



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**
Вариант 10-02



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

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

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

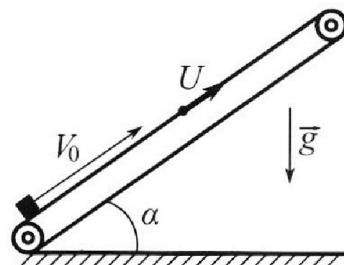
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

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

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.). В первом опыте небольшую коробку ставят на покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



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

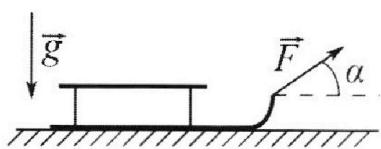
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6 \text{ м/с}$ (см. рис.).

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

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

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

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



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

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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

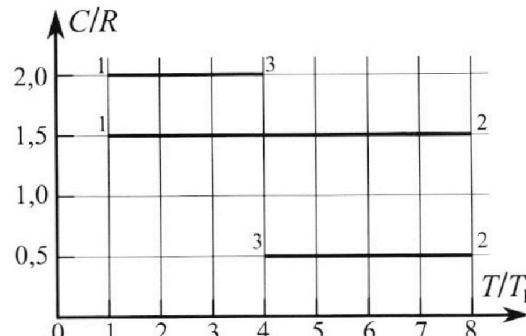
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-02

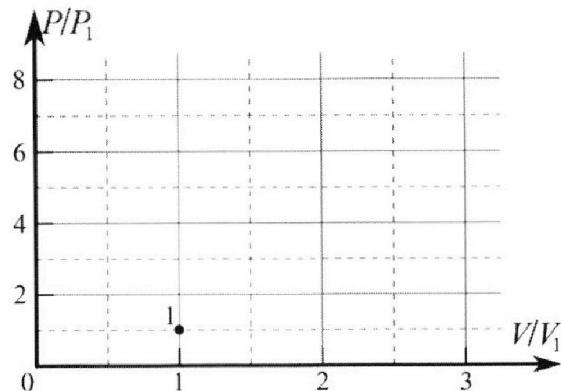
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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).



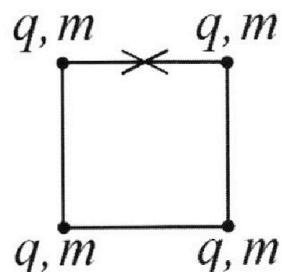
- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.

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 вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

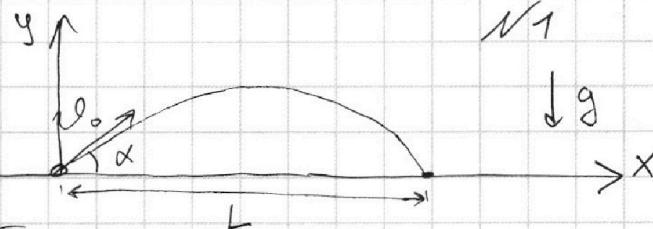




- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ.

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



N1

↓ g

1) Гл. к. мяч движется баллистически, то его уравнения движения вдоль осей:

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

Когда все время полета, когда у стартует о. будем:

$$\cancel{\text{Уравн.}} \quad 0 = v_0 \sin \alpha t_{\text{полет}} - \frac{gt_{\text{полет}}^2}{2} \quad | \text{ и.к. } t_{\text{полет}} = 0 \text{ не подходит, то}$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{gt_{\text{полет}}}{2}$$

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

уравнение по оси x, и максимальную дальность, получаем:

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

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

$$v_0 \approx 14,1 \text{ м/с}$$

2) Выразим t из уравнений по x; пусть угол неизвестный - β

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

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

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

y будет меняться только в зависимости от угла

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

N1 (продолжение)

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

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

Зависимость y от $\tan \beta$ 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 $\tan \beta$, т.к. это вершина параболы, и соответственно дискриминант обращается в 0.

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

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

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

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

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

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

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

$$= 256 m^2$$

↓

$$S = 16 m$$

Ответ: $v_0 \approx 17,1 \frac{m}{c}$; $S = 16 m$.

