

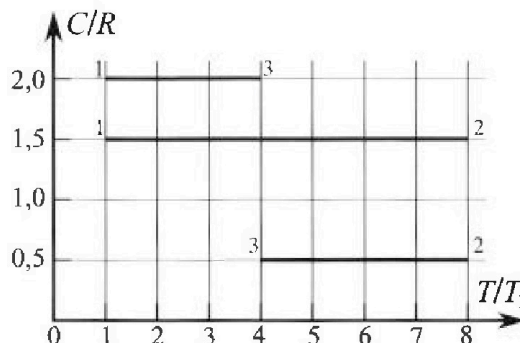
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



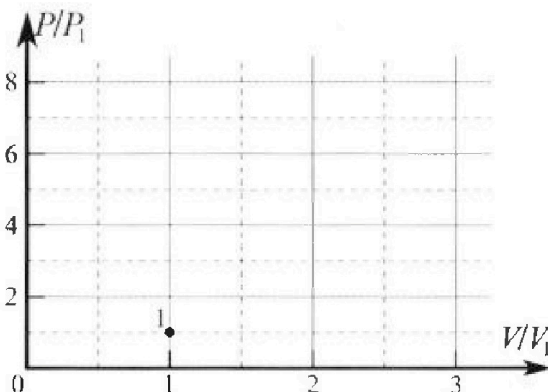
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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



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

2) Найдите КПД  $\eta$  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  $T$ .

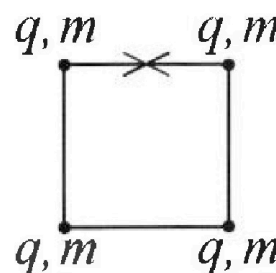
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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 рас стоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

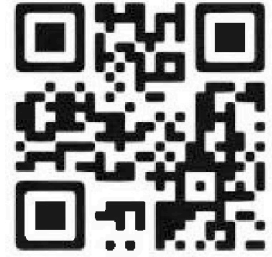




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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

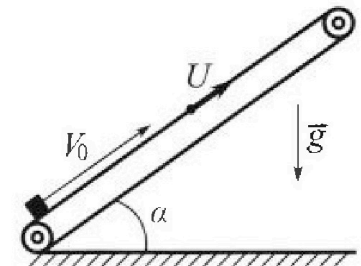
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1$  с?

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

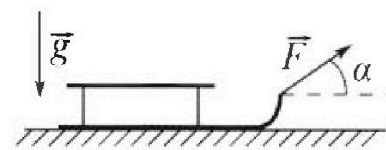
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



№ 1.

1



Пусть  $\tau$  - время полёта

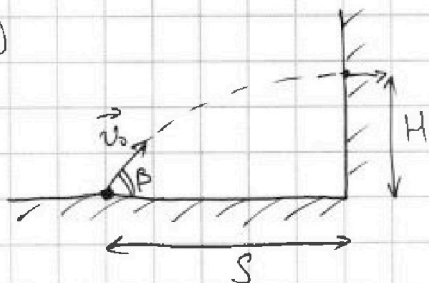
$$v_0 \cos \alpha \tau = L \quad (1)$$

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

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

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

2



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

Пусть  $\beta$  - ~~на~~ угол начальной скорости к горизонту,  $t$  - время от старта до удара о стенку.

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

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

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

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

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:



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

② ~~Изначально~~ скорость коробки относительно ленты  $v_{отн} = v_0 \pm u$ , где  $v_0$  - собств. скорость коробки (знак зависит от направления)

Изначально  $v_{отн0} = v_0 - u = 5 \frac{м}{с}$ .

Есть 2 случая, когда  $v = u$ :

1.  $v$  направлена вверх по ленте,  $v_{отн} = u - u = 0$ .

$$T_{1(i)} = \frac{v_{отн0} - 0}{a_x} = \frac{5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 0,5 с.$$

Это время, когда коробка остановилась относительно ленты. Дальше мы еще будем ею пользоваться.

2.  $v$  направлена вниз по ленте:  $v_{отн} = u + u = 2u$ .

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

③ Когда  $v = 0$ ,  $v_{отн} = u$  и направлена вниз

Пусть  $T_2$  - время, спустя которое это произойдет.

