



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.

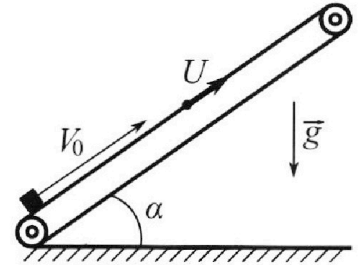
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ус корение 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.



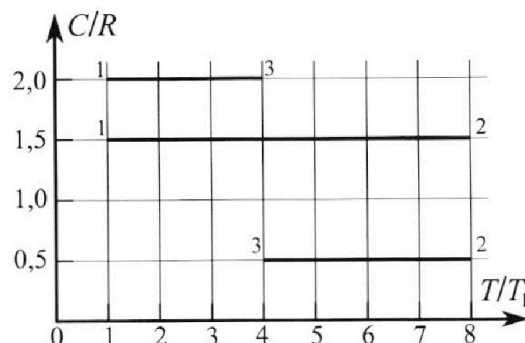
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

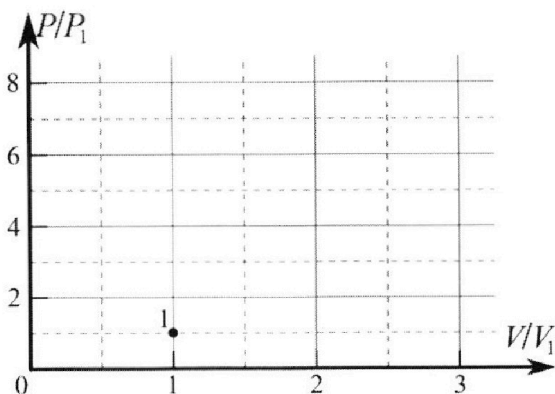
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

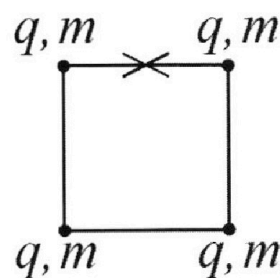
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



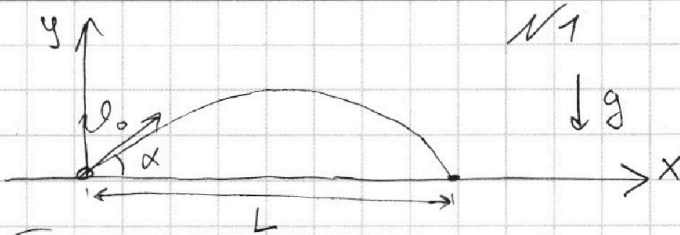
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1) Точка масс движется баллистически, по его уравнения движения вдоль осей:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha t \\ y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \end{cases}, \text{ где } t - \text{ время}$$

Когда всё время полета, когда y станет 0, будет:

$$\cancel{0} = v_0 \sin \alpha t_{\text{полет}} - \frac{g t_{\text{полет}}^2}{2} \quad | \text{ м.к. } t_{\text{полет}} = 0 \text{ не подходит, но}$$
$$v_0 \sin \alpha = \frac{g t_{\text{полет}}}{2}$$

$$t_{\text{полет}} = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}; \text{ теперь, подставляя это в}$$

уравнение по оси x , и максимальную дальность, получаем:

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot \left(\frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \right) = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10^4 \text{ м}^2 / \text{с}^2 \cdot 20 \text{ м}}{1}} = \sqrt{200 \text{ м}^2 / \text{с}^2} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

$$v_0 \approx 14,1 \text{ м/с}$$

2) Выразим t из уравнения на x ; пусть угол неизвестен β

$$t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}; \text{ подставив в уравнение на } y:$$

$$y = v_0 \sin \beta \left(\frac{x}{v_0 \cos \beta} \right) - \frac{g \left(\frac{x}{v_0 \cos \beta} \right)^2}{2}$$

$$y = x \tan \beta - \frac{x^2 g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}; \text{ если зафиксируем } x = S, \text{ то}$$

y будет зависеть только в зависимости от угла

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

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 (продолжение)

Если подставим $\frac{1}{\cos^2 \beta}$, как $1 + \operatorname{tg}^2 \beta$, то

$$- \frac{S^2 g}{2 v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) + S \operatorname{tg} \beta = y$$

Зависимость y от $\operatorname{tg} \beta$ выглядит как парабола,
с одной максимальной точкой, которая при таком
 $x = S$, соответствует $y = H$; это значит, если
подставить $y = H$, то решением уравнения будет только
одно значение $\operatorname{tg} \beta$, т.к. это вершина параболы,
и соответственно дискриминант обращается в 0.