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

N2

1) Распишем схему, действующую на него

$$\text{Вдоль } y: N = mg \cos \alpha$$

$$\text{Вдоль } x: m a_x = -mg \sin \alpha - F_{mp}$$

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

$$F_{mp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \quad (\text{но такие формулы } a_x \text{ будут,} \\ \text{только пока тело движется вверх})$$

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

При оги уравнение движения будет оси x :

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

При оги за время $T = +\infty$:

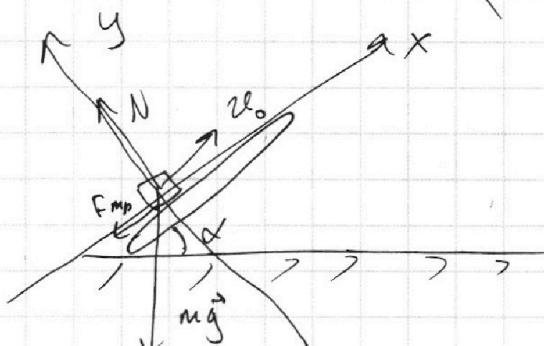
$$x = 6 \text{ м/c} \cdot t - \frac{10 \text{ м/c}^2}{2} t^2$$

1) Тело что тело движется вверх:

$$N = mg \cos \alpha$$

$$m a_x = -(mg \sin \alpha + F_{mp})$$

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



Подставляем $\sin \alpha = 0,6$ и $\cos \alpha = 0,8$, получаем:

$$a_{x_1} = -g(0,6 + 0,8) = -g$$

то ускорение только пока что тело движется вверх, а т.к. начальная скорость $v_0 = 6 \text{ м/c}$,

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

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"/> |

МФТИ



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

N2 (продолжение) № 1

После того, как тело пересечет движущееся вверх, оно будет двигаться вниз, а сила F_{mp} будет направлена в другую сторону:

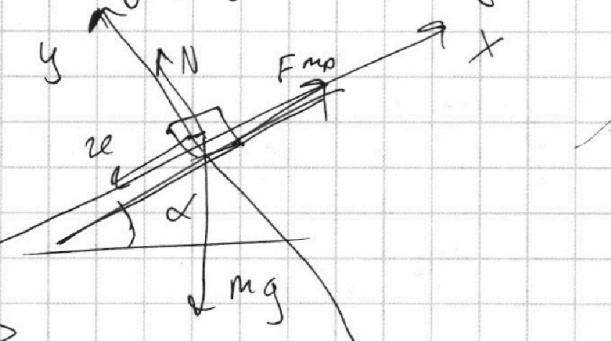
Погодя:

$$m a_{x_2} = F_{mp} - mg \sin \alpha$$

$$m a_{x_2} = \mu m g \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_{x_2} = g (\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow$$

$$a_{x_2} = g (0,4 - 0,6) = -0,2 g$$



Погодя, 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_{x_2} .

Погодя путь S :

$$\begin{aligned} S &= S_{подъем} + S_{спуска} = \left(v_0 t_1 + \frac{a_{x_1} t_1^2}{2} \right) + \\ &+ \left(0(T-t_1) - \frac{a_{x_2} (T-t_1)^2}{2} \right) = \\ &= 6 \text{ м/с} \cdot 0,6 \text{ с} + \frac{g(0,6 \text{ с})^2}{2} + \frac{0,2 \text{ г} (1\text{с} - 0,6 \text{ с})^2}{2} = \\ &= 1,8 \text{ м} + \frac{0,2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,16 \text{ с}^2}{2} = 1,8 \text{ м} + 0,16 \text{ м} = \\ &= 1,96 \text{ м} = S \end{aligned}$$

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

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



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

N2 (продолжение) № 2

груз остановился относительно ленты.

Значит переходил в ИСО связанный с

лентой конвейера. Т.к. нам предлежало
время, за которое груз остановился в таком
С.О., то будем использовать только a_{x_1} , т.к.
вног груз не движется.

