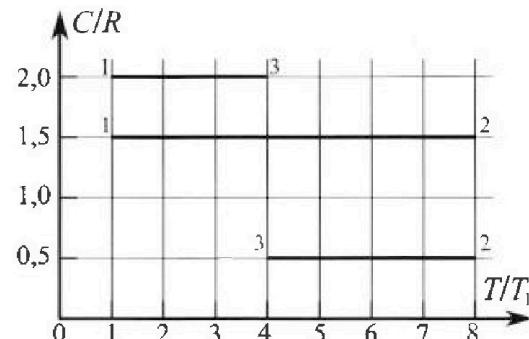


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

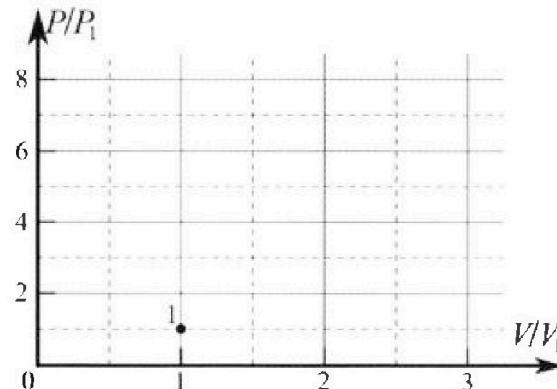
## Вариант 10-02

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

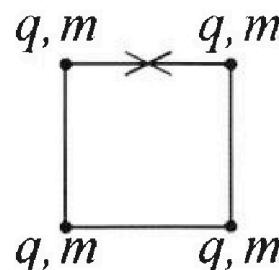
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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



- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .



- 1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023



## Вариант 10-02

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

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

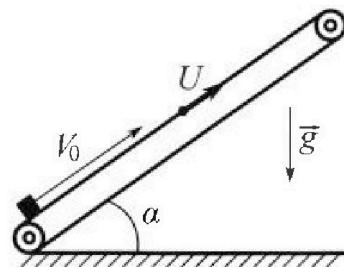
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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

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

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

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



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

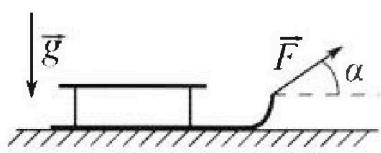
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6$  м/с (см. рис.).

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

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

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

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



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

1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

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

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$t_2 = \frac{s}{\sqrt{v_0^2 \cos^2 \beta}}$$

$$\sqrt{v_0^2 \sin^2 \beta} \cdot \frac{s}{\sqrt{v_0^2 \cos^2 \beta}} - \frac{g}{2} \cdot \frac{s^2}{v_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$stg \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$(stg \beta)' = \frac{\cos \beta}{\sin \beta}$$

$$(\cos \beta)' = -\sin \beta$$

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

Найдём такой  $\beta$ , при котором  $stg \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$  максимизируется

$$\left( stg \beta - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \right)' = s \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \cdot \left( \frac{1}{\cos^2 \beta} \right)' = \frac{1}{\cos^2 \beta} - (cos^2 \beta)' = \\ = \frac{s}{\cos^2 \beta} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{2 \sin \beta}{\cos^3 \beta} = 0$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{g s}{v_0^2} \cdot \frac{tg \beta}{\cos^2 \beta} = 0$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} \left( 1 - \frac{g s}{v_0^2} \cdot tg \beta \right) = 0$$

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 \quad /: \cos^2 \beta$$

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

$$\begin{cases} \frac{1}{\cos^2 \beta} = 0 \\ \frac{g s}{v_0^2} \cdot tg \beta = 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} tg^2 \beta + 1 = 0 \\ tg \beta = \frac{v_0^2}{gs} \end{cases}$$

$$tg^2 \beta = -1 \rightarrow \beta \in \emptyset$$

$$tg \beta = \frac{v_0^2}{gs}$$

$$\begin{aligned} 125 &= \\ 255 &= \\ 2925 &= \end{aligned}$$

$$\text{Тогда } H = s \cdot \frac{v_0^2}{gs} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \cdot (tg^2 \beta + 1)$$

