



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.

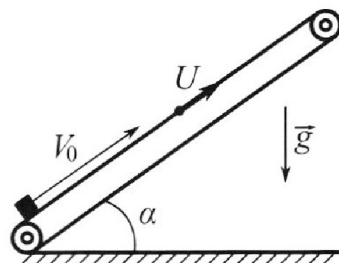
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

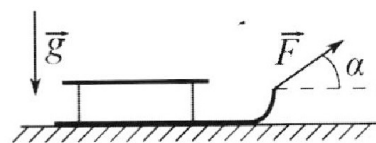
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

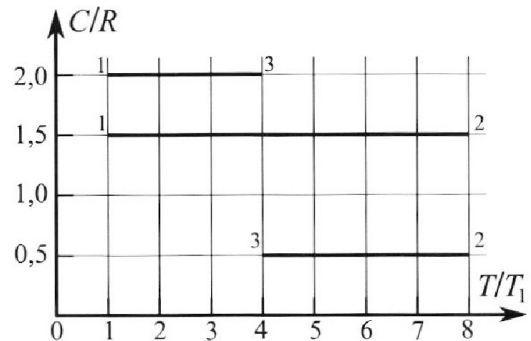
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

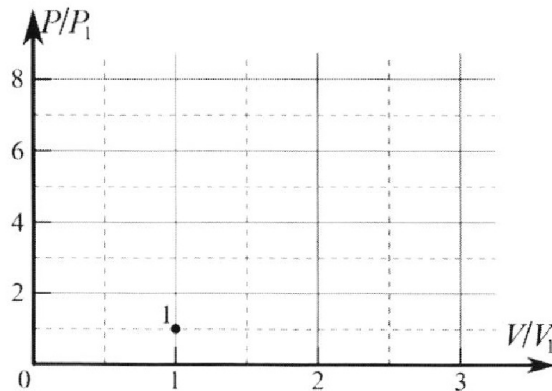
Вариант 10-02

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 $T_1 = 200 \text{ K}$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$.

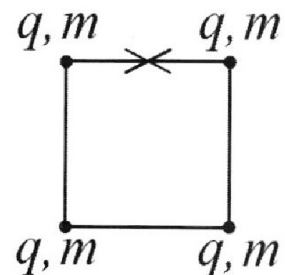


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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 сверху (на рисунке)?
- Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



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!

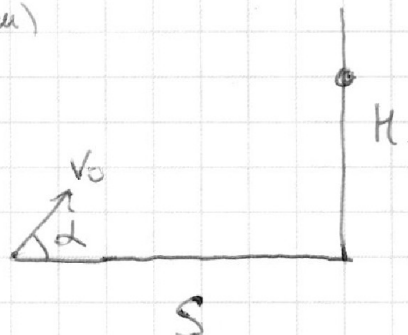


51 п.2

$$V_0 = 10\sqrt{2} \frac{м}{с}$$

$$H = 3,6 м \text{ (максимум)}$$

$$S = ?$$



$$H(\alpha):$$

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

$$V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = H$$

$$S \cdot \tan \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = H \quad D = 0$$

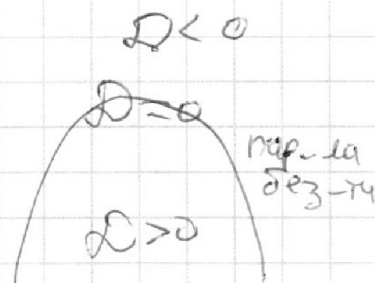
$$-\frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} S^2 + \tan \alpha \cdot S - H = 0$$

$$D = \tan^2 \alpha = 4H \cdot \frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{\sin^2 \alpha - \frac{4gH}{2V_0^2}}{\cos^2 \alpha} = 0$$

$D=0$ — граница зоны существования

$$2V_0^2 \sin^2 \alpha = 4gH$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{4gH}{2V_0^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3,6}{2 \cdot 10 \cdot 2}} = 0,6, \quad \cos \alpha = 0,8 \quad (\alpha \in (0, 90))$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