Отсюда время остановки T_1 , будем:

$$T_1 = \frac{v_{\text{отн}}}{a_{x_1}}, \text{ где } v_{\text{отн}} - \text{скорость} \\ \text{груза начальная, относительно} \\ \text{ленты.}$$

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

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

3) Теперь, т.к. груз должен остановиться
в лабораторной системе осн отсчета, то
относительно конвейера он должен двигаться
вног со скоростью $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Т.к. относительно
ленты груз будет двигаться ~~вног~~ вног, то
надо использовать a_{x_2} при движении ~~вног~~
гру.

* Время, за которое груз остановился
в С.О. ленты, это $T_2 = 0,5 \text{ с}$, и время, за
которое он на ленте скорость $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

* Вног относительно ленты, это

$$T_2 = \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{a_{x_2}} = \frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,5 \text{ с}$$



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"/> |

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

МФТИ.

У2 (продолжение). 3

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

$$T = T_1 + T_2 = 1\text{ с}.$$

Тогда в координатах этой С.О., груз

будет:

он пройдет вверх:

$$x_1 = \text{вотн } T_1 - \frac{a_{x_1} T_1^2}{2} = 1,25 \text{ м}$$

и вниз:

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

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

но в лабораторной С.О. за всё это
время T , левее прошла расстояние:

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

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

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

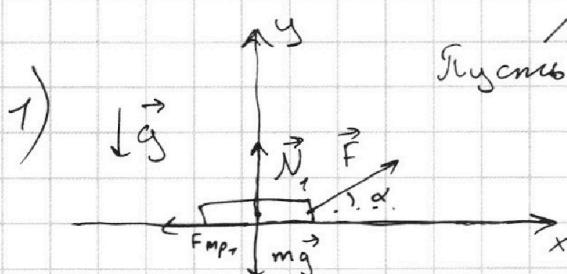
Ответ: $S = 1,96 \text{ м}; T_1 = 0,5 \text{ с}; L = 2 \text{ м}.$



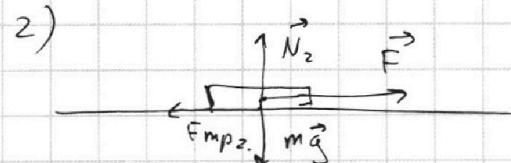
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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



Пусть расстояние, которое оно проедет - L.



В первом случае, энергия K появилась из-за работы ~~силы~~ силы вдоль оси x.

Т.к. Fmp1 направлена в противоположную сторону от силы F, то она будет ~~со~~ знакою -.

$$K = A_F - A_{mp_1}$$

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

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, формула аналогична:

$$K = A_F - A_{mp_2}$$

$$K = F L - \mu N_2 \cdot L$$

Также распишем силы, действующие вдоль оси y.

$$N_2 = mg$$

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

Из 1. и 2. получаем, что

$$F \cos \alpha =$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.

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

№3 (продолжение)

$$F \cos \alpha - \mu m g + \mu F \sin \alpha = F - \mu m g$$

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

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

Теперь, после того, как у санок энергия K , на
них будем действовать только сила трения, увеличивающая
ее. Но есть, когда санки остановятся и пройдут
расстояние S :

$$K - A_{mp} = 0$$

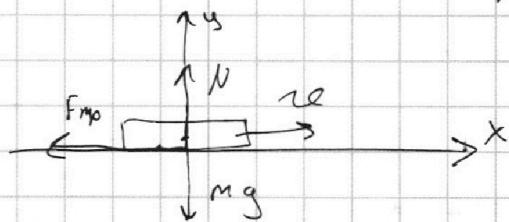
$$K = A_{mp}$$

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

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

$$S = \frac{K}{\mu m g}$$

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



Распишись в силы вдоль y ,
получаем:

$$N = mg$$

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 нагара, а A^* - работа над газом.

Запишем первое начало термодинамики для процесса 3-1.