$$- \frac{S^2 g \operatorname{tg}^2 \beta}{2 v_0^2} + S \operatorname{tg} \beta - \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + H \right) = 0$$

$$D = S^2 - 4 \cdot \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} \right) \cdot \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + H \right) = 0 \quad | \text{т.к. } S^2 = 0 \text{ не подсоеди-}$$

нит, но

$$1 - 4 \cdot \frac{g}{2 v_0^2} \cdot \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + H \right) = 0$$

$$1 - \frac{S^2 g^2}{v_0^4} - \frac{2 g H}{v_0^2} = 0$$

$$\frac{S^2 g^2}{v_0^4} = 1 - \frac{2 g H}{v_0^2}$$

$$S^2 = \frac{v_0^4 - 2 g H \cdot v_0^2}{g^2}$$

$$S^2 = \frac{200^4 / c^4 (200^2 / c^2 - 2 \cdot 10^4 / c^2 \cdot 3,6 \text{ м})}{100^2 / c^4} = 2 c^2 (200^2 / c^2 - 72^2 / c^2):$$

$$= 256 \text{ м}^2$$

$$\Downarrow$$
$$S = 16 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 \approx 14,1 \text{ м/с}$; $S = 16 \text{ м}$.

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!

1) Распишем силы,
действующие на
тело.

вдоль y: $N = mg \cos \alpha$

вдоль x: $ma_x = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$

$a_x = -g \sin \alpha - \frac{F_{\text{тр}}}{m}$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ (по таким $F_{\text{тр}}$ и a_x следует,
только пока тело движется вверх)

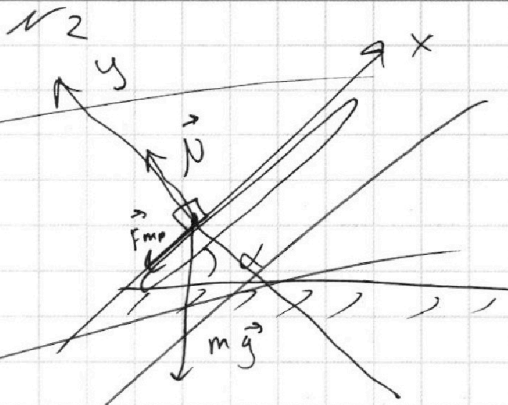
$a_x = -(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

Тогда уравнение движения вдоль оси x:

$x = v_0 t + \frac{a_x t^2}{2} = v_0 t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2}$

Тогда за время $T = t_0$:

$x = 6 \text{ м/с} \cdot 0,6 \text{ с} -$



1) Пока что тело
движется вверх:

$N = mg \cos \alpha$

$ma_x = -(mg \sin \alpha + F_{\text{тр}})$

$a_{x_1} = -(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

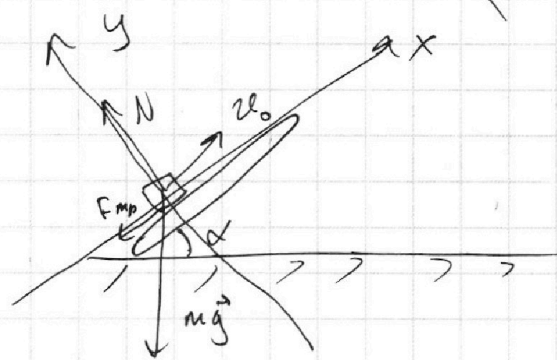
Подставляем $\sin \alpha = 0,6$ и $\cos \alpha = 0,8$; полу-
чим:

$a_{x_1} = -g(0,6 + 0,4) = -g$

Это ускорение только пока что тело движется

вверх, а т.к. начальная скорость $v_0 = 6 \text{ м/с}$,

то время полета $t_1 = \frac{v_0}{a_{x_1}} = 0,6 \text{ с}$.



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 (продолжение) 1

После того, как тело перестает двигаться вверх, оно будет двигаться вниз, а значит $F_{\text{тр}}$ будет направлена в другую сторону:

Тогда:

$$m a_{x2} = F_{\text{тр}} - m g \sin \alpha$$

$$m a_{x2} = \mu m g \cos \alpha - m g \sin \alpha$$

$$a_{x2} = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow$$

$$a_{x2} = g(0,4 - 0,6) = -0,2g$$

Тогда, если рассматривать время $T = 1\text{c}$, то за $t_1 = 0,6\text{c}$ тело поднимется и остановится, а следующие $0,4\text{c}$ будет двигаться вниз с ускорением a_{x2} .