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

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g s^2 v_0^4}{2 v_0^2 g^2 s^2} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \times \frac{225}{1575}$$

$$\text{Из } H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2}$$

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

$$79,6 - 7,2 =$$

$$= 72,4$$

$$\frac{v_0^2}{2g} - H = \frac{g s^2}{2 v_0^2} \quad S = \sqrt{\frac{\left(\frac{v_0^2}{2g} - H\right) \cdot 2 v_0^2}{g}} = v_0 \sqrt{\frac{\frac{v_0^2}{2g} - 2H}{g}}$$

$$S = 14 \cdot \sqrt{\frac{\frac{v_0^2}{2g} - 2 \cdot 3,6}{10}} = 14 \cdot \sqrt{\frac{72,4}{70}} = 14 \sqrt{3,24} \approx$$

$$\begin{aligned} 14 \sqrt{3,25} &= 14 \cdot \sqrt{9,25 \cdot 5} = \\ &= 14 \cdot 9,5 \sqrt{5} \approx 7 \cdot 2,25 = \\ &= 15,75 \text{ м} \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

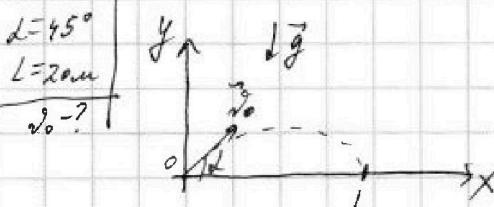
МФТИ



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

№1.

дано:  $\alpha = 45^\circ$  | решение:



$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha t \\ y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент падения мяча  
на ~~стену~~ горизонтальную  
поверхность т.:

$$\begin{cases} x(t_1) = L \\ y(t_1) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha t_1 = L \\ v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{L}{v_0 \cos \alpha} \\ v_0 \sin \alpha \cdot \frac{L}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{L^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = 0 \end{cases}$$

$$L \operatorname{tg} \alpha = \frac{gL^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos^2 \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha = \sin \alpha \cos \alpha$$

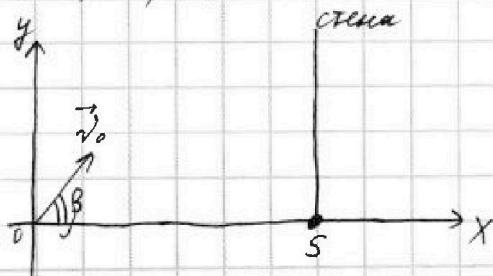
$$\frac{gL}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$2v_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{gL}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\operatorname{tg} \alpha \cdot 2 \cdot \cos^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{2 \sin \alpha \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{gL}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{gL}$$

$$v_0 = \sqrt{10 \cdot 20} = \sqrt{5 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 5} = 5 \cdot 2 \sqrt{2} = 10 \sqrt{2} \approx 10 \cdot 3.41 = 34.1 \text{ м/с}$$

2).  $H = 38 \text{ м}; S = ?$



$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \beta t \\ y(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент времени  $t_2$ , когда  
мяч встает в стену:

$$x(t_2) = S$$

$$\begin{cases} x(t_2) = S \\ y(t_2) = H \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 \cos \beta t_2 = S \\ v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = H \end{cases}, v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} v_0 \cos \beta t_2 = S \\ v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = H \end{cases}, v_0 \sin \beta t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \rightarrow \max$$

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!

31. В С.О. "Лента транспортера".

Когда жёсткая коробка образует волна со скоростью  $v_{k,l} = -1\text{ м/с}$

в момент времени  $T_1$  Ер изменяет свою направление.

