot 7T_1 = \frac{21}{2} JR T_1$$

$$A'_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{21}{2} JR T_1 - \frac{3}{2} JR \cdot 7T_1 = 0$$

$$Q_{23} = \frac{R}{2} \cdot J \cdot (-4T_1) = \frac{3}{2} \cdot JR(-4T_1) + A_{23}'$$

$$A_{23}' = JR T_1 \left(\frac{12}{2} - 2\right) = 4JR T_1. \quad \eta = \frac{A_{23}' + A_{31}'^{100\%}}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} JR T_1 + 100\%}{\frac{21}{2} JR T_1} = \frac{5}{21} \cdot 100\%$$



$$\frac{P_2 V_1}{T_1} = \text{const}, \quad T_2 = 8T_1, \quad A'_{21} = 0 \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow P_2 = 8P_1$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{4T_1} \Rightarrow P_3 V_3 = 4P_1 V_1$$

$A_{31} = \frac{3}{2} JR T_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1 \Rightarrow$ Площадь под графиком $3 \rightarrow 1$ - 3 клетки, и объем уменьшился.

Мы видим, что лежит точка $(2; 2)$,



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

так как $2P_1 \cdot 2V_1 = 4P_1 V_1$, а на графике прямая

$(2;2) \rightarrow (1;1)$ оставляет под собой 3 клетки.

Ответ: 249324; $\frac{5}{21} \cdot 100\%$

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

МФТИ

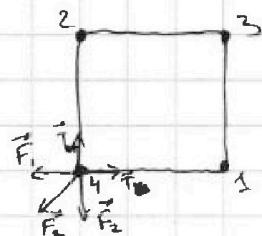


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№5.

Закон Кулона: $F = \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot k$, $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$.

- ① На рисунке - силы, действующие на один из вертикальных зарядов. Аналогично силы на остальные.



Каждый из четырех зарядов имеет симметрическую форму

$$\text{Тогда: } \sqrt{2}F_1 + F_3 = \sqrt{2}T$$

$$F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{2a^2}$$

$$\sqrt{2}T = \cancel{\frac{1 \cdot q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a^2}} (\sqrt{2} + \frac{1}{2})$$

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

$$\text{Ответ: } \sqrt{\frac{4\sqrt{2}T\pi\epsilon_0 a^2}{\sqrt{2} + \frac{1}{2}}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

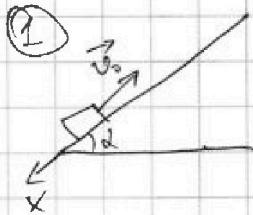
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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!

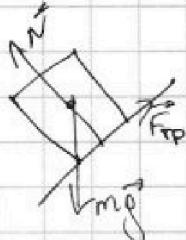


$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$m a_x = m g \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha$$

$$a_x = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10 (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$T_{\text{max}} = \frac{v_0}{a_x} = \frac{6 \frac{m}{s}}{10 \frac{m}{s^2}} = 0,6 \text{ s}, \quad S_1 = \frac{v_0^2}{2 a_x} = \frac{36 \frac{m^2}{s^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = 1,8 \text{ m}$$



$$F_{\text{f, max}} = \mu m g \cos \alpha = 0,4 m g$$

$$m g \sin \alpha = 0,6 m g > F_{\text{f, max}}$$

$$a_x' = \mu g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 0,2 g = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$S_2 = \frac{a_x' (T - T_{\text{max}})^2}{2} = \frac{10 \frac{m}{s^2} (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot (0,4 \text{ s})^2}{2} = 0,16 \text{ m}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ m}$$

Когда корабль супр. всп. от бортов рабочих, то
стремится к кораблю. Дает рабочим и в 2 случаях: скоб. ск. корабли
отн. 3 земле
 $v = 0$ и $x = 2x$ (вниз по лесте)