Тогда путь S :

$$\begin{aligned} S &= S_{\text{подъема}} + S_{\text{спуска}} = \left(v_0 t_1 + \frac{a_{x1} t_1^2}{2} \right) + \\ &+ \left(0(T - t_1) - \frac{a_{x2} (T - t_1)^2}{2} \right) = \\ &= 6\text{ м/с} \cdot 0,6\text{ с} + \frac{g(0,6\text{ с})^2}{2} + \frac{0,2g(1\text{ с} - 0,6\text{ с})^2}{2} = \\ &= 1,8\text{ м} + \frac{0,2 \cdot 10\text{ м/с}^2 \cdot 0,16\text{ с}^2}{2} = 1,8\text{ м} + 0,16\text{ м} = \\ &= 1,96\text{ м} = S \end{aligned}$$

2) Теперь транспортёр имеет скорость $u = 1\text{ м/с}$.

П.к. требуется время, за которое скорость станет 1 м/с , это значит, что

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 (продолжение) * 2

Груз остановится относительно ленты.

Значит переходим в ИСО связанную с

лентой конвейера. П.к. нам требуется
время, за которое груз остановится в такой
С.О., то будем использовать только a_{x1} , п.к.
вниз груз не движется.

Отсюда время остановки T_1 , будет:

$$T_1 = \frac{v_{отн}}{a_{x1}}, \text{ где } v_{отн} - \text{ скорость}$$

груза начальная, относительно
ленты.

$$v_{отн} = v_0 - u =$$
$$= 6 \text{ м/с} - 1 \text{ м/с} = 5 \text{ м/с}$$

$$T_1 = \frac{5 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

3) Теперь, п.к. груз должен остановиться

в лабораторной системе отсчета, то
относительно конвейера он должен двигаться
вниз со скоростью 1 м/с . П.к. относительно
ленты груз будет двигаться ~~вниз~~ вниз, то
надо использовать a_{x2} при движении ~~вниз~~
вниз.

Вся время, за которое груз остановился
в С.О. ленты, это $T_1 = 0,5 \text{ с}$, и время, за
которое он наберет скорости 1 м/с ~~вниз~~

вниз относительно ленты, это

$$T_2 = \frac{1 \text{ м/с}}{a_{x2}} = \frac{1 \text{ м/с}}{2 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

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"/>

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

МФТИ



№2 (продолжение).3

Всё время, за которое скорость груза
будет 1 м/с вниз в С.О. ленты, это:

$$T = T_1 + T_2 = 1 \text{ с.}$$

Тогда в координатах этой С.О., груз

будет:

Он пройдет вверх: T_1^2

$$x_1 = 0 + a_{x1} \frac{T_1^2}{2} = 1,25 \text{ м}$$

и вниз:

$$x_2 = 0 - \frac{a_{x2} T_2^2}{2} = -0,25 \text{ м.}$$

Тогда его координата x относительно
ленты: $x = x_1 + x_2 = 1,25 \text{ м} - 0,25 \text{ м} = 1 \text{ м.}$

Но в лабораторной С.О. за всё это
время T , лента прошла расстояние:

$$x_{\text{ленты}} = u \cdot T = 1 \text{ м/с} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ м.}$$

Тогда в лабораторной С.О. L - расстояние,
на котором оказался груз, это:

$$L = x + x_{\text{ленты}} = 2 \text{ м.}$$

Ответ: $S = 1,96 \text{ м}$; $T_1 = 0,5 \text{ с}$; $L = 2 \text{ м}$.

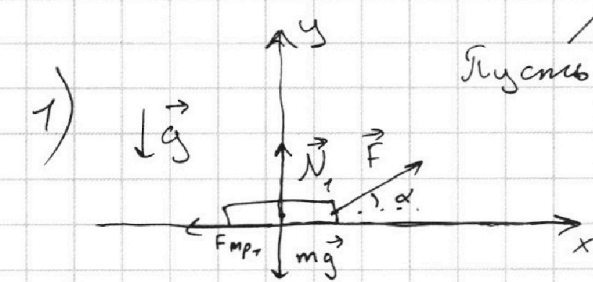
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

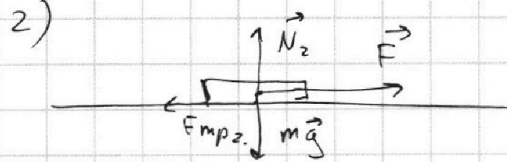
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



№ 3
Пусть расстояние, которое они пройдут - L .



В первом случае, энергия
к увеличилась из-за работы
~~сил~~ сил вдоль оси x .

