



# 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.

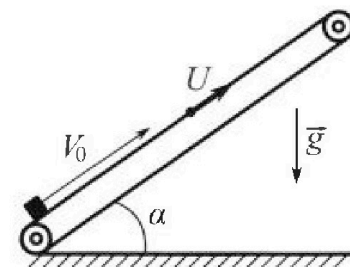
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.



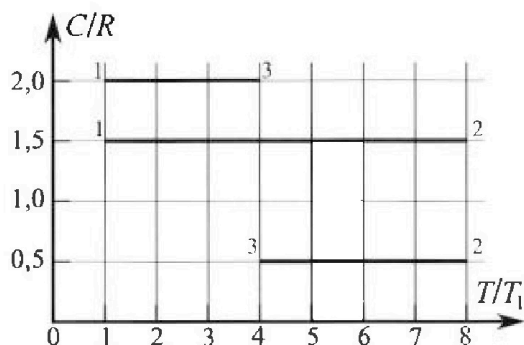
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



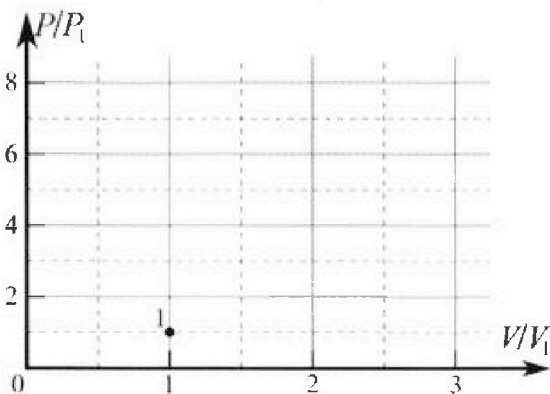
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

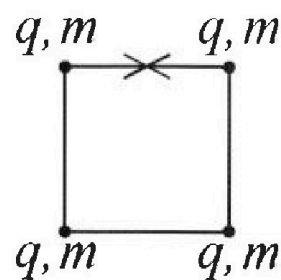
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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 сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . 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
<input checked="" 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!

(продолжение)

Ответ:  $v_0 = 10 \text{ м/с}$  ;  $S = 16 \text{ м}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

~ 1

$\alpha = 45^\circ$

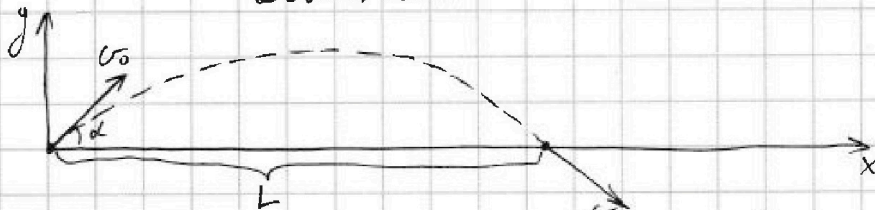
$L = 20 \text{ м}$

$H = 3,6 \text{ м}$

$v_0 = ?$

$S = ?$

Решение:



1) П.к. во время полета на мяч действ. только 1 сила (сила тяжести), то в проекции на ось x скорость не меняется.

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

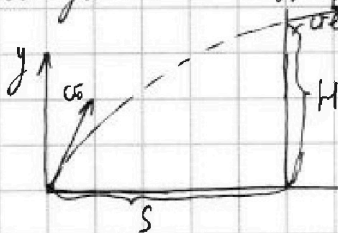
2)  $\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2$ ; y:  $0 = v_0 \cdot \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow v_0 \sin \alpha = \frac{g t}{2} \Rightarrow$

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

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

$v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

3) Найдем макс. высоту полета мяча, если  $v_{\text{max}} = v_0$ :  $H_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{200}{20} = 10 \text{ м}$



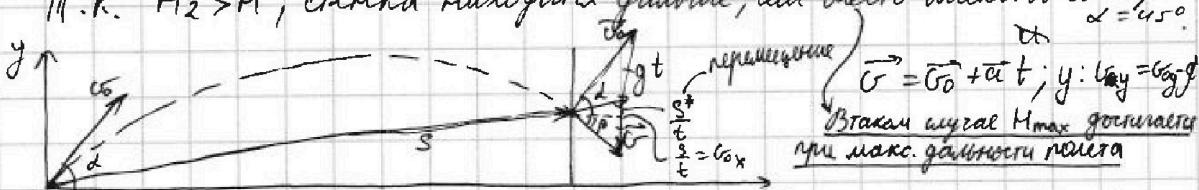
4) Берем 3 Э, т.к. Амигал = 0.

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g H$

Найдем v:  $v = \sqrt{v_0^2 - 2gH} = \sqrt{200 - 20 \cdot 3,6} = \sqrt{128} = 8\sqrt{2} \text{ м/с}$ .  $v_0^2 - v^2 = 2gH$

Найдем макс. высоту при  $\alpha = 45^\circ$ :  $H_2 = \frac{v_{0y}^2 - v_y^2}{2g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha - v^2}{2g} = \frac{200 \cdot 0,5 - 128}{20} = 5 \text{ м}$

П.к.  $H_2 > H_1$ , стенка находится дальше, чем место макс. высоты при  $\alpha = 45^\circ$ .