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$\textcircled{1} \quad 1. \quad ma = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$2. \quad ma = F - \mu mg$$

$$L_{\text{ок}} = \frac{mv^2}{2a}$$

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

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

$$\textcircled{2} \quad K = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$ma' = \mu mg$$

$$a' = \mu g$$

$$S = \frac{v^2}{2a'} = \frac{2K}{2m \cdot \mu g} = \frac{K}{\mu mg}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$$C_V = \frac{3}{2}R \Rightarrow 1 \rightarrow 2 \text{ идёт холостой}$$

$$C_P = \frac{5}{2}R$$

① $Q = C \Delta T = nU A_{31}$

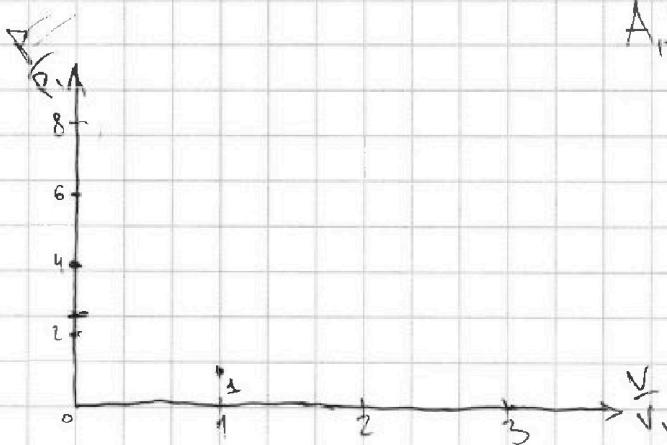
$$\begin{aligned} Q_{31} &= \cancel{QR} \cdot (-\Delta T_1) = \cancel{\frac{1}{2}} R \cdot \Delta T_1 = A_{31} \\ A_{31} &= \cancel{0} RT_1 \left(\frac{\Delta T_1}{2} + 6 \right) = \cancel{\frac{21}{2}} \cancel{RT_1} = \cancel{\frac{21}{2}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 200 \text{ К} = \\ &= \cancel{-0,21} \cdot 831 \text{ Дж} = \cancel{-0,21} \cdot 831 \text{ Дж} = 17451 \text{ Дж} \end{aligned}$$

②

$$Q > 0 \text{ только если } 1 \rightarrow 2. \quad Q_{12} = \frac{3}{2}R \cdot \Delta T_1 =$$

$$= \frac{3}{2}R \cdot \Delta T_1 + A_{12}$$

$$A_{12}' = \frac{3}{2}R \cdot \Delta T_1 - \frac{3}{2}R \cdot \Delta T_1 = 0.$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

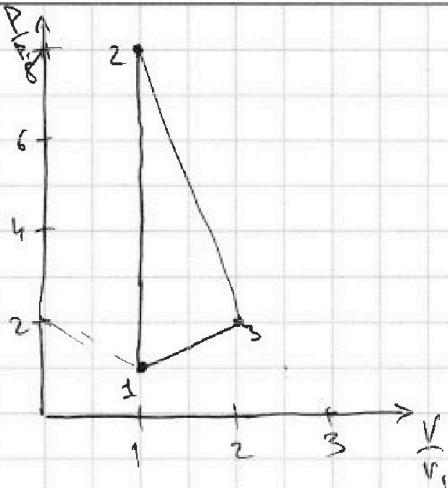
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$Q_{31} = 2R \cdot J \cdot (-3)T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} JR \cdot (-3)T_1 - A_{31}$$

$$A_{31} = JR T_1 \left(6 - \frac{9}{2}\right) = \frac{3}{2} JR T_1 =$$

~~$$A_{31} = -\frac{3}{2} JR T_1$$~~

$$= \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 200 \text{ К} =$$

$$= 8,31 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$$

$$A_{31}' = -2493 \text{ Дж.} = -\frac{3}{2} JR T_1$$

$$Q_{23} = \frac{R}{2} \cdot J \cdot (-4)T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} JR (-4)T_1 + A_{23}'$$