Посмотрим, какое путь  $d$  проехала коробка к  $T_1$ :

$$d = v_0 T_1 + \frac{a_2 T_1^2}{2} = 375\text{ м}$$

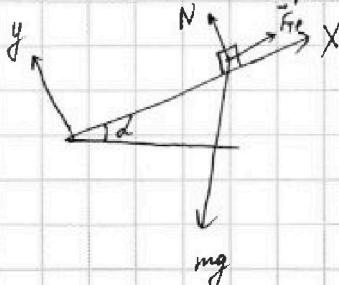
$$= 0,6 T_1 + 1,8 T_1^2$$

$$d = 6 \cdot 93 - 0,925 \cdot 93^2 =$$

$$= 3725 - 945 = 220\text{ м}$$

Новая скорость времени:

в момент времени  $T_1$ ,  $t=0$ .



$$-mg\sin\alpha + F_f = m a_3$$

$$-mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = m a_3$$

$$a_3 = -g\sin\alpha + \mu g\cos\alpha$$

$$a_3 = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v_{k,l}(t) = a_3 t$$

В момент времени  $t_0$ , когда скатка коробки в С.О. "лаборатория" образует волна,

$$v_{k,l}(t_0) = -1\text{ м/с}$$

$$a_3 t_0 = -1\text{ м/с}$$

$$t_0 = -\frac{1}{a_3} = \frac{100}{a_3}$$

$$t_0 = \frac{-1}{-2} = \frac{1}{2}\text{ с}$$

(~~100~~ из)

В С.О. "Земле"

$$d_2 = v_0 t_0 + a_3 t_0^2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$d_2 = 1 \cdot \frac{1}{2} + (-2) \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4} = 0,25\text{ м}$$

$$(= d + d_2 = 375 + 0,25 = 375,25\text{ м})$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

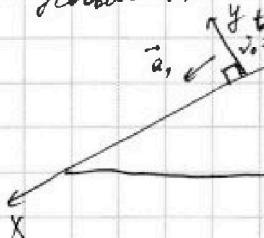
МФТИ



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

т.к.  $a_1 > 0$ , то коробка полетит вниз.

Новый отсчет времени:



$$x(t) = \frac{a_1 t^2}{2}$$

Начиная с момента  $T-t_1$ :

$$x(T-t_1) = \ell_2$$

$$\ell_2 = \frac{a_1 (T-t_1)^2}{2}$$

$$\ell_2 = \frac{2 \cdot 9.8^2}{2} = 9.6 \text{ м}$$

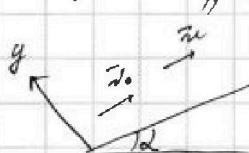
$$S = \ell + \ell_2$$

$$\boxed{S = 9.6 + 3.8 = 13.4 \text{ м}}$$

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \\ &= \frac{36}{2 \cdot 10 / 9.5 \cdot 0.8 + 0.6} = \\ &= \frac{36}{2 \cdot 10} = \frac{28}{70} = 0.8 \text{ м} \end{aligned}$$

2).  $u = ? \frac{m}{s}$ ;  $T, - ?$

В С.О. "лента транспортера" это инерциал. С.О.

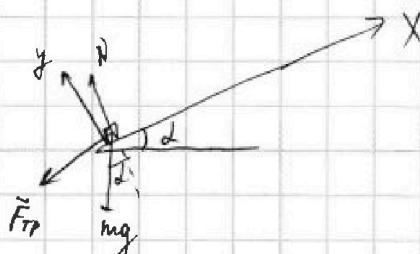


т.к.  $\vec{v}_{K;3} = \vec{v}_{K;1} + \vec{v}_{N;3}$  лента  
коробка движется, т.е. лаборатория. С.О.

$$\vec{v}_{K;1} = \vec{v}_{K;3} - \vec{v}_{N;3}$$

$$\vec{v}_{K;1} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

$$Ox: v_{K;1} = v_0 - u = 5 \frac{m}{s}$$



$$Ox: -mg \sin \alpha - F_f = m a_2$$

$$-mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = m a_2$$

$$a_2 = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$9.6 \text{ m/s}^2 \quad a_2 = -g$$

В момент времени  $T_1$ ,  $v_{K;3} = u \Rightarrow v_{K;1}/\mu = 0$ .

$$v_{K;1} + a_2 T_1 = 0 \quad v_{K;1} - g T_1 = 0 \quad T_1 = \frac{v_{K;1}}{g}$$

$$T_1 = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ s}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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.