П.к. F_{mp1} направлена в
противоположную сторону от
силы F , то она будет со знаком $-$.

$$K = A_F - A_{mp1}$$

$$K = F \cos \alpha L - N_1 \cdot \mu \cdot L$$

Распишем силы вдоль оси y :

$$N_1 + F \sin \alpha = mg \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

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

Во втором же случае, ситуация аналогичная:

$$K = A_F - A_{mp2}$$

$$K = FL - \mu N_2 L$$

Также распишем силы, действующие вдоль оси y .

$$N_2 = mg$$

$$K = L (F - \mu mg) \quad 2.$$

Из 1. и 2. понимаем, что

~~$F \cos \alpha$~~

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



N3 (продолжение)

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

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

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

Теперь, после того, как у санок энергия K , на

них будет действовать только сила трения, уменьшая

ее. То есть, когда санки остановятся и пройдут
расстояние S :

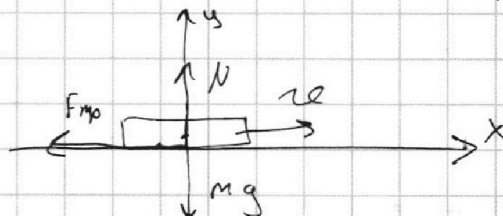
$$K - A_{\text{тр}} = 0$$

$$K = A_{\text{тр}}$$

$$K = \mu N \cdot S$$

$$S = \frac{K}{\mu N}$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$



Рассматривая силы вдоль y ,
получаем:

$$N = mg$$

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{K}{\mu mg}.$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



Пусть A' - работа газа, а A'' - работа над газом.

Запишем первое начало термодинамики для процесса 3-1.

$$1) Q_{31} = \Delta U_{31} + A'_{31}, \text{ или}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} - A''_{31}, \text{ тогда:}$$

$$A'_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31}$$

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

$$Q_{31} = C_{31} \nu \Delta T = C_{31} \nu (T_1 - T_3)$$

$$A'_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) - C_{31} \nu (T_1 - T_3) = \nu \cdot R \cdot (T_1 - T_3) \left(\frac{3}{2} - 2 \right) =$$
$$= -\frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$T_3 = \frac{1}{4} T_1 = \frac{1}{4} \cdot 200 \text{ K} = 50 \text{ K}$$

$$A'_{31} = -\frac{1}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} (200 \text{ K} - 50 \text{ K}) =$$

$$A'_{31} = 299,3 \text{ Дж.}$$

$$2) \eta = \frac{A'}{Q_{\uparrow}}, \text{ где } Q_{\uparrow} - \text{подведённая теплота}$$

$$\text{или } \eta = \frac{Q_{\uparrow} - |Q_{\downarrow}|}{Q_{\uparrow}}, \text{ здесь } Q_{\downarrow} - \text{отведённая теплота.}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{\downarrow}|}{Q_{\uparrow}}$$

Теплота будет подводиться на участках, где

T растёт, то есть на 1-2; и отводится там,

где T убывает, то ~~есть~~ есть на 2-3-1.

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 (продолжение)

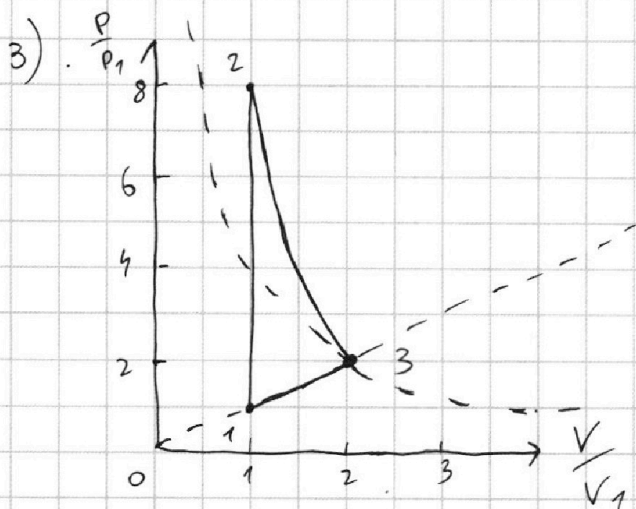
Знаем:

$$Q_{\uparrow} = Q_{12} = c_{12} \nu (T_2 - T_1) = \cancel{2R} \Rightarrow$$

$$Q_{\uparrow} = 1,5 R \cdot \nu (7T_1) = 10,5 \nu R T_1$$

$$\begin{aligned} |Q_{\downarrow}| &= |Q_{23}| + |Q_{31}| = c_{23} \cdot \nu |T_3 - T_2| + c_{31} \cdot \nu |T_1 - T_3| = \\ &= 0,5 R \cdot \nu |4T_1| + 2R \cdot \nu |3T_1| = 2 \nu R T_1 + 6 \nu R T_1 = \\ &= 8 \nu R T_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \eta &= 1 - \frac{|Q_{\downarrow}|}{Q_{\uparrow}} = 1 - \frac{8 \nu R T_1}{10,5 \nu R T_1} = 1 - \frac{16}{21} = \\ &= \frac{5}{21} \end{aligned}$$



Ил.к. $c_{12} = 1,5 R$, но

$Q_{12} = \Delta U_{12} \Rightarrow A_{12} = 0$,
знаем это из условия
 $T_2 = 8T_1 \Rightarrow P_2 = 8P_1$.