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

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

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31}$$

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

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

$$A_{31} = \frac{3}{2} \Delta R (T_1 - T_3) - C_{31} \Delta (T_1 - T_3) = \Delta R \cdot (T_1 - T_3) \left(\frac{3}{2} - 2 \right) = \\ = -\frac{1}{2} \Delta R (T_1 - T_3)$$

$$T_3 = 4 T_1 = 4 \cdot 200 \text{ K} = 800 \text{ K}$$

$$A_{31} = -\frac{1}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} (200 \text{ K} - 800 \text{ K}) \Rightarrow$$

$$A_{31} = 2493 \text{ Дж.}$$

$$2) \eta = \frac{A'}{Q_r}, \text{ где } Q_r - \text{подведенная теплота}$$

$$\text{или } \eta = \frac{Q_r - |Q_{12}|}{Q_r}, \text{ где } Q_{12} - \text{отведенная}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{12}|}{Q_r}$$

Теплота будет подсчитываться на участках, где

Т расчет, то есть на 1-2 ; и отводится на,

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

МФТИ

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

№ 4 (продолжение)

Значит:

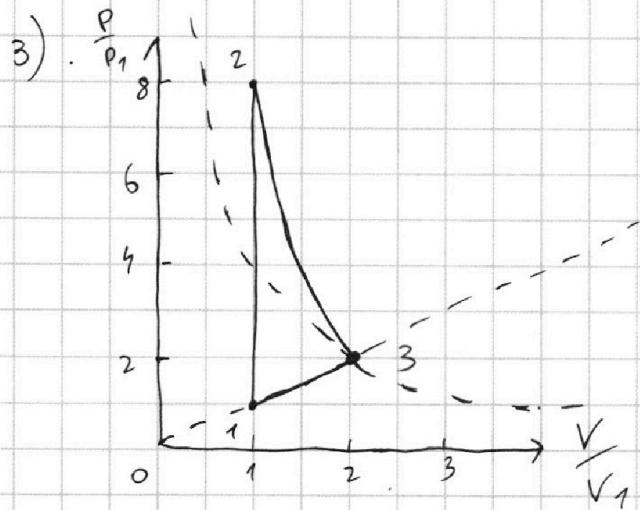
$$Q_1 = Q_{12} = C_{12} \cdot \sqrt{(T_2 - T_1)} = 2 R \cdot \sqrt{T_1} \Rightarrow$$

$$Q_1 = 1,5 R \cdot \sqrt{7T_1} = 10,5 \sqrt{R T_1}$$

$$|Q_2| = |Q_{23}| + |Q_{31}| = |C_{23} \cdot \sqrt{(T_3 - T_2)}| + |C_{31} \cdot \sqrt{(T_1 - T_3)}| = \\ = 0,5 R \cdot \sqrt{4T_1} + 2 R \cdot \sqrt{3T_1} = 2 \sqrt{R T_1} + 6 \sqrt{R T_1} = \\ = 8 \sqrt{R T_1}$$

$$\text{Потеря} \eta = 1 - \frac{|Q_1|}{Q_1} = 1 - \frac{8 \sqrt{R T_1}}{10,5 \sqrt{R T_1}} = 1 - \frac{16}{21} =$$

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



Т.к. $C_{12} = 1,5 R$, то

$\Delta U_{12} = A'_{12} = 0$,
значит это изоскора
 $T_2 : 8T_1 \Rightarrow P_2 = 8P_1$.

Теперь рассмотрим
процесс 3-1.

$$C_{31} = 2R \Rightarrow A'_{31} = \frac{1}{2} \sqrt{R \Delta T} = \frac{1}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) =$$

И т.к. $T_3 = 4T_1$, то

точка 3 лежит на изотерме равной $4T_1$, построим
её. Также, т.к. $A'_{31} = \frac{1}{2} \sqrt{R \Delta T} = \frac{1}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) =$
 $= \frac{1}{2} P_1 V_1 - \frac{1}{2} P_3 V_3$. Т.к. работа ~~соответствует~~
площади под графиком, равной трапеции, у ко-
торой боковая сторона проходит через точку
(0, 0). Поэтому эту прямую, и точка 3
должна лежать на ней.

Точка пересечения ~~с~~ двух графиков —
это 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!