дано:

$$\sin \alpha = 0,6$$

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

$$\mu = 0,5$$

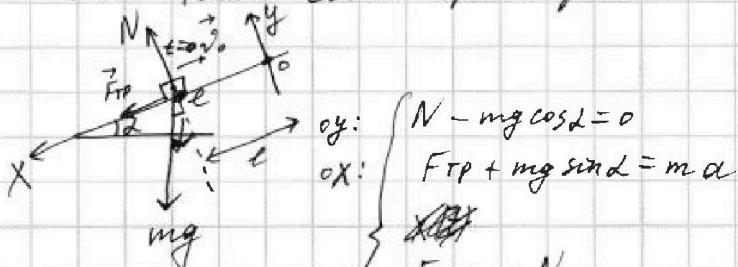
$$T = 1 \text{ с}$$

$$S = ?$$

решение:



Рассчитать, сколько времени потребуется, чтобы коробка доскала до высшей точки траектории:



$$oy: N - mg \cos \alpha = 0$$

$$ox: F_f + mg \sin \alpha = m a$$

ЛБ

$$F_f = \mu N$$

$$x(t) = l - v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v_x(t) = v_0 + at$$

Рассчитать время, необходимое для коробки доскала до высшей точки траектории.

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_f = \mu mg \cos \alpha$$

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

$$x(t) = l - v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$v_x(t) = -v_0 + at$$

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

В момент времени  $t_1$ :

$$\begin{cases} v_x(t_1) = 0 \\ x(t_1) = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} -v_0 + at_1 = 0 \\ l - v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \frac{v_0}{a} \\ l - v_0 \frac{v_0}{a} + \frac{a \cdot \frac{v_0^2}{a}}{2} = 0 \end{cases}$$

$$t_1 = \frac{v_0}{g / (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

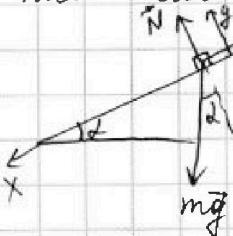
$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{0,8} = 0,98$$

$$l - \frac{v_0^2}{a} + \frac{v_0^2}{2a} = 0 \quad l = \frac{v_0^2}{2a}; \quad \left( l = \frac{v_0^2}{2g / (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \right)$$

$$t_1 = \frac{6}{10(0,5 \cdot 0,98 + 0,6)} = \frac{6}{10(0,95 + 0,6)} = 96 \text{ с}$$

⇒ к моменту времени  $T = 1 \text{ с}$  коробка уже успела доскала до высшей точки траектории.

Проверим, падет ли коробка вниз после достижения высшей точки:



$$oy: \begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ mg \sin \alpha - F_f = m a, \\ F_f = \mu N \end{cases}$$

$$F_f = \mu mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma,$$

$$a_y = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$a_y = 10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,98 = 6 - 5 \cdot 0,98 = 6 - 4 = 2 \frac{m}{s^2}$$

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!

$$\frac{v^2 \cdot m}{2(F \cos \alpha - \mu(mg + F \sin \alpha))} = \frac{m v^2}{2(F - \mu mg)}$$

$$\frac{1}{F \cos \alpha - \mu(mg + F \sin \alpha)} = \frac{1}{F - \mu mg}$$

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

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

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

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

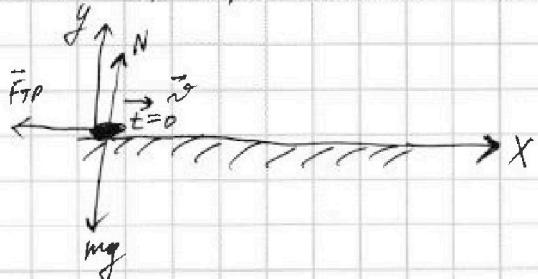
$$\mu \sin \alpha = -\cos \alpha$$

$$\boxed{\mu = -\operatorname{ctg} \alpha}$$

если же учитывать трение, то

$$\underline{\mu = \operatorname{ctg} \alpha}$$

№ 18а 3). Горизонтальное санок:



$$\text{ог: } \begin{cases} N - mg = 0 \\ F_{Fr} = \mu N = \mu mg \end{cases}$$

$$\text{од: } -F_{Fr} = ma$$

$$-\mu mg = ma$$

$$\begin{cases} a = -\mu g \\ x/t = vt + \frac{at^2}{2} \\ v_x/t = v + at \end{cases}$$