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

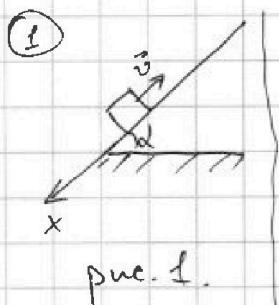
$$\begin{aligned} L &= v_{отн0} T_{1(i)} - \frac{a_x T_{1(i)}^2}{2} - \frac{a_x (T_2 - T_{1(i)})^2}{2} + u T_2 = \\ &= 5 \frac{м}{с} \cdot 0,5 с - \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot (0,5 с)^2}{2} - \frac{2 \frac{м}{с^2} \cdot (0,5 с)^2}{2} + 1 \frac{м}{с} \cdot 1 с = \\ &= 2,5 м - 1,25 м - 0,25 м + 1 м = 2 м. \end{aligned}$$

Ответ: 1,96 м; 0,5 с; 1,5 с; 2 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!

~ 2.



Направим ось  $X$ , как на рисунке 1.

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

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

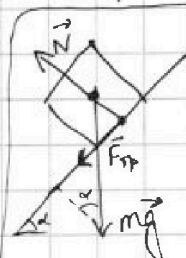


рис. 2

Пусть  $a_x$  - ускорение, действующее на коробку до остановки.

$$ma_x = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{0,64} = 0,8.$$

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

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

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

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

Силы, действующие на коробку после остановки - на рис. 3.

Ускорение коробки после остановки обозначим  $a_x'$ .

$$F_{тр \max} = \mu mg \cos \alpha = 0,4 mg; \quad mg \sin \alpha = 0,6 mg > F_{тр \max}$$

Значит, коробка точно поедет вниз по ленте.

$$a_x' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0,2g = 2 \frac{m}{c^2}. \quad S_2 = \frac{a_x'(T - T_{ост})^2}{2} = 0,16 \text{ м.}$$

( $S_2$  - путь, пройденный после остановки). Искомый путь  $S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ м.}$

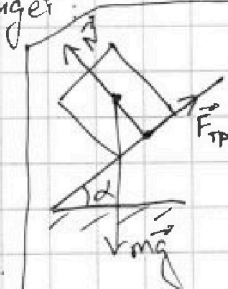


рис. 3



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

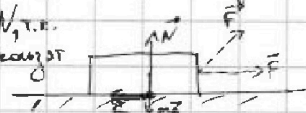
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№ 3.

① Пусть  $a$  - горизонтальное ускорение санок. Тогда II закона Ньютона для нашей ситуации:

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

$F_{тр} = \mu N$ , т.к. санки скользят



$$L = \frac{v^2}{2a} \quad (v - \text{скорость, до которой разогнали санки})$$

$v$  в обоих случаях одинакова, т.к. одинакова  $k$  ( $k = \frac{mv^2}{2}$ ),  
 $L$  тоже по условию. Значит, одинаковы и ускорения. 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  $k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2k}{m}$ . Пусть  $a'$  - ускорение после прекращения действия силы  $F$ . Тогда:

$$ma' = \mu mg$$

$$a' = \mu g$$

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

Ответ:  $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ ;  $\frac{k \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$



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!



~ 4.

①  $Q = C_V \Delta T = \Delta U + A'$  (Q - тепло, переданное на участке цикла к газу,  $\nu = 1$  моль,  $\Delta T$  - изм. температура газа,  $\Delta U$  - изм. внутр. энергии газа,  $A'$  - работа газа, если просто A - работа внешних сил на участке (участок будет в ширине).)

$Q_{31} = 2R \cdot \nu \cdot (-3T_1) =$  (площадь под графиком  $3 \rightarrow 1$ )  
 $= \frac{3}{2} \nu R (-3T_1) = -A_{31}$

$A_{31} = \nu R T_1 (6 - \frac{9}{2}) = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 200 \text{ К} =$   
 $= 831 \cdot 3 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж. } A_{31}' = -A_{31}.$

②  $\eta = \frac{A_0'}{Q_0}$  ( $A_0'$  - вся работа газа за цикл,  $Q_0$  - тепло, переданное к газу за цикл).

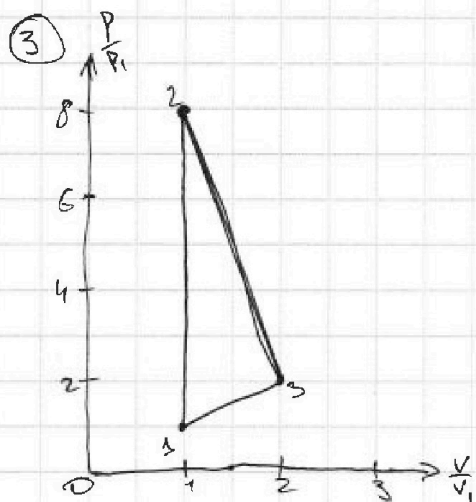
Т.к. Q можно найти как площадь под графиком, умноженная на  $\nu$ , заметим, что  $Q > 0$  только на участке  $1 \rightarrow 2$ , т.к. там температура повышается.