Теперь рассмотрим
процесс 3-1.

$$c_{31} = 2R \Rightarrow A_{31} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$

и т.к. $T_3 = 4T_1$, то

точка 3 лежит на изотерме равной $4T_1$, построим
ее. Также, т.к. $A_{31} = \frac{1}{2} \nu R \Delta T = \frac{1}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) =$
 $= \frac{1}{2} P_1 V_1 - \frac{1}{2} P_3 V_3$. Эта работа ~~состоит~~ соответствует
площади под графиком, равной трапеции, у кото-
рой боковая сторона проходит через точку
(0,0). Построим эту трапецию, и точка 3
должна лежать на ней.

Точка пересечения ~~двух~~ графиков и
есть точка 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!

№ 4 (продолжение)

Теперь посмотрим на мощность под процессом 2-3.

Она равна: $\left(\frac{p_2 + p_3}{2}\right) (V_3 - V_2)$ и т.к. $V_3 = 2V_2$, а $p_2 = 4p_3$, то она равна

$\frac{5}{2} p_3 \cdot V_2$. А работа $A'_{23} = -\int R (T_3 - T_2)$, т.к.

$c_{23} = 0,5R$, значит $A'_{23} = p_2 V_2 - p_3 V_3 =$

$= 4p_3 V_2 - 2p_3 V_2 = 2p_3 V_2$, что меньше
меньше чем мощность под процессом 2-3.

Значит процесс 2-3 делает чуть хуже еѐ.

Ответ: $A_{31} = 2493$ Дж; $\eta = \frac{5}{27}$.

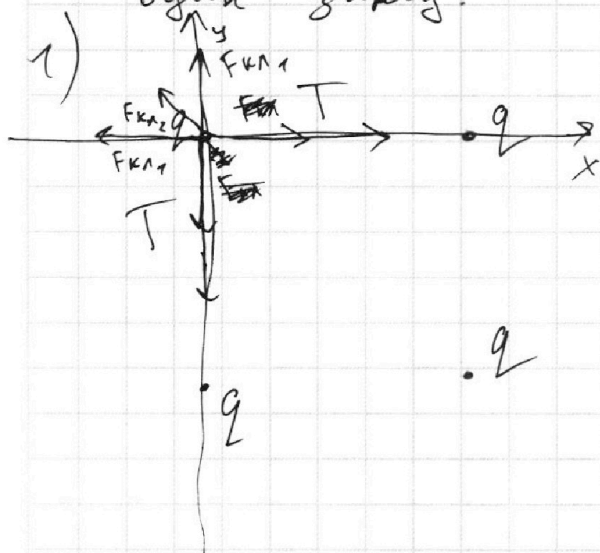
1 2 3 4 5 6 7

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



№5

III. к. нити натянуты, но все заряды одного знака. Рассмотрим силы, действующие на один заряд.



На него вдоль оси x действует вправо T , влево $F_{кл1}$, и часть $F_{кл2}$.

Т.к. заряд покоится, то

$$T = F_{кл1} + F_{кл2} \cdot \sin 45^\circ$$

$$F_{кл1} = k \frac{q \cdot q}{a^2}$$

$$F_{кл2} = k \frac{q \cdot q}{(a \cdot \sqrt{2})^2} = k \frac{q \cdot q}{2a^2}$$

Тогда $T = k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{2a^2} \cdot \sin 45^\circ$

$$T = k \frac{q^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sin 45^\circ}{2} \right) \Rightarrow$$

$$q^2 = \frac{T a^2}{k \left(1 + \frac{\sin 45^\circ}{2} \right)} = \frac{T a^2}{k + \frac{k \sin 45^\circ}{2}} = \frac{2 T a^2}{k \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)}$$

здесь $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0}$; тогда

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

3) Итак, если мы рассмотрим всю систему из зарядов и нитей; и её центр масс, то на него не действуют никакие внешние силы,

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"/>

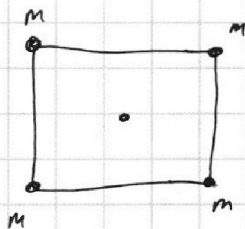
МФТИ

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

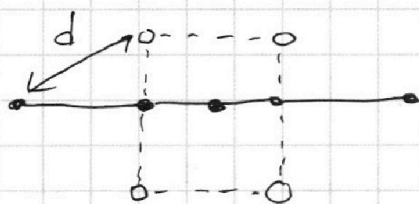


№ 5 (продолжение)

а значит она должна остаться на месте.



т.к. массы равны, то центр масс находится в центре квадрата.



После, центр масс станет посередине всей прямой, но в пространстве никуда не сойдет.

