



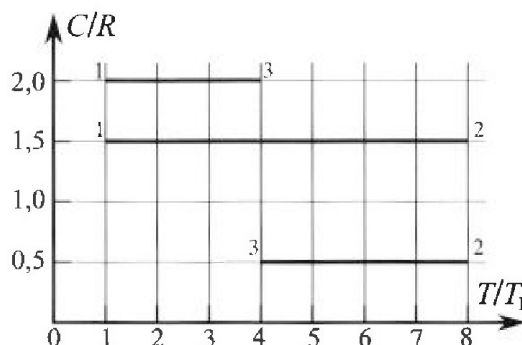
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



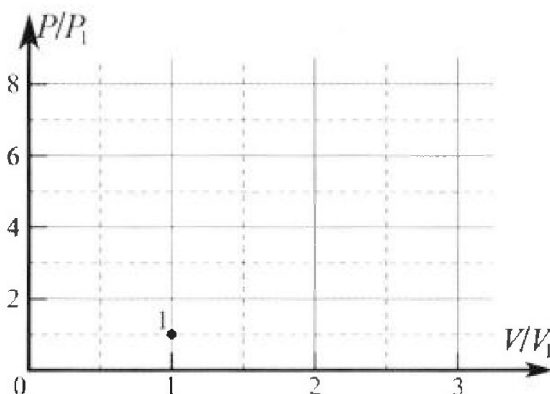
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



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

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и 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 .

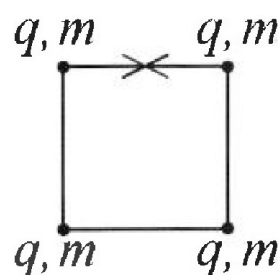
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



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

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

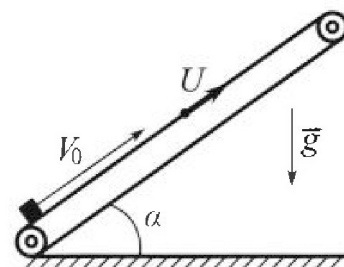
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

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

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

Движение коробки прямолинейное.



1) 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.).

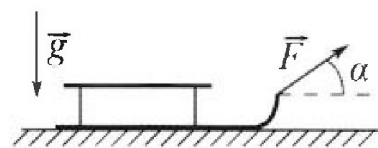
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

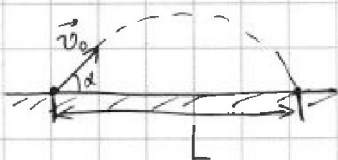
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

~ 1.

①



Пусть τ - время полёта

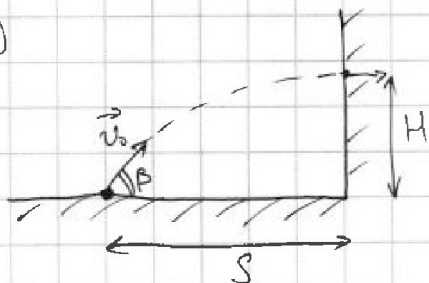
$$v_0 \cos \alpha \tau = L \quad (1)$$

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

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

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

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 β - ~~нач~~ 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!

$$\begin{aligned}\cos \beta &= \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0} \\ v_0 \cos \beta \cdot t &= S = \sqrt{v_0^2 - 2gH} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2H(v_0^2 - 2gH)}{g}} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \text{ м} \cdot (200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3,6 \text{ м})}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = \sqrt{256 \cdot 0,36} \text{ м} = 16 \cdot 0,6 \text{ м} = 9,6 \text{ м}.\end{aligned}$$

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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

- (2) ~~Изначально~~ скорость коробки относительно ленты $v_{отн} = v \pm u$, где v - собств. с. 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, $v_{отн} = u - u = 0$.

$$T_{1(1)} = \frac{v_{отн0} - 0}{a_x} = \frac{5 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 0,5 с. \quad \text{Это время, когда коробка остановилась относительно ленты. Дальше мы еще будем его использовать.}$$

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

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

- (3) Когда $v = 0$, $v_{отн} = u$ и напр. вниз

Пусть T_2 - время, спустя которое это произойдет.