 МФТИ

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

5. ~~$V_0 \cos \alpha = \frac{L}{t_n}$~~ $t_n = \frac{L}{V_0 \cos \alpha}$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{g t_n}{2}$$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{g}{2} \cdot \frac{L}{V_0 \cos \alpha}$$

$$V_0 = \frac{gL}{2 V_0 \sin \alpha \cos \alpha} \quad \text{with a diagram of a projectile path showing } 10 \frac{m}{s} \text{ and } 20 m$$

$$V_0^2 = \frac{gL}{2 \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{10 \frac{m}{s} \cdot 20 m}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} =$$

$$= \frac{200}{2 \cdot \frac{2}{4}} = 200$$

$$V_0 = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

Проверим:

$$V_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 10\sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} = 2 (s)$$

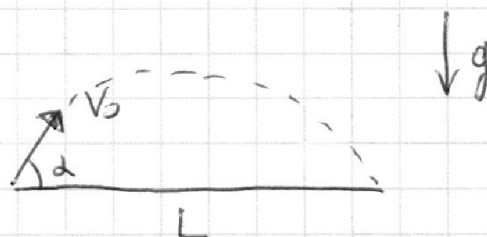
$$L = V_0 \cos \alpha t = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 10\sqrt{2} = 20 (m) \quad \checkmark$$

Ответ: $V_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

51

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



Найти:
 V_0

1. Мелю, брошенное под углом к горизонту летит по параболе

2. $V_x = V_0 \cos \alpha = \text{const}$ - горизонтальная проекция неизменна т.к. сопротивление пренебрежимо мало

$V_y = V_0 \sin \alpha - gt$ - скорость по вертикали зависит от времени из-за ускорения свободного падения

3. Пусть тело упало через время t_n

$$L = V_x \cdot t_n = V_0 \cos \alpha \cdot t_n$$

$$V_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0 \quad - \text{упало на исходную высоту}$$

4.

$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha \cdot t_n = L \\ V_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0, \quad t_n \neq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha \cdot t_n = L \\ V_0 \sin \alpha = \frac{gt_n}{2} \end{cases}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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

v_0

$$\begin{cases} 0,8V_0 \cdot t = S \\ 0,6V_0 t - 5t^2 = 3,6 \end{cases}$$

$$5t^2 - 0,6V_0 t + 3,6 = 0$$

$$D = (0,6V_0)^2 - 4 \cdot 3,6 \cdot 5 = 0,36 \cdot 2 \cdot 100 - 72 = 0,72 \cdot 100 - 72 = 0$$

$$t = \frac{-(-0,6V_0)}{2 \cdot 5} = \frac{0,6V_0}{10} = 0,6\sqrt{2} \text{ (с)}$$

$$S = 0,8V_0 t = 0,6\sqrt{2} \cdot 10\sqrt{2} \cdot 0,8 = 9,6 \text{ м}$$

0,48 \cdot 20

Ответ: 9,6 м

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

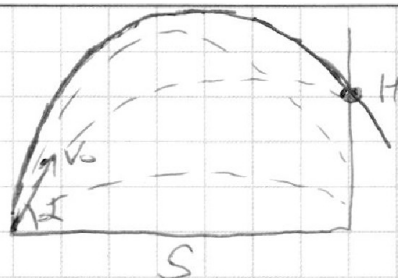
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



2) $V_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$
 $H = 3,6 \text{ м (максимум)}$
 $S = ?$



$H(\alpha) =$

Искомая линия — парабола безотклонности
 (1 угол попадания, время — неважно)
 $\alpha = 0$

$V_0 \cos \alpha \cdot t = S$

$V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = H$

$V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = H$

$S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = H$

$\left(-\frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}\right) S^2 + (\tan \alpha) S + (-H) = 0$

$D = \frac{\tan^2 \alpha + \frac{4gH}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}}{2 \cdot \left(-\frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}\right)} = \frac{\sin^2 \alpha - \frac{4gH}{2V_0^2}}{\cos^2 \alpha} =$

$= 0 \Rightarrow \sin \alpha = \pm \sqrt{\frac{4gH}{2V_0^2}}, 0 < \alpha < 90$
 $\Downarrow$
 Только +

$\sin \alpha = \sqrt{\frac{4gH}{2V_0^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3,6}{2 \cdot 100 \cdot 2}} = \sqrt{0,36} = 0,6$