Тогда d можно найти, так:

$$d^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + a^2$$

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

$$\Downarrow$$
$$d = a \sqrt{\frac{5}{4}}$$

$$\text{Ответ: } 1) q = \sqrt{\frac{2T \cdot a^2 \cdot 4\pi\epsilon_0}{2 + \frac{\sqrt{2}}{2}}}; \quad 3) d = a \sqrt{\frac{5}{4}}.$$



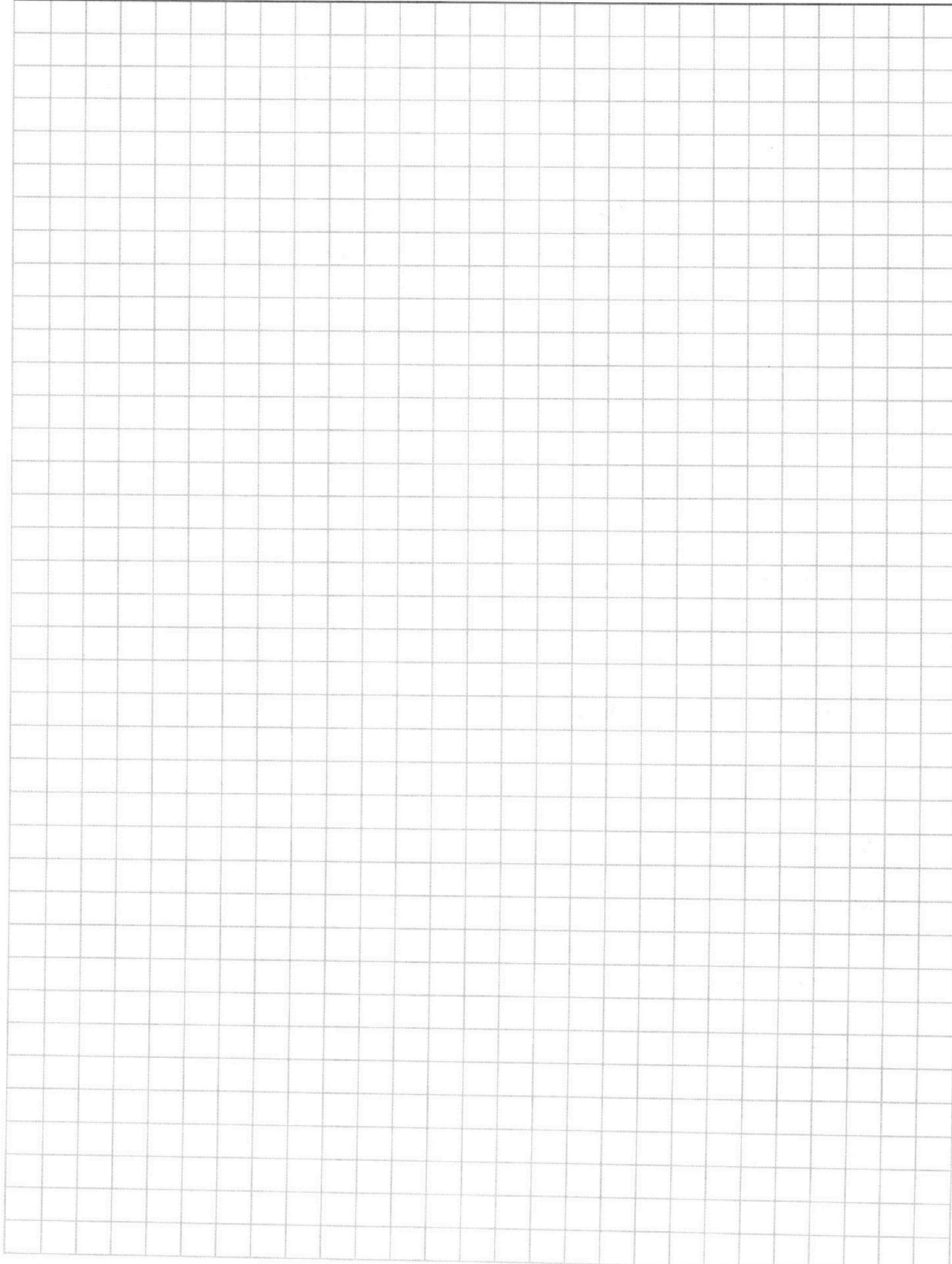
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>



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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

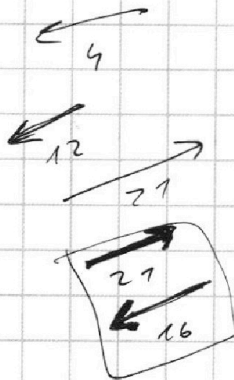
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