$$A_{23}' = JR T_1 \left(\frac{12}{2} - \frac{4}{2}\right) = 4JR T_1$$

$$A_0 = A_{23} \sum A_i = 4JR T_1 - \frac{3}{2} JR T_1 = \frac{5}{2} JR T_1$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} JR T_1}{\frac{21}{2} JR T_1} = \frac{5}{21}$$

$$\textcircled{3} \quad T_2 = 8T_1 \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \text{const.}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad V_2 = V_1 (A_{12}' = 0)$$

$$P_1 = \frac{P_2}{8} \Rightarrow P_2 = 8P_1$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{4T_1}$$

$$A_{31} = \frac{3}{2} JR T_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1 \Rightarrow 3 \text{ кДж.}$$

$$4P_1 V_1 = P_3 V_3$$

т. (2; 2)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

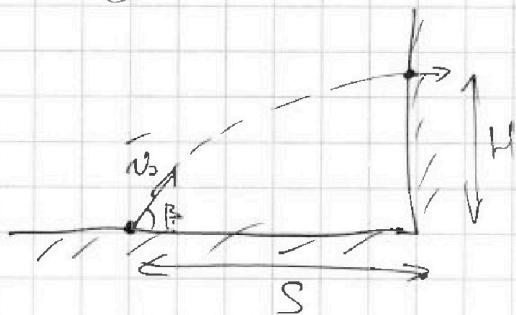
МФТИ

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

$$\left(\frac{v_0^2}{gS}\right)^2 + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$\cos^2 \beta = \frac{1}{\left(\frac{v_0^2}{gS}\right)^2 + 1}$$

~~$$\frac{2 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 2 \cdot g \cdot H \cdot S^2}{g^2 g^2 (v_0^4 + g^2 S^2)}$$~~



$$v_0 \cos \beta \cdot t = S$$

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

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0}$$

$$\sqrt{2gH} \cdot t - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$\frac{gt^2}{2} - \sqrt{2gH} \cdot t + H = 0$$

$$\Delta = 2gH - 2gH = 0$$

$$t = \frac{\sqrt{2gH}}{g} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 - 2gH}{v_0^2}}$$

$$v_0 \cdot \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0} \cdot t = S$$

$$S = \sqrt{v_0^2 - 2gH} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2H(v_0^2 - 2gH)}{g}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \text{ m} \cdot (200 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - 2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3,6 \text{ m})}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 128 \cdot 0,36} \text{ m} = 16 \cdot 0,6 \text{ m} = 9,6 \text{ m}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

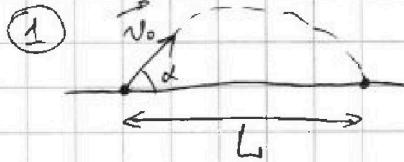
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



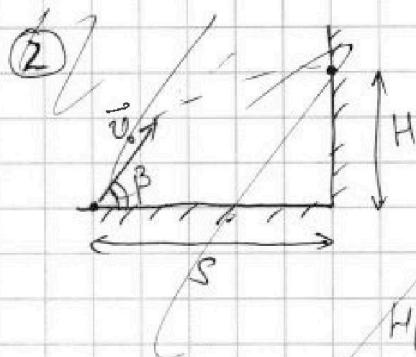
Пусть t - время полёта.

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

$$v_0 \sin \alpha = g \frac{t}{2}$$

$$t = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \frac{m}{s^2} \cdot 20 m}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{200} \frac{m}{s} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$



$$v_0 \cos \alpha \cdot t = S$$

(t - время полёта
до столкновения со
стеной)

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

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

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

$$\frac{gt^2}{2} + H = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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

$$H(\alpha) = S \cdot \tan \alpha - (4g^2 \alpha + 1) \cdot \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

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

$$\frac{S \cdot \tan \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{g S^2}{v_0^2} \cdot \frac{\tan \alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\tan \alpha \cdot \frac{g S}{v_0^2} = 1 \quad \tan \alpha = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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