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



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

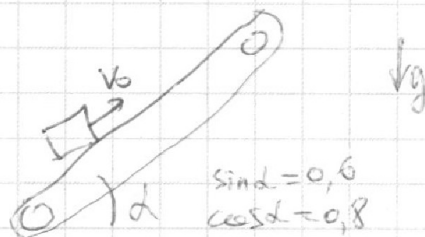
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$v_0 - g \sin \alpha t - \mu g \cos \alpha t = 0 - 1 \quad \text{— ОШК. левый } v = -1 \text{ при } \text{л.ч. } v = 0$$

$$t = \frac{v_0 + 1}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{7 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \left(\frac{6}{10} + \frac{4}{10} \right)} = 0,7 \text{ с}$$

Время не зависит от μ .

$$\Delta x = (v_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha))t = (6 - 10(0,6 + 0,4)) \cdot 0,7 = -2,8 \text{ м}$$

$$\Delta x = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{6 + 0}{2} \cdot 0,7 = 2,1 \text{ м}$$

равнозамедл. движение — от точки старта по ленте

$$\Delta x' = u \cdot t = 0,6 \text{ м — пройдет точка старта}$$

$$L = \Delta x + \Delta x' = 2,1 \text{ м} + 0,6 \text{ м} = 2,7 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } 2,7 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

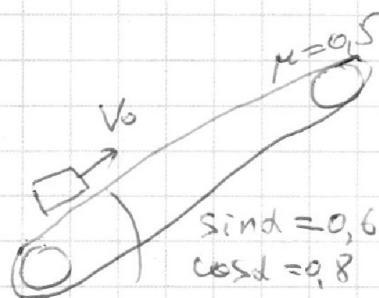
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

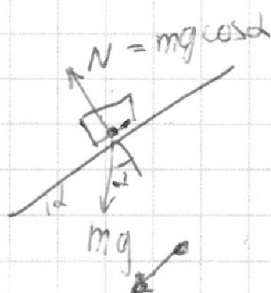
S2

1)



$$T = 1 \text{ c}$$

$$S = ?$$



$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g(0.6 + 0.4) = g$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2} = 6 \text{ m}$$

1. До остановки

$$v_0 = at \Rightarrow t = \frac{v_0}{a} = 0.6 \text{ c}$$

$$S_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{10 \cdot 0.36}{2} = 1.8 \text{ (м)}$$

2. После остановки - разгон вниз,

$$a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0.2g$$

$$S_2 = \frac{a' \cdot (T - t)^2}{2} = \frac{2 \cdot 0.2 \cdot (0.4 \text{ c})^2}{2} = 0.16 \text{ м}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1.96 \text{ м} - \text{пути} - \text{длины траектории}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

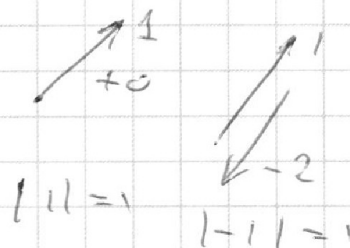
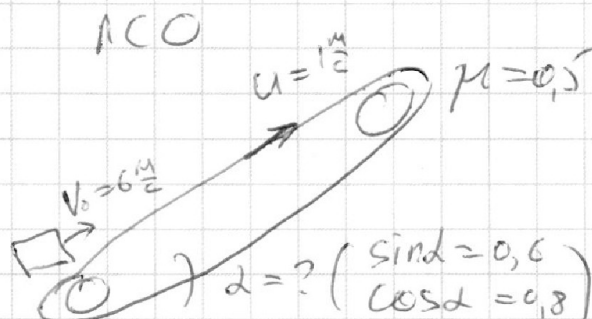
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



2) Опыт 2



1)

Коробка должна остановиться **снч.** **ленте**

$$v_{0\text{нч}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) = 10 \cdot 0.6 + 10 \cdot 0.4 = 10 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

$$t_1 = \frac{v_{0\text{нч}}}{a} = 0.5 \text{ с} \quad (\text{н.з.})$$

2)

$$\Delta L = u \cdot t = 0.5 \text{ м} \text{ ленте}$$

$$\Delta L_{\text{отн}} = v_{0\text{нч}} t - \frac{a t^2}{2} = 5 \cdot 0.5 - \frac{10 \cdot 0.25}{2} = 5 \cdot 0.5 - 5 \cdot 0.25 = 5 \cdot 0.25 = 1.25 \text{ м}$$

3)

После этого: (подобный случай на **обратном** пути)

$$a' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\Delta V = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (\text{в другую сторону, но так же по модулю в АСО})$$

$$t_2 = t_1 + \frac{\Delta V}{a'} = 1.5 \text{ с}$$

$$T_1 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1.5 \end{bmatrix}$$



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!