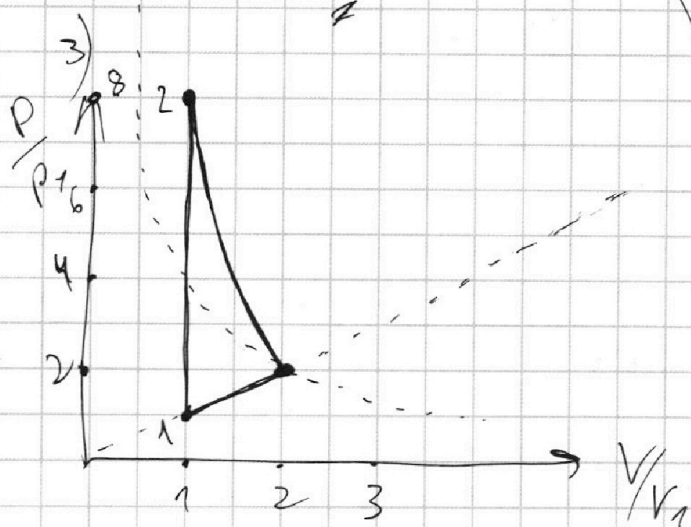
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\eta = 1 - \frac{16}{27} = \frac{11}{27}$$



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



$$Q = \frac{1}{2} \nu R \Delta T \Delta u = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$A = -\nu R \Delta T = -\nu R \Delta T$$

$$\nu R T_2 - \nu R T_3 = A$$

$$p_2 V_2 - p_3 V_3 = A$$

$$Q_{13} = 2 \nu R \Delta T$$

$$A = -\frac{1}{2} \nu R \Delta T = -\frac{1}{2}$$

$$\left(\frac{p_3 + p_2}{2}\right)(V_3 - V_2)$$

$$\frac{p_3 V_3}{2} - \frac{p_3 V_2}{2} + \frac{p_2 V_3}{2} - \frac{p_2 V_2}{2}$$

$$\frac{2p_3 V_2 - p_3 V_2}{2} + \frac{p_2 V_2 - p_2 V_2}{2}$$

$$p_3 V_2 - \frac{p_3 V_2}{2} + p_2 V_2 - \frac{p_2 V_2}{2}$$

$$\frac{p_3 V_2}{2} + \frac{p_2 V_2}{2}$$

$$\frac{p_3 V_2}{2} + \frac{p_2 V_2}{2} =$$

$$p_2 V_2 = p_3 V_3 = 2p_2 V_2 - p_3 V_3 = p_3 V_3$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

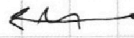
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Черновик



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

$$\frac{K}{L} = \frac{K}{L} \cos \alpha + \mu mg \cos \alpha - \mu mg + \mu \frac{K}{L} \sin \alpha + \mu^2 mg \sin \alpha$$

$$\frac{K}{L} = \frac{K}{L} \cos \alpha + \left(\frac{K}{L} - \frac{K}{L} \cos \alpha\right)$$

(m)

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

N4

$$Q = c \sqrt{\Delta T}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} - A_{\text{тр}} \text{ газам}$$

$$Q_{31} = c \sqrt{T_1 - T_3}$$

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

$$c \sqrt{T_1 - T_3} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) - A_{\text{н.з.}} \Rightarrow$$

$$A_{\text{н.з.}} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) - c \sqrt{T_1 - T_3} =$$

$$= \nu (T_1 - T_3) \left(\frac{3}{2} R - c\right) = 1 \text{ моль} \cdot (-600 \text{ К}) \cdot (1,5R - 2R) =$$

$$= 1 \cdot 600 \text{ К} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 0,5 =$$

$$= 2493 \text{ Дж.}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \\ \times 600 \\ \hline 149580 \\ \times 831 \\ \hline 2078883 \end{array}$$

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_3} = 1 + \frac{Q_2}{Q_3} = 1 - \left| \frac{Q_1}{Q_3} \right| =$$

$$Q_1 = Q_2 = c_{12} \sqrt{T_2 - T_1} = 1,5 \cdot 1 \cdot (\sqrt{T_1}) = 10,5 \sqrt{T_1} = 10,5 \cdot 200 = 2100 \text{ Дж.}$$

$$|Q_1| = |Q_2| + |Q_{31}| = c_{23} \sqrt{T_3 - T_2} + c_{31} \sqrt{T_1 - T_3} = 0,5 \cdot 6 \sqrt{T_1} + 2 \cdot 3 \sqrt{T_1} =$$

$$8 \sqrt{T_1} = 8 \cdot 200 = 1600 \text{ Дж.}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_1|}{|Q_3|} = 1 - \frac{1600 \text{ Дж}}{2100 \text{ Дж}}$$