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

$A_{12}' = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{21}{2} \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 = 0.$

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

$A_{23}' = \nu R T_1 (\frac{12}{2} - 2) = 4 \nu R T_1. \eta = \frac{A_{23}' + A_{31}' \cdot 100\%}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R T_1 \cdot 100\%}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{5}{21} \cdot 100\%$



$\frac{pV}{T} = \text{const}, T_2 = 8T_1, A_{12}' = 0 \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow p_2 = 8p_1$

$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{4T_1} \Rightarrow p_3 V_3 = 4p_1 V_1$

$A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1 \Rightarrow$  Площадь под графиком  $3 \rightarrow 1$  - 3 клетки, и объем уменьшился.

Можно видеть, что принадлежит 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"/>

 МФТИ

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

так как  $2r_1 \cdot 2V_1 = 4r_1 V_1$ , а на графике прямая

$(2; 2) \rightarrow (1; 1)$  оставляет по себе 3 клетки.

Ответ: 24932ae;  $\frac{5}{21} \cdot 100\%$

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

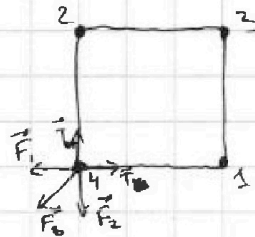
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



MS.

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 зарядов. Аналогично силы на остальные.



~~Кубосообразный симметрия  $F_1, F_2, F_3$~~

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

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

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

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

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

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



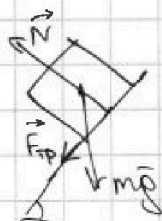
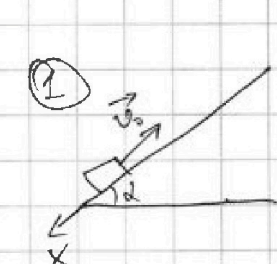
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

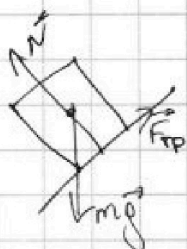


$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

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

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

$$t_{\text{ост}} = \frac{v_0}{a_x} = \frac{6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,6 \text{ с}, \quad S_1 = \frac{v_0^2}{2 a_x} = \frac{36 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,8 \text{ м}$$



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

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

$$a_x' = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0,2 g = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$S_2 = \frac{a_x' (T - t_{\text{ост}})^2}{2} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot (0,4 \text{ с})^2}{2} = 0,16 \text{ м}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ м}$$

~~Или когда скор. кар.  $v_0$  будет равна  $v$  относительно земли или будет равен  $v$ .~~

~~скорость каретки будет равна  $v$  в 2 случаях: соотв. с кареткой~~

~~$v = 0$  и  $v = 2u$  (вниз по ленте)~~



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 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!

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

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

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

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

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

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

$$ma' = \mu mg$$

$$a' = \mu g$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$C_v = \frac{3}{2} R \Rightarrow 1 \rightarrow 2 \text{ что характерно}$$

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

$$\textcircled{1} Q = C \nabla \Delta T = \Delta U + A_{31}$$

$$Q_{31} = 2R \cdot (-3T_1) \cdot \nu = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 + A_{31}$$

$$A_{31} = \nu R T_1 \left( \frac{3\nu}{2} + 6 \right) = \frac{21}{2} \nu R T_1 = \frac{21}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 200 \text{ К} =$$

$$= 21 \cdot 831 \text{ Дж} = 17451 \text{ Дж}$$

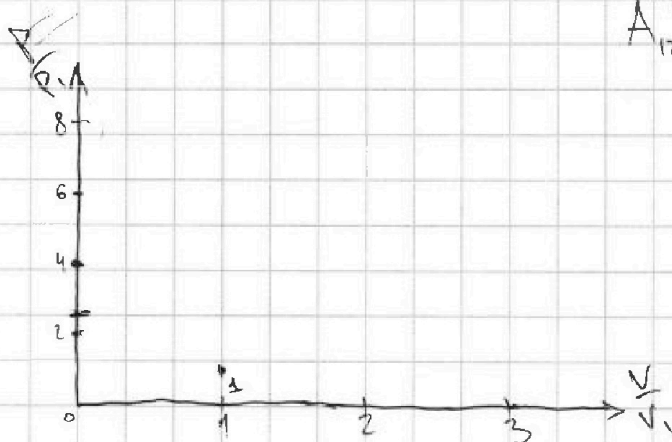
$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 21 \\ \hline 1662 \\ + 8310 \\ \hline 17451 \end{array}$$