2) $\mu = 0,5$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4} > \mu \quad - \text{ все время}$$

будет ~~вниз~~ ~~вверх~~ ~~изменять~~ скорость по направлению

~~во время~~

$$V_0' = 5 \text{ м/с} - \text{в с.о. ленты}$$

① $V_0' - \mu g \cos \alpha t - g \sin \alpha t = V(t)$

$$V = V_0 - \mu g \cos \alpha T_1 - g \sin \alpha T_1 =$$

$$= 5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot T_1 - 10 \cdot 0,6 \cdot T_1 = 0 \text{ м/с}$$

$$5 - 4T_1 - 6T_1 = 0 \text{ м/с}$$

$$5 \text{ м/с} = 10 T_1$$

② $T_1 = 0,5 \text{ с}$ ~~$T_1 = 0,5 \text{ с}$~~ - по пути вверх

Скорость в ЛСО равна $1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow$ относительно ленты 0

~~3) $V_{\text{ленты}} = -1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$~~

~~$$V_0' - \mu g \cos \alpha t$$~~

Ответ: $0,5 \text{ с} = T_1$

3) Скорость равна нулю в ЛСО,
лента: (ее с.о.)

$1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow$ тело движ. лентой $\Delta V = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

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!

ВН

Дано:
 $\sin \alpha = 0,6$
 $(\cos \alpha = 0,8)$

$v_0 = 6 \frac{m}{c}$
 $\mu = 0,5$

Найти:

Опыт 1

1) ~~У~~ лента покоится

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

$$\mu = 0,5$$

$$t = 1 c$$

Найти: S

Опыт 2

2) лента $U = 1 \frac{m}{c}$

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

$$T_1 = ?$$

Скорость коробки $v_1 = U$

3) $U = 1 \frac{m}{c}$

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

$$v_2 = 0 -$$

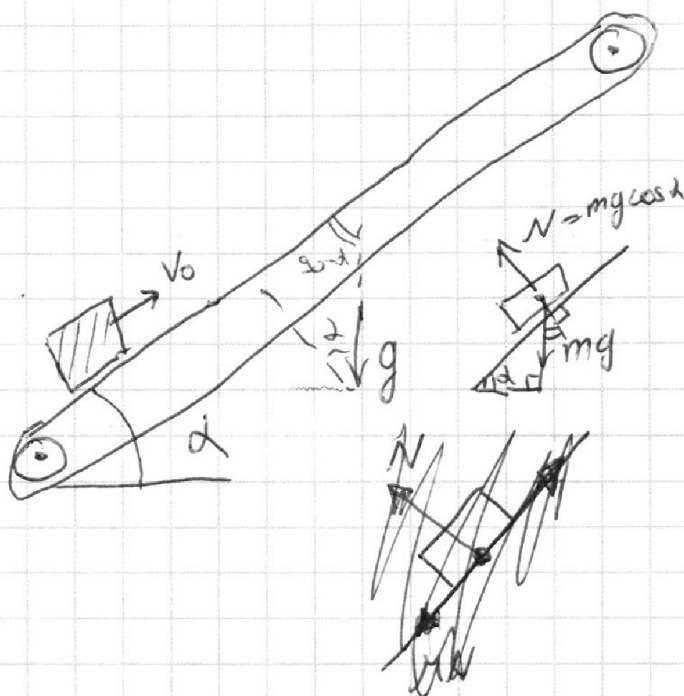
$$L_1 = ?$$

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

v_1 - скорость коробки в момент T_1

v_2 - скорость на расстоянии L во 2 опыте

1)



$$v_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}$$

$$S = v_0 T - \frac{g \sin \alpha T^2}{2} - \frac{\mu g \cos \alpha T^2}{2}$$

$\uparrow$ проекция g $\uparrow$ ускорение от силы трения

$$S = 6 \frac{m}{c} \cdot 1 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,6 \cdot 1 c^2}{2} - \frac{0,5 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,8 \cdot 1 c^2}{2}$$

$$= 6 m - 3 m - 2 m = 1 m$$

Ответ: $1 m = S$

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 (0 мит 2)

$V=0$ - в ЛСО $\Rightarrow$ относительно цепи
едет вниз, ∇ скорость 1 м/с ($-u$)