В момент остановки  $t_2$  санок:

$$\begin{aligned} S &= v \cdot t - \frac{v^2}{2a} + \frac{a}{2} \frac{v^2}{a^2} \\ S &= -\frac{v^2}{a} + \frac{v^2}{2a} = -\frac{v^2}{2a} = \\ &= -\frac{v^2}{2 \cdot (-\mu g)} = \frac{v^2}{2\mu g}; \quad \frac{mv^2}{2} = K \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2K}{m}} \Rightarrow \boxed{S = \frac{2K}{m \cdot 2\mu g} = \frac{K}{\mu mg}} \end{aligned}$$

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!

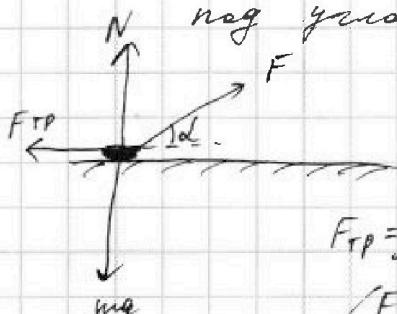
N3.

дано:

$$\begin{cases} K_id \\ \mu? \end{cases}$$

решение:

1). На склоне действуют сила, параллельная  
нагрузке  $\alpha$  к горизонту:



$$F_{TP} = \mu N = \mu(mg - F \cos \alpha)$$

$$F \cos \alpha - F_{TP} = F \cos \alpha - \mu(mg - F \cos \alpha) = m a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 t^2 = S_1 \\ a_1 t = v \end{array} \right. \quad \text{где } v \text{ путь, на который} \\ \text{разгоняется} \\ \text{сверху.}$$

$$v = \sqrt{\frac{K \cdot 2}{m}}$$

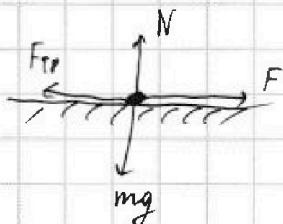
$$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \cos \alpha)}{m}$$

$$S_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \cos \alpha)}{m \cdot 2}$$

$$v = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \cos \alpha)}{m} t_1$$

$$\begin{aligned} &v = \sqrt{\frac{2 m}{F \cos \alpha - \mu(mg - F \cos \alpha)}} \\ &v = \sqrt{\frac{2 m}{F \cos \alpha - \mu(mg - F \cos \alpha)}} \end{aligned}$$

2). На склоне действует сила, параллельно склону. Используйте:



$$F_{TP} = \mu mg$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F - F_{TP} = F - \mu mg = m a_2 \\ \frac{a_2 t^2}{2} = S_1 \end{array} \right.$$

$$a_2 t^2 = v^2$$

$$a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

$$S_1 = \frac{F - \mu mg}{m \cdot 2} t^2$$

$$v = \frac{F - \mu mg}{m} t_2$$

$$t_2 = \frac{m v}{F - \mu mg}$$

$$S_1 = \frac{F - \mu mg}{2 m} \cdot \frac{m v^2}{(F - \mu mg)^2}$$

$$S_1 = \frac{m v^2}{2(F - \mu mg)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ.



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

$$S_3 = \frac{A_{3;2}}{P_2 V_1} = \frac{|-1,5 \cdot P T_2|}{P_2 V_1} = |-3,5| = 3,5$$

↓  
плоскость  
под углом 3-1.

$$\left\{ \begin{array}{l} S_2 = \frac{x+y}{2} \cdot h ; x = \frac{P_2}{P_1} = 8 \\ S_3 = \frac{x+y}{2} \cdot h \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h = \frac{8+y}{2} h \\ 3,5 = \frac{14+y}{2} h \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h = \frac{8}{8+y} \\ 1,5 = \frac{14+y}{2} \cdot \frac{8}{8+y} \end{array} \right.$$