$\textcircled{2}$

$$Q > 0 \text{ только в } 1 \rightarrow 2. \quad Q_{12} = \frac{3}{2} R \cdot \nu \cdot 7T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 + A_{12}$$

$$A_{12}' = \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot 7T_1 = 0$$





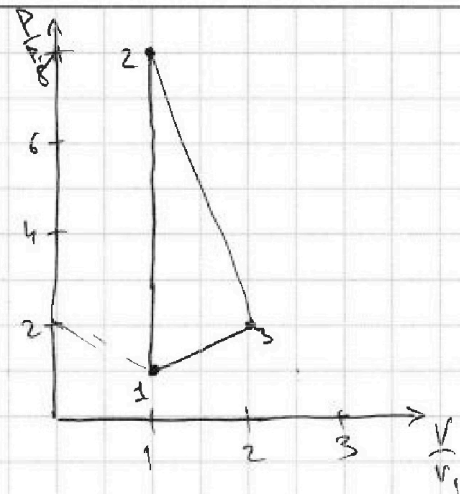
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



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

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

$$A_{31} = \int p dV = \int_2^1 p dV = \int_2^1 2 dV = 2(V_1 - V_2) = 2(1 - 2) = -2$$

~~$$A_{31} = -\frac{3}{2} 2RT_1$$~~

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

$$= 8,31 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$$

$$A_{31}' = -2493 \text{ Дж} = -\frac{3}{2} 2RT_1$$

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

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

$$A_{23}' = \int p dV = \int_2^3 p dV = \int_2^3 2 dV = 2(V_3 - V_2) = 2(2 - 1) = 2$$

$$A_0 = \sum A_i = 4RT_1 - \frac{3}{2} 2RT_1 = \frac{5}{2} 2RT_1$$

$$\eta = \frac{A_0}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} 2RT_1}{\frac{21}{2} 2RT_1} = \frac{5}{21}$$

③  $T_2 = \delta T_1$      $\frac{pV}{T} = \text{const.}$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad V_2 = V_1 \quad (A_{12}' = 0)$$

$$p_1 = \frac{p_2}{8} \Rightarrow p_2 = 8p_1$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{4T_1}$$

$$A_{31} = \frac{3}{2} 2RT_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1 \Rightarrow 3 \text{ кДж}$$

$$4 p_1 V_1 = p_3 V_3$$

$\tau \cdot (2; 2)$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

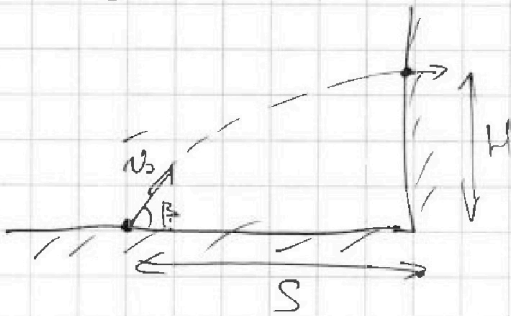
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

$$D = 2gH - 2gH = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

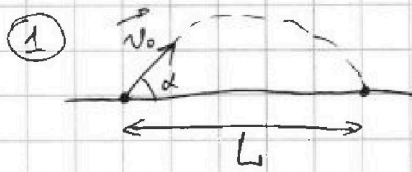
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Пусть  $\tau$  - время полёта.

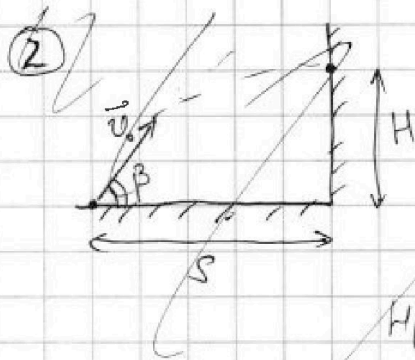
$$\tau \cdot v_0 \cos \alpha = L$$

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

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

$$L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} =$$

$$= \sqrt{\frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м}}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



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

( $t$  - время полёта до столкновения со стеной)

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

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

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

$$\tan^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

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

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

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

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

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

$$\tan \beta = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$\tan^2 \beta = \left( \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \right)^2 = \frac{\cos \beta \cdot \cos \beta + \sin \beta \cdot \sin \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g^2} - \frac{2H}{g}}$$