~~через 1,5 с~~

$t_1 = 0,5 \text{ с}$ - остановка отн. цепи

$$t_2 = \frac{1 \text{ м/с}}{a \sin \alpha} = \frac{1 \text{ м/с}}{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha} = \frac{1 \text{ м/с}}{10 \cdot 0,6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 10} = 1 \text{ с}$$

$$t_0 = t_1 + t_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$S_1 = \frac{V_0 t_1}{2} = \frac{6 \cdot 0,5}{2} = 1,5 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{2V_0 t_2}{2} = V_0 t_2 = 6 \text{ м}$$

$$S_1 + S_2 = 7,5 \text{ м} = L$$



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!

2) После окончания разгона по
горизонтали (вдоль перемещения) действует
единственная сила - трение

↓
До остановки $A_{тр} = \Delta E_k = K$ (было K , стало 0 , тело стоит)

$$\overbrace{m \cdot mg S}^{A_{тр}} = \overbrace{K}^{\Delta E_k}$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)}$$

Ответ: $S = \frac{K}{mg \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

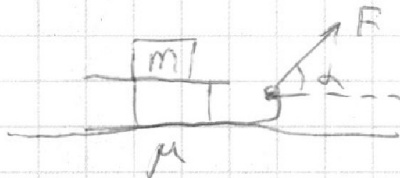
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

53

1) Случай 1



$$N = (mg - F \sin \alpha)$$

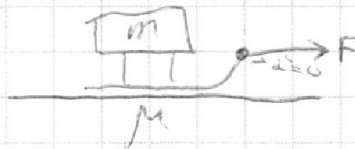
$$F_{\text{тр}} = \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$A = \Delta E_k + A_{\text{тр}}$$

↑
против
F_{тр}

м-известна

Случай 2



$$N_1 = mg$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu mg$$

$$A_1 = \Delta E_k + A_{\text{тр}1}$$

~~$$A = F \cdot \Delta r = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$~~

~~$$\mu mg \cdot S + \Delta E_k = F S \cos \alpha$$~~

~~$$\mu(mg - F \sin \alpha) \cdot S \cdot \cos \alpha + \Delta E_k = A \quad (1)$$~~

~~$$\mu mg \cdot S + \Delta E_k = A$$~~

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E_k + \mu S(mg - F \sin \alpha) = \underbrace{F \cos \alpha \cdot S}_{\text{работа силы разгона}} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta E_k + \mu S mg = F \cdot S \end{array} \right.$$

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

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

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

Откуда:

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

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!



$$Q_{31} = (T_1 - T_3) \sqrt{\cdot} 2R = 600R - 1 \text{ моль} \cdot 2 \cdot R \sqrt{\cdot} = R =$$
$$-1200 R \text{ (моль} \cdot \text{K)}$$

3. По 1 началу ТД

$$Q = \Delta U + A$$

В цикле $\Delta U = 0$

$$\downarrow$$
$$Q_{\text{подв}} - Q_{\text{отв}} = A$$

$\uparrow$ $\uparrow$
подведенное тепло отведенное

$$\eta = \frac{Q_{\text{подв}} - Q_{\text{отв}}}{Q_{\text{подв}}} = \frac{\sum Q \text{ (с учетом знака)}}{Q_{\text{подв}} \text{ (только с "+")}} =$$

$\uparrow$
затрач. энергия

$$= \frac{2100R + (-400R) + (-1200R)}{2100R} = \frac{2100 - 1600}{2100} =$$

$$= \frac{5}{21} = \boxed{\frac{5}{21}}$$

Ответ: $\eta = 5/21$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

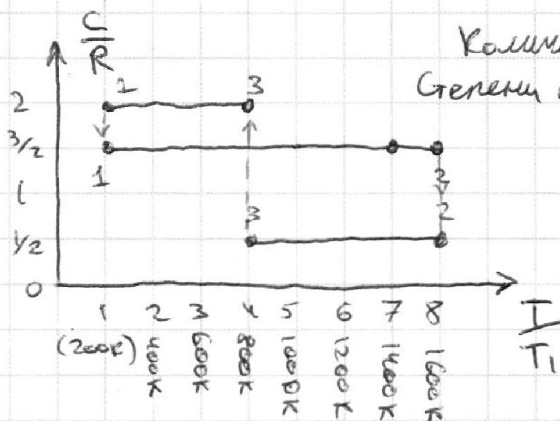
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