N₄ (продолжение)

Теперь посмотрим на процесс 2-3.

Она равна: $\left(\frac{P_2 + P_3}{2}\right)(V_3 - V_2)$ и м.к. $V_3 = 2V_2$, а
 $P_2 = 4P_3$, то она равна

$\frac{5}{2}P_3 \cdot V_2$. А работа $A'_{23} = -\mathcal{J}R(T_3 - T_2)$, м.к.

$C_{23} = 0,5R$, значит $A'_{23} = P_2V_2 - P_3V_3 =$

$= 4P_3V_2 - 2P_3V_2 = 2P_3V_2$, что немного
меньше чем тепловой поток при переходе 2-3.

Значит процесс 2-3 является чуть ниже её.

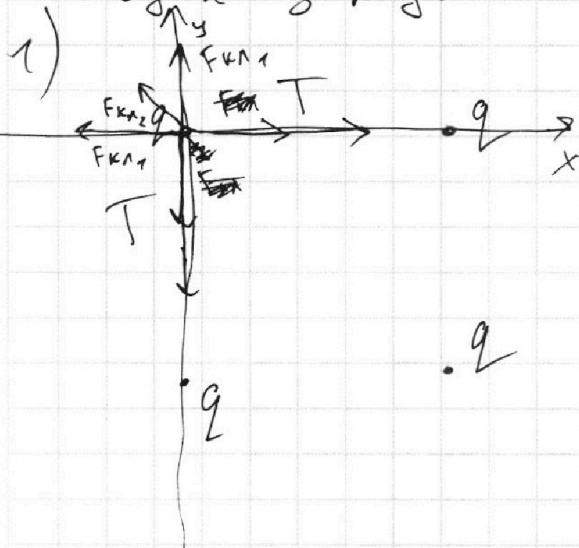
Ответ: $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$; $\eta = \frac{5}{27}$.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

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

№5

Пл. к. ничто не мешает, но все заряды одного знака. Рассмотрим силы, действующие на один заряд.



На него вдоль оси x действует справа T , влево F_{KL1} , и часть F_{KL2} .

Т.к. заряд покончил
но

$$T = F_{KL1} + F_{KL2} \cdot \sin 45^\circ$$

$$F_{KL1} = k \frac{q \cdot q}{a^2}$$

$$F_{KL2} = k \frac{q \cdot q}{(a\sqrt{2})^2} = k \frac{q \cdot q}{2a^2}$$

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

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

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

Здесь $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$; 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 не будем учитывать массу, то

на него не действуют никакие временные
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"/> |

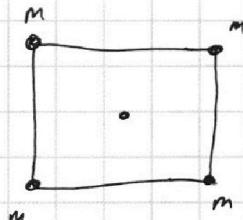
МФТИ



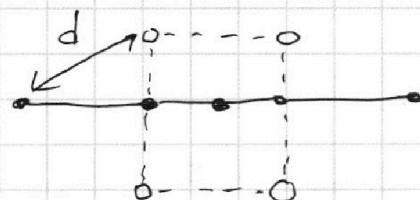
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№ 5 (продолжение)

а значит она должна остановиться на месте.



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



После, центр масс станет
посередине всей прямой, но
в пространстве никак
не сдвигается.

Тогда d можно найти, так:

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

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

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

$$\text{Ответ: 1) } g = \sqrt{\frac{2T \cdot a^2 \cdot 4\pi \varepsilon_0}{2 + \frac{\sqrt{2}}{2}}} ; 3) d = a \sqrt{\frac{5}{4}}$$