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

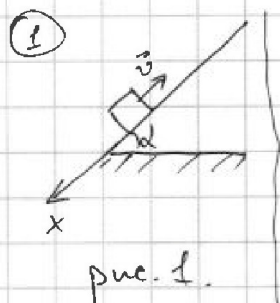
$$\begin{aligned} L &= v_{отн0} T_{1(1)} - \frac{a_x T_{1(1)}^2}{2} - \frac{a_x (T_2 - T_{1(1)})^2}{2} + u T_2 = \\ &= 5 \frac{м}{с} \cdot 0,5 с - \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot (0,5 с)^2}{2} - \frac{2 \frac{м}{с^2}}{2} \cdot (0,5 с)^2 + 1 \frac{м}{с} \cdot 1 с = \\ &= 2,5 м - 1,25 м - 0,25 м + 1 м = 2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

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 лент, $F_{тр}$ - сила трения, действующая на коробку со стороны ленты.

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



Пусть a_x - ускорение, действующее на коробку до остановки.

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

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

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

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

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

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

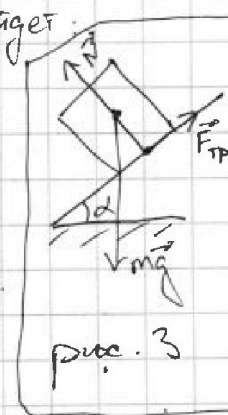
Ускорение коробки после остановки обозначим a_x' .

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

Значит, коробка точно поедет вниз по ленте.

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

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



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!

№ 3.

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

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

Если L - длина участка разгона, то:

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

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:

$$ma' = \mu mg$$

$$a' = \mu g$$

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

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

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!



~ 4.

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

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

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

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

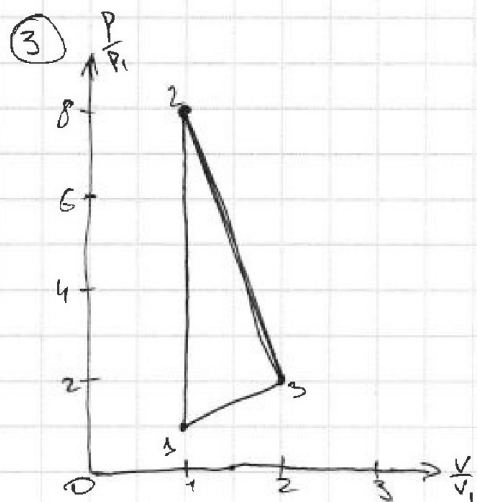
Т.к. Q можно найти как площадь под графиком, умноженная на ν , заметим, что $Q > 0$ только на участке $1 \rightarrow 2$, т.к. там температура повышается.

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

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

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

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



$\frac{P}{T} = \text{const}, T_2 = 8T_1, A_{12}' = 0 \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow p_2 = 8p_1$

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_3 V_3}{4T_1} \Rightarrow p_3 V_3 = 4p_1 V_1$

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

Мы видим, что подходит 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
☐

МФТИ

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

так как $2p_1 \cdot 2V_1 = 4p_1 V_1$, 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

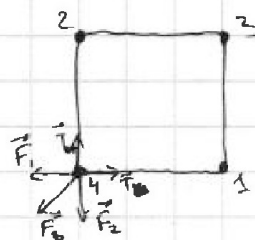
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



~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 шариков. Аналогично силы на остальные.



~~Кубический диаметр F_1, F_2, F_3, F_4~~

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

~~F_1, F_3~~ $F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{a^2}$

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

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

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

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

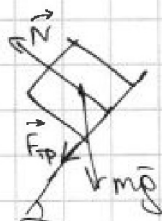
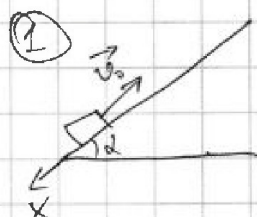
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!

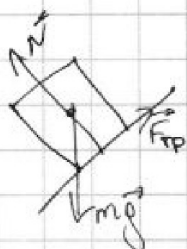


$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

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

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

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



$$F_{\text{тр max}} = \mu mg \cos \alpha = 0,4 mg$$

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

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

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

$$S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ м}$$

~~Какая скор. кар. v будет равна и относительно чего
она будет равна v =~~

~~скорость коробки будет равна и в 2 случаях: соотв. с. коробки
отн. Земли
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
☐

МФТИ

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

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

2. $ma = F - \mu mg$

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

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

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

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

$ma' = \mu mg$

$a' = \mu g$

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

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!