54

1)



Количество: $\nu = 1$ моль Газ
Степень свободы: $i = 3$ (1-ат.)

$$U = \frac{i}{2} \nu R T$$

31: $T_1 = 200 \text{ K}$
 $T_3 = 600 \text{ K}$

$$Q = \Delta U + A_{\text{газ}} = \Delta U - A_{\text{над газом}}$$

Определим
 C_{ij} и Q_{ij} —
теплоты и тепло,
соединяющее газы
при изменении
температур
от T_i до T_j

$$Q_{31} = (T_1 - T_3) \nu \cdot 2R \quad (C_{31} = 2R)$$

$$\Delta U_{31} = (T_1 - T_3) \nu \cdot \frac{3}{2} R$$

$\Downarrow$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = (T_1 - T_3) \cdot \frac{R}{2} \nu =$$

$$= 400 \text{ K} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ моль} =$$

$$= 200 \cdot 8,31 = 1662 \text{ (Дж)}$$

Ответ: $A_{31} = 1662 \text{ Дж}$

2) ν тепло подводится в процессе 12 (температура растёт) и отводится на 23, 31

$$Q_{12} = (T_2 - T_1) \nu \cdot \frac{3}{2} R = 1400 \text{ K} \cdot 1 \text{ моль} \cdot \frac{3}{2} R =$$

$$= 2100 \cdot R \text{ (моль} \cdot \text{K)} \text{ — подводи}$$

$$Q_{23} = (T_3 - T_2) \nu \cdot \frac{1}{2} R = -800 \text{ K} \cdot 1 \text{ моль} \cdot \frac{1}{2} R =$$

$$= -400 R \text{ (моль} \cdot \text{K)} \text{ — отв}$$



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. Процесс 31

$$C = 2R$$

$$p \cdot V^{n_2} = \text{const}$$

$$C = \frac{C_p - n_2 C_v}{1 - n_2} = 2R$$

$$\frac{5}{2}R - n_2 \cdot \frac{3}{2}R = 2R(1 - n_2) \quad | \cdot 2$$

$$5R - 3R \cdot n_2 = 4R - 4R \cdot n_2$$

$$R = 3R \cdot n_2 - 4R \cdot n_2$$

$$R = -R \cdot n_2$$

$$n_2 R = -1$$

$$p \cdot V^{-1} = \text{const}$$

$$C = \frac{C_p + C_v}{2}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

Ответ: см. график

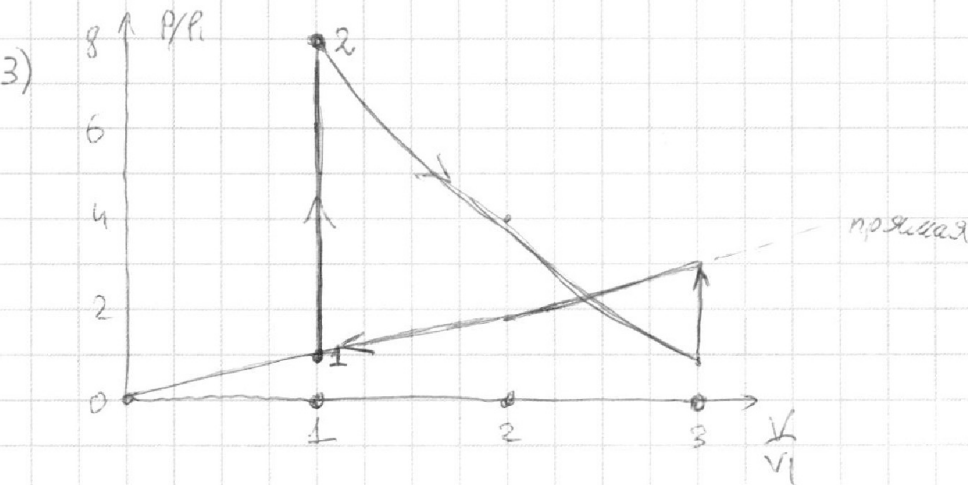
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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. Процесс 1-2 $C = \frac{3}{2}R = C_v$ — изохора, $\Delta V = 0, A = 0$