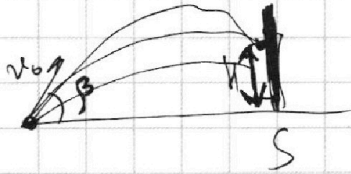
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



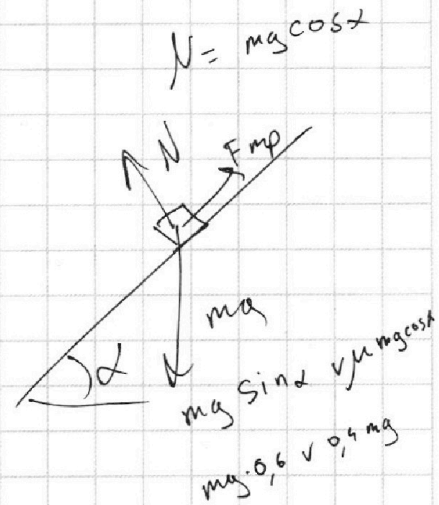
Веревочка

$$x = v_0 \cos \beta t$$

$$y = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y = v_0 \sin \beta \left(\frac{x}{v_0 \cos \beta} \right) - \frac{g \left(\frac{x}{v_0 \cos \beta} \right)^2}{2}$$

$$y_{\max} = S \tan \beta - \frac{S^2 g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$



$$- \frac{S^2 g}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

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

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

$$- \frac{S^2 g}{2 v_0^2} (1 + \tan^2 \beta) + S \tan \beta - y_{\max} = 0$$

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

$$- \frac{S^2 g + g^2 \beta}{2 v_0^2} + S \tan \beta - \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + y_{\max} \right) = 0$$

$$S^2 = 2 \cdot 128 = 256$$

$$- \frac{S^2 g \tan^2 \beta}{2 v_0^2} + S \tan \beta - \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + y_{\max} \right) = 0$$

$$S^2 = \frac{200 \cdot (200 - 22)}{100}$$

$$D = S^2 - 4 \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} \right) \cdot \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + y_{\max} \right) = 0$$

$$S^2 - 4 \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} \right)^2 - 4 \frac{S^2 g y_{\max}}{2 v_0^2} = 0$$

$$= \frac{200(200 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6)}{3,6}$$

$$= \frac{200^2 - 2 \cdot 10 \cdot 200}{100}$$

$$1 - 4 \frac{S^2 g^2}{4 v_0^4} - 4 \frac{g y_{\max}}{2 v_0^2} = 0$$

$$\frac{S^2 g^2}{v_0^4} = 1 - 4 \frac{g y_{\max}}{2 v_0^2}$$

$$S^2 = \frac{v_0^4 - 4 \frac{g y_{\max}}{2} \cdot v_0^2}{g^2} = \frac{v_0^4 - 2 g y_{\max} v_0^2}{g^2} = \frac{200^2 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 200}{100^2/2}$$

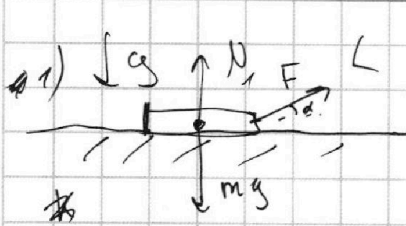
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$K = A_F - A_{\text{тр}}$$

$$K = (F \cos \alpha - \mu N_1) L$$

$$N_1 + F \sin \alpha = mg$$

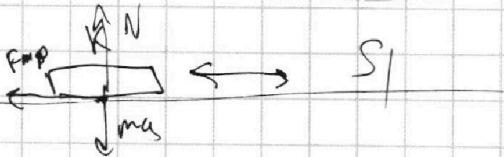
$$K = (F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)) L$$

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

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

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

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



$$K + F_{\text{mp}} S = 0$$

$$K = F_{\text{mp}} S$$

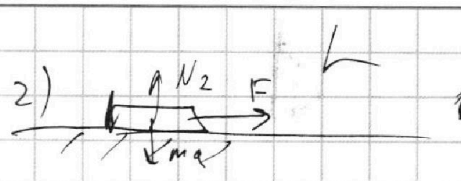
$$S = \frac{K}{F_{\text{mp}}} = \frac{m v^2 / 2}{\mu mg} = \frac{m v^2}{2 \mu mg}$$

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

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

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

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$



$$K = A_F - A_{\text{тр}}$$

$$K = (F - \mu N_2) L$$

$$K = (F - \mu mg) L$$

$$K = F$$

K, α, μ

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

$$a = \mu g$$

$$F_{\text{mp}} = \mu mg$$

$$t = \frac{v}{a} \quad S = \frac{v^2}{2} +$$

$$K = F - \mu mg$$

$$\mu mg = F - \frac{K}{L}$$

$$F = \frac{K}{L} + \mu mg$$