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

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

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

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

$$A_{31} = 2RT_1 \left(\frac{3}{2} + 6 \right) = \frac{21}{2} RT_1 = \frac{21}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 200 \text{ К} =$$

$$= 831 \cdot 21 = 17451 \text{ Дж}$$

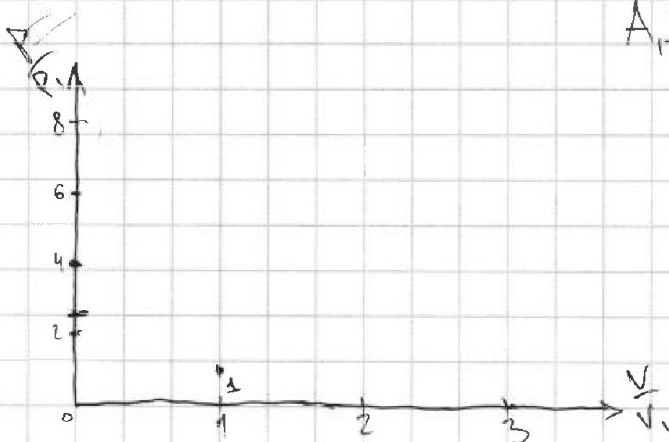
$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 21 \\ \hline 1662 \\ + 8310 \\ \hline 17451 \end{array}$$

$\textcircled{2}$

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

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

$$A'_{12} = \frac{3}{2} 2R \cdot T_1 - \frac{3}{2} 2R \cdot T_1 = 0$$



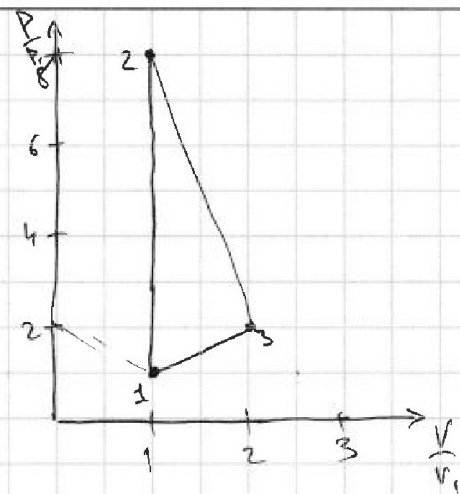
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

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

$$A_{31} = 2RT_1 \left(6 - \frac{9}{2} \right) = \frac{3}{2} 2RT_1 =$$

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

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

$$= 8,31 \cdot 3 = 2493 \text{ Дж}$$

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

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

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

$$A_{23}' = 2RT_1 \left(\frac{12}{2} - \frac{9}{2} \right) = 4RT_1$$

$$A_0 = A_{12} \leq A_1 = 4RT_1 - \frac{3}{2} 2RT_1 = \frac{5}{2} 2RT_1$$

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

$$\textcircled{3} T_2 = 8T_1 \quad \frac{pV}{T} = \text{const.}$$

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

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

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

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

$$4 p_1 V_1 = p_3 V_3$$

т. (2; 2)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

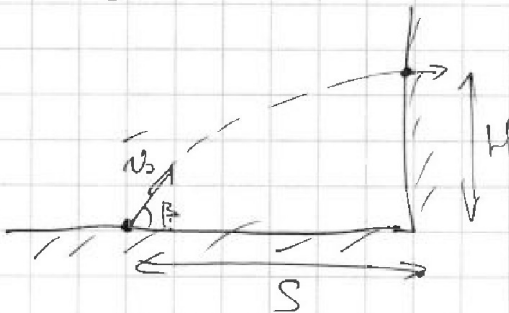
МФТИ

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

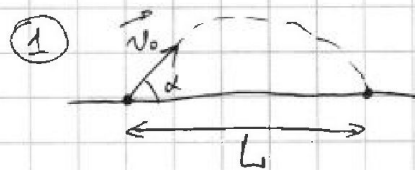
$$= \sqrt{\frac{2H(v_0^2 - 2gH)}{g}} =$$

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

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

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!



Пусть τ - время полёта.

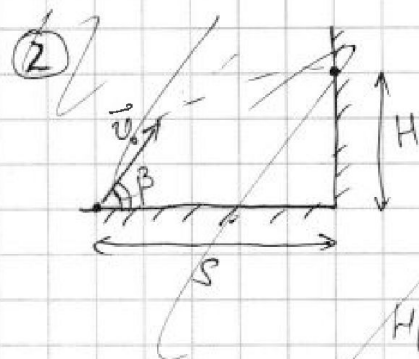
$$\tau \cdot v_0 \cos \alpha = L$$

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

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

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

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



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

(t - время полёта
до столкновения со
стеной)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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