(тепло идет только на внутр. энергию:

$$\Delta U = \frac{3}{2}DR\Delta T \quad Q = C\Delta T = \frac{3}{2}RV\Delta T$$

$$P \sim T \quad (PV = \overset{\text{const}}{D} \overset{\text{const}}{R} T)$$

2. Процесс 2-3 $C = \frac{1}{2}R$

Политропа: $pV^n = \text{const} \quad C = \frac{C_p - nC_v}{1-n}$

$$\frac{1}{2}R = \frac{\frac{5}{2}R - n \cdot \frac{3}{2}R}{1-n}$$

$$\frac{1}{2}(1-n) = \frac{5}{2} - \frac{3}{2}n$$

$$1-n = 5-3n$$

$$1 = 5-2n$$

$$n=2$$

$$C = \frac{\frac{5}{2}R - 2 \cdot \frac{3}{2}R}{1-n} = \frac{1}{2}R$$

$$PV^2 = 8p_1 \cdot V_1^2 = \overset{p_2}{2p_1} (2V_1)^2 = \frac{8}{9} \overset{p_3}{p_1} \cdot 9V_1^2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

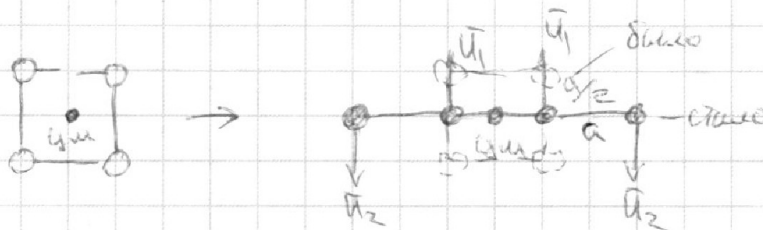
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



2)



1. u_1 и u_2 - скорости шариков

2. Из сохранения импульса:

$$2mu_1 + 2mu_2 = 0 \Rightarrow u_1 = -u_2 \Rightarrow |u_1| = |u_2| = u$$

3. Из сохранения энергии

$$4 \cdot \left(\frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \right) = 2 \underbrace{\left(\frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{(2a/2)^2} \right)}_{\text{центральные}} + 2 \underbrace{\left(\frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{4a^2} + \frac{kq^2}{9a^2} \right)}_{\text{крайне}} + E_k$$

$$\frac{kq^2}{a^2} (8+2) = \frac{kq^2}{a^2} \left(4 + \frac{1}{2} + 2 + \frac{1}{2} + \frac{2}{9} \right) + E_k$$

$$\frac{kq^2}{a^2} \left(10 - 7\frac{2}{9} \right) = E_k$$

$\uparrow$
 $2\frac{2}{9} = \frac{25}{9}$

$$\frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{25}{9} = \frac{4mu^2}{2}$$

$$E_k = \frac{mu^2}{2} = \frac{1}{4} \left(\frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{25}{9} \right) = \frac{25}{36} \frac{kq^2}{a^2} = \frac{25}{36} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$

Ответ:

3) т.к. нет внешних сил, то
 $u_{\text{цм}} = 0$ в любой момент времени $\Rightarrow \Delta X_{\text{цм}} = 0$
(координата центра масс)

Шарики посередине - на расстоянии $a/2$, по краям - на расстоянии $a/2$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

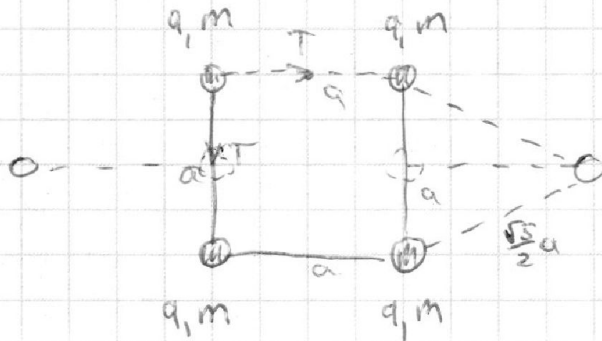
МФТИ

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



55

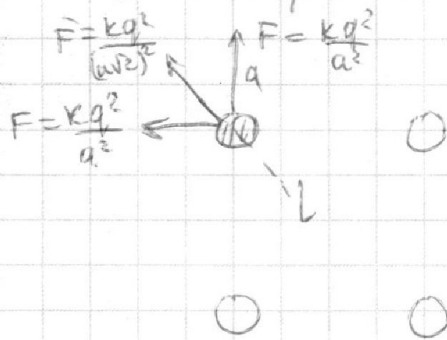
Ответ к п.3



$$\sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$

1) Для шарика: $\Sigma \vec{F} = 0$ - условие равновесия

$2a$ - сторона



$$\Sigma F = 2\vec{F} + \vec{F}^1, \text{ по оси } L$$

$$F_L = \frac{kq^2}{2a^2} + 2 \cdot \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1+2\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{a^2}$$