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"/> |

МФТИ

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



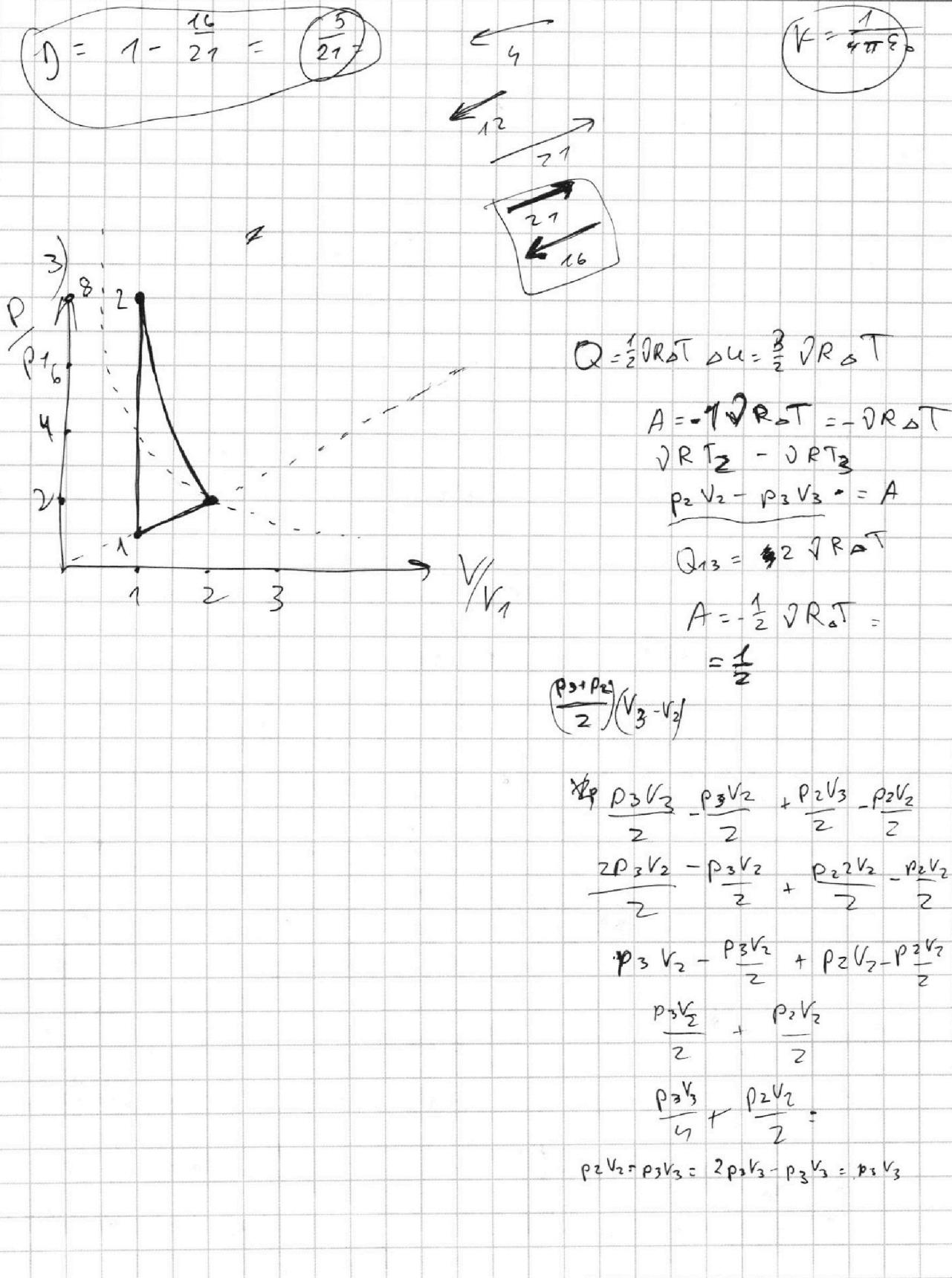
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Черновик