$$3 = \frac{8+8y}{8+y}$$

$$24 + 3y = 8 + 8y$$

$$5y = 16$$

$$y = \frac{16}{5} = 3,2$$

$$h = \frac{8}{8+3,2} = \frac{8}{11,2} = \frac{80}{112} = \frac{10}{14} = \frac{20}{28} = \frac{5}{7}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \cancel{\frac{8+y}{2} \cdot h = 4} \\ \cancel{\frac{h}{2} (7+x-y) = 3,5} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h = \frac{8}{8+y} \\ -\frac{4}{8+y} (7+8-y) = 1,5 \end{array} \right.$$

$$\frac{4}{8+y} (x-y) = 3,5$$

$$36 - 4y = 12 + 35y$$

$$24 = 5,5y$$

$$y = \frac{24}{5,5} = \frac{240}{55} = 4,3$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{8}{8+4,3} = \frac{8}{12,3} = \frac{80}{123} = \\ &= \frac{40}{62} = \frac{20}{31} \approx \end{aligned}$$

$\approx \frac{2}{3}$

$$\begin{array}{r} 240 \quad 55 \\ 220 \quad 36 \\ \hline 200 \\ -165 \\ \hline 350 \\ -330 \\ \hline 200 \end{array} \dots$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\eta = A_{1;2} + A_{2;3} + A_{3;1}$$

$Q_{1;2}$

$$7c_1 \Delta T_1 = \frac{27}{2} \Delta RT_1 + A_{1;2}$$

$$-3c_2 \Delta T_2 = -\frac{3}{2} \Delta RT_2 + A_{2;3}$$

$$A_{1;2} = \frac{14}{2} \Delta T_1 - \frac{27}{2} \Delta RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2} R \cdot 7 \Delta T_1 - \frac{27}{2} \Delta RT_1 =$$

$$= \frac{27}{2} \Delta RT_1 - \frac{27}{2} \Delta RT_1 = 0$$

$$A_{3;1} = -\frac{3}{2} \Delta RT_1$$

$$A_{2;3} = -3c_2 \Delta T_2 + \frac{3 \cdot 4}{2} \Delta T_2 R =$$

$$Q_{1;2} = 7c_1 \Delta T_1 = 7 \cdot \frac{3}{2} R \Delta T_1 =$$

$$= \frac{21}{2} \Delta RT_1$$

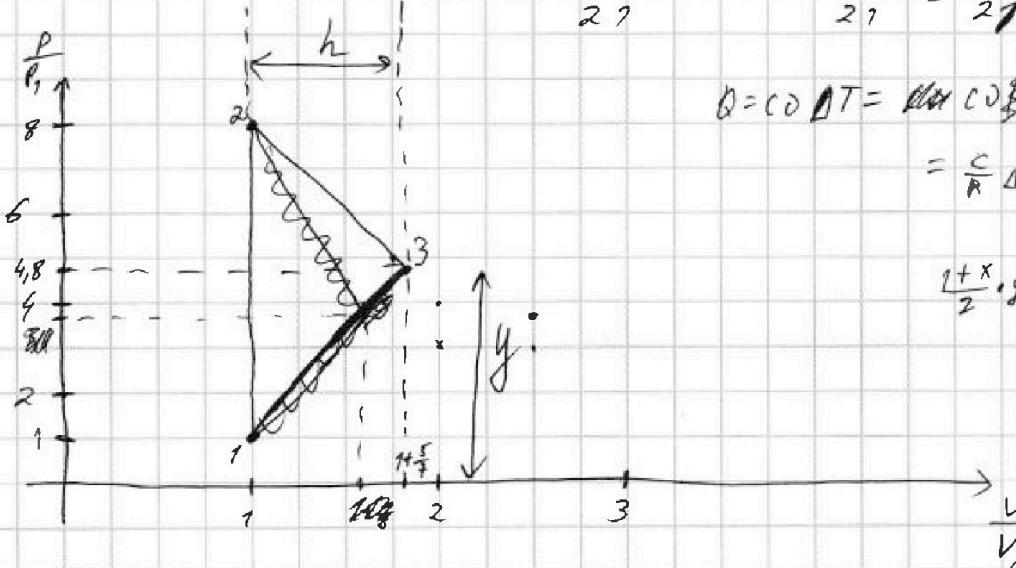
$$= -4 \cdot \frac{7}{2} R \Delta T_1 + \frac{24}{6} \Delta RT_1 =$$

$$= -2 \Delta RT_1 + 6 \Delta RT_1 = 4 \Delta RT_1$$

$$\eta = \frac{(4 \Delta RT_1) - \frac{3}{2} \Delta RT_1 \cdot 2}{4 \Delta RT_1 \cdot 2} =$$

$$= \frac{(4 - \frac{3}{2}) \cdot 2}{27} = \frac{8 - 3}{27} = \frac{5}{27}$$

3).