Спроецируем T на прямую L

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

$$\frac{1+2\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{a^2} = T\sqrt{2}$$

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

$\Downarrow$

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

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



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!

$$\frac{3}{2} \cdot 1400 - \frac{1}{2} \cdot 800 = 20600$$

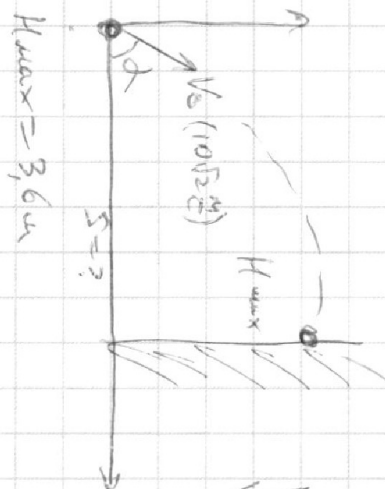
$$\frac{2100 - 400 - 1200}{2100} = \frac{500 - 1600}{2100} = \frac{500}{2100} = \frac{5}{21}$$

- | | |
|-----|-------|
| ✓ 1 | ① 2 |
| ✓ 2 | ① 2 3 |
| ✓ 3 | ① 2 3 |
| ✓ 4 | ① 2 3 |
| ✓ 5 | ① 2 3 |

1,5
1,5
1,5

3 2%

1 корень



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

$$= S \cdot \sin \alpha \cos \alpha - g S^2$$

$$h = V_0 t - \frac{g t^2}{2} = 50 t \sin \alpha - \frac{0,5 t^2}{2 \cdot 10 \cos^2 \alpha} =$$

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

8/18



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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

$$\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right)' = \frac{\frac{f(x+\Delta x)}{g(x+\Delta x)} - \frac{f(x)}{g(x)}}{\Delta x} = \frac{f(x+\Delta x)g(x) - f(x)g(x+\Delta x)}{\Delta x g(x)g(x+\Delta x)}$$

$$= \frac{f(x+\Delta x)g(x) - f(x)g(x+\Delta x)}{\Delta x g^2 x} = \frac{f'(x)g(x) - g'(x)f(x)}{g^2 x}$$

$$\frac{f(x)}{g(x)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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



2) Дано:

~~$V_0 = 10 \text{ м/с}$~~

~~$L = 2 \text{ м}$~~

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

~~$H = 3,6 \text{ м}$~~

$H = 3,6 \text{ м}$

Найти:

S



~~$V_0 = 10 \text{ м/с}$~~

$S = ?$

$V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (п.1)

1. Пусть мяч стартует под углом β и летит
до удара; ударяясь на высоте h в стену
2. Тогда

$$\begin{cases} V_0 \cos \beta t' = S & \rightarrow t' = \frac{S}{V_0 \cos \beta} \\ V_0 \sin \beta t' - \frac{gt'^2}{2} = h \end{cases}$$

$$V_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta} = h$$

$$\frac{V_0}{V_0} \cdot \tan \beta S - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} = h$$

$$S \cdot \tan \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} = h$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



МФТИ

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

Число n должно быть максимальным:

$$S \cdot \tan \beta - \frac{g S^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$\frac{S \cdot \sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$\frac{S}{\cos \beta} \left(\sin \beta - \frac{g S}{2V_0^2 \cos \beta} \right) \rightarrow \max$$

$$\frac{S}{\cos \beta} \left(\frac{2V_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S}{2V_0^2 \cos \beta} \right) \rightarrow \max$$

$$\frac{S (2V_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S)}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

Это функция от β

$$f' \left(\frac{S (2V_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S)}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \right) = \frac{S}{2V_0^2} \left(\frac{\sin \beta \cos \beta - g}{\cos^2 \beta} \right) =$$
$$=$$



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!