←→

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

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

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

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

N4

$$Q = c \cdot \Delta T$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} - A_{n.r.}$$

$$Q_{31} = c \cdot \Delta T (T_1 - T_3)$$

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

$$c \cdot \Delta T (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \cdot R (T_1 - T_3) - A_{n.r.} \Rightarrow$$

$$A_{n.r.} = \frac{3}{2} \cdot R (T_1 - T_3) - c \cdot \Delta T (T_1 - T_3) =$$

$$= R (T_1 - T_3) \left(\frac{3}{2} R - c \right) = 1 \text{ мак} (-600 \text{ к}) (15 \text{ Р} - 2 \text{ Р}) =$$

$$= 1 \cdot 600 \text{ к} \cdot 8,51 \frac{\text{Дж}}{\text{мак к}} \cdot 0,5 =$$

$$= -4586 \text{ Дж} = [2493 \text{ Дн.}]$$

$$\begin{array}{r} 2493 \\ \times 600 \\ \hline 14986 \end{array}$$

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

$$Q_2 = Q_{12} = C_{12} \cdot \Delta T_1 = 1,5 \cdot 1 \cdot (273 - 200) = 10,5 \text{ Т} = 10,5 \cdot 200 = 2100 \text{ Р дн.}$$

$$|Q_2| = |Q_1| + |Q_{21}| = C_{23} \cdot 2 \cdot |T_3 - T_2| + C_{31} \cdot 2 \cdot |T_1 - T_3| = 0,5 \cdot (273) + 2 \cdot (273) =$$

$$8T_1 = 8 \cdot 200 = 1600 \text{ Р дн.}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{(2100 \cdot 2) \text{ дн.}}{(1600 \cdot 2) \text{ дн.}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

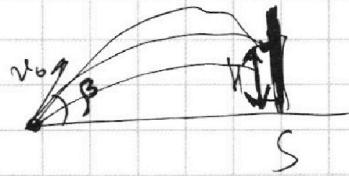
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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



Из рисунка

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

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

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

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

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

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

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

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

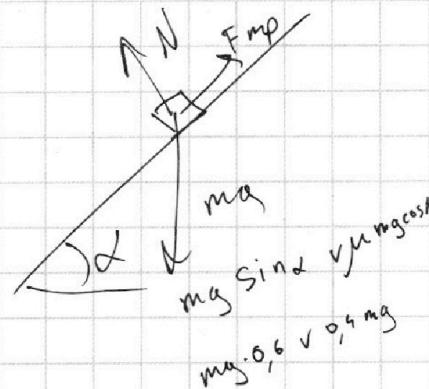
$$D = S^2 - 4 \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} \right) \cdot \left(\frac{S^2 g}{2 v_0^2} + y_{\max} \right) = 0$$

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

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

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

$$S^2 = \frac{v_0^4 - 4 \frac{g^2}{2} \cdot v_0^2}{g^2} = \frac{v_0^4 - 2 g^2 \cdot v_0^2}{g^2} = \frac{200^2 \frac{4}{c^4} - 2 \cdot 10^4 \frac{36}{c^2} \cdot 200}{100^2 / c^2} = \frac{36 m^2}{100^2 / c^2}$$



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

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

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

$$(S = 16)$$

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

$$S^2 = 200 \cdot (200 - 128) = 100$$

$$S^2 =$$

$$= \frac{200 (200 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6)}{3,6} \\ = \frac{200^2 - 2 \cdot 10 \cdot 200}{100}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

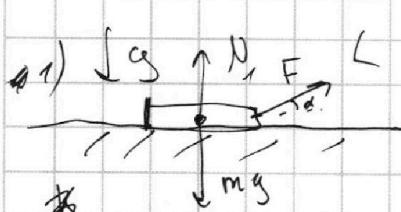
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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



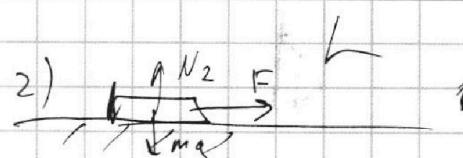
$$K = A_F - A_{\text{тр}}$$

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

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

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

2)



$$K = A_F - A_{\text{тр}}$$

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

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

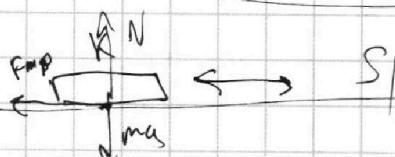
~~K = F~~

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

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

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

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



$$K + F_{\text{тр}} \cdot S = 0$$

$$K = F_{\text{тр}} \cdot S$$

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

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

$$S = \frac{K}{\mu m g}$$

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