$$\eta = \text{COP}_{\text{ref}} - \text{COP}_{\text{ref}} \frac{\Delta PV}{\Delta R} =$$

$$= \frac{C}{R} \Delta PV$$

$$\frac{1+x}{2} \cdot y$$

$$5/1$$

$$7/6$$

$$P_1 V_1 = \Delta RT_1, \text{ T.K. } A_{1;2} = 0, \text{ T.O. } V_2 = V_1$$

$$\text{T.K. } 7T_2 = 8T_1, \text{ T.O. } P_2 V_1 = \Delta R \cdot 8 \cdot T_1$$

$$P_2 = 8P_1$$

$$\Delta u_{3;1} = \frac{3}{2} \Delta R / (T_1 - 4T_1) =$$

$$= -\frac{9}{2} \Delta RT_1$$

$$(Q) = \text{COP}_{\text{ref}} \Delta T = \text{COP}_{\text{ref}} \left( \frac{\Delta PV}{\Delta R} \right) = \frac{C}{R} \Delta (PV)$$

$$R_{2;3} = \frac{C}{R} \cdot (P_3 V_3 - P_2 V_2) = \frac{9}{2} (14) \cdot \Delta T_1$$

$$S_2 = \frac{A_{2;3}}{P_1 V_1} = \frac{4 \Delta RT_1}{P_1 V_1} =$$

изображено на графике  
с осами  $\frac{P}{R}$  и  $\frac{V}{V_1}$  во время цикла  
 $2 \rightarrow 3$ .

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!

$$Q = C \Delta T$$

№.

дано:

$$T_1 = 200\text{ K}$$

$$R = 8,37 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

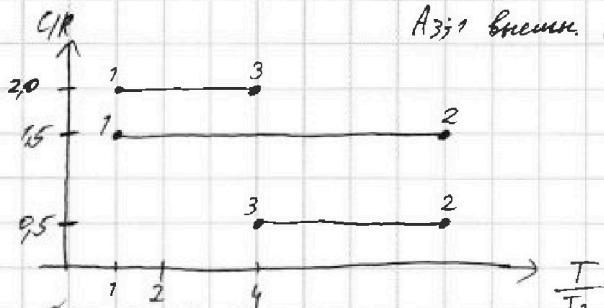
$$\lambda = ?$$

найдено:

$$\eta = ?$$

$A_{3;1}$  внешн  
ене  
сил

решение:



$A_{3;1}$  внешн. сил - ?

$$A_{1;2} = \lambda u_{1;2} + A_{1;2}$$

$$A_{1;2} = 2 R \lambda \cdot (T_1 - T_2)$$

$$\begin{cases} A_{3;1} = \lambda u_{3;1} + A_{3;1} \\ A_{3;1} = 2 R \lambda \cdot (T_1 - T_3) \end{cases}$$

$$\lambda u_{3;1} = 2 R \lambda \cdot (T_1 - T_3)$$

$$2 R \lambda / (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \lambda R T_1 - \frac{3}{2} \lambda R T_3 + A_{3;1}$$

$$\left\{ \frac{1}{2} \lambda R T_1 - \lambda R T_3 = A_{3;1} \right.$$

$$\left. \frac{T_3}{T_1} = 4 \right.$$

$$\begin{matrix} & 8,37 \\ \times & 3 \\ \hline & 24,93 \end{matrix}$$

$$T_3 = 4 T_1$$

$$A_{3;1} = \frac{1}{2} \lambda R / (T_1 - 4 T_1) =$$

$$= -\frac{1}{2} \lambda R \cdot 3 T_1 = -\frac{3}{2} \lambda R T_1$$

$$A_{3;1} \text{ внешн. сил} = -A_{3;1} =$$

$$= \frac{3}{2} \lambda R T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,37 \cdot 200 =$$

$$= 300 \cdot 8,37 = 2493 \text{ Дж}$$

$$2. \quad \eta = \frac{A_{1;2} + A_{2;3} + A_{3;1}}{\lambda u_{1;2}}$$

$$\lambda u_{1;2} = \lambda u_{1;2} + A_{1;2}$$

$$A_{1;2} = \lambda u_{1;2} + A_{1;2}$$

$$\lambda u_{1;2} = C_v D / (T_2 - T_1) = 7 C_v \Delta T,$$

$$\lambda u_{1;2} = \frac{3}{2} \lambda R / (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \lambda R \cdot 7 T,$$

$$\lambda u_{2;3} = \lambda u_{2;3} + A_{2;3}$$

$$\lambda u_{2;3} = C_v D / (T_3 - T_2) = C_v D / (4 T_1 - 8 T_1)$$

$$\lambda u_{2;3} = \frac{3}{2} \lambda R / (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \lambda R / (4 T_1 - 8 T_1) = -6 \lambda R T_1$$

$$A_{3;1} = -\frac{3}{2} \lambda R T_1$$



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!

3).  $\left( d = a \frac{\sqrt{2}}{2} \right) /$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

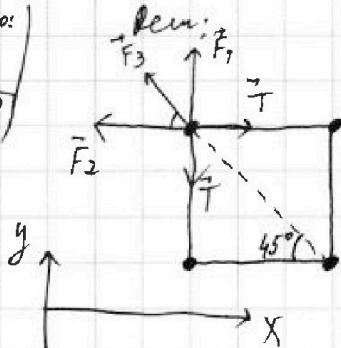
**МФТИ**



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

N5.

Дано:  
 $a; T$   
 $q = ?$



$$\begin{cases} F_1 = k \frac{q^2}{a^2} \\ F_2 = k \frac{q^2}{a^2} \\ F_3 = k \frac{q^2}{2a^2} \end{cases}$$

ox:  $T - F_3 \cos 45^\circ - F_2 = 0$

oy:  $F_1 - T + F_3 \sin 45^\circ = 0$

~~$T = F_3 \frac{\sqrt{2}}{2} + F_2$~~

~~$F_1 = F_3 \frac{\sqrt{2}}{2} - F_2 + F_3 \frac{\sqrt{2}}{2} = q$~~

~~$k \frac{q^2}{a^2} - k \frac{q^2}{2a^2\sqrt{2}} - k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{2a^2\sqrt{2}} = q$~~

~~$F_2 = F_3 \cos 45^\circ = F_3 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$~~

~~$F_1 - T + T - F_2 = 0$~~

$F_3 \frac{\sqrt{2}}{2} + F_2 = T$

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

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

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

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

2).  $W_H = \left( k \frac{q}{2a^2} + 2k \frac{q}{a} \right) q$

$W_K = \left( k \frac{q}{3a} + k \frac{q}{2a} + k \frac{q}{a} \right) q + K$

$K = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}$   $W_K = W_H$

(работа Т равна  
нулю,  $T \perp$  посто-  
янной  
линии).  $T \perp$  посто-  
янной  
линии).

$K + qk \left( \frac{2q + 3q + 6q}{ca} \right) =$   
 $= qk \frac{q + 12}{2a}$

$K + q \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{71q}{6a} = q \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{5q}{2a}$

$K = \frac{5q^2}{8\pi\epsilon_0 a} - \frac{71q^2}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{4q^2}{24\pi\epsilon_0 a} = \frac{2\sqrt{2} Ta \cdot 4\pi\epsilon_0 (2\sqrt{2}+1)}{6\pi\epsilon_0 a} =$   
 $= \frac{4\sqrt{2} Ta (2\sqrt{2}+1)}{3\pi\epsilon_0}$

$= a \sqrt{\frac{25,72 \cdot \sqrt{2} \cdot 4\pi\epsilon_0 T}{2\sqrt{2}+1}}$

$4 \cdot 3,14 =$   
 $= 12,56 \cdot 2 =$   
 $= 24 + 4,72 =$   
 $= 25,72$