В таком случае  $H_{\text{max}}$  достигается при макс. дальности полета

5) Распишем площадь  $\Delta$  скоростей 2-мя путями:  $S = \frac{1}{2} v_0 \cdot v \cdot \sin(\alpha + \beta) = \frac{1}{2} \frac{S}{t} \cdot g t$

$v_0 \cdot v \cdot \sin(\alpha + \beta) = S \Rightarrow S = \frac{v_0 \cdot v \cdot \sin(\alpha + \beta)}{g} = \frac{v_0 \cdot v}{g} = \frac{10\sqrt{2} \cdot 8\sqrt{2}}{10} = 160 \text{ м}^2/\text{с}$ ; 16 м.

1  2  3  4  5  6  7

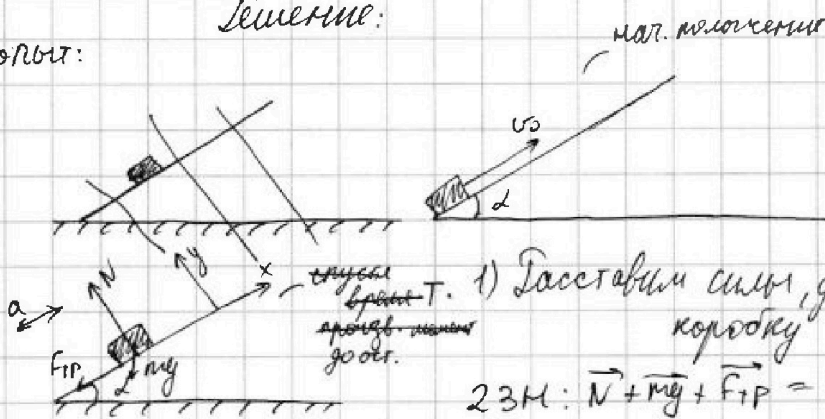
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\sim 2$   
 $\sin \alpha = 0,6$   
 $v_0 = 6 \text{ м/с}$   
 $\mu = 0,5$   
 $T = \mu; U = 1 \mu k$

S-?  
 T-?  
 L-?

Решение:

Попыт:



1) Составим силы, действующие на коробку  
 $2 \text{ЗМ: } \vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_{TP} = m\vec{a}$

2) 3ИМЭ:  $mgh = \frac{mv_0^2}{2} = \text{Анкет.}$   
 говет.

$A_N = 0$ , т.к.  $N_N = 0$ , т.к.  $N \perp v \Rightarrow \text{Анкет} = \text{НТР}$ .

$$mgh - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu N S_1$$

$h = S \cdot \sin \alpha$

$$mg S_1 \sin \alpha - \frac{mv_0^2}{2} = -\mu mg \cos \alpha \cdot S_1$$

$$v_0^2 - 2g S_1 \sin \alpha = 2\mu g \cos \alpha \cdot S_1$$

$$v_0^2 = 2g S_1 (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{36}{20(0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = 1,8(\mu)$$

$$x: -F_{TP} - mg \sin \alpha = +ma_x$$

$$y: N - mg \cos \alpha = 0 \rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\text{ОТТ: } \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - 0,36$$

$$\cos \alpha = 0,8$$

говет:  $a \uparrow v$ :

$$F_{TP} + mg \sin \alpha = ma$$

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

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

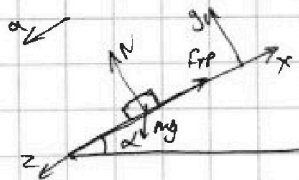
3) Кинематика: найдем  $T_{\text{ост}}$  - время до остановки:

$$a = 10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 19(\mu/s^2)$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 36}{-2a} \quad v = v_0 + at$$

$$x: 0 = v_0 - at \Rightarrow t = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{10} = 0,6(\text{с})$$

Коробка пройдет  $S_1$  м до остановки за  $0,6$  с, а потом пройдет еще какое-то  $S_2$  за  $0,4$  с, движась вниз.



$$2 \text{ЗМ: } x: F_{TP} - mg \sin \alpha = -ma_2 \rightarrow \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = -ma_2$$

$$y: N - mg \cos \alpha = 0 \rightarrow N = mg \cos \alpha$$

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

$$a_2 = 10(0,6 - 0,4) = 2(\mu/s^2)$$

4) Найдем  $S_2$ :  $S_2 = v_0 t + \frac{a_2 t^2}{2}$

$$z: S_2 = \frac{a_2 t^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,16}{2} = 0,16(\mu)$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,8 + 0,16 = 1,96(\mu)$$

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!

(продолжение)

2 ответ: Перейдем в СД движ. левы:  $u = \text{const} \Rightarrow$  это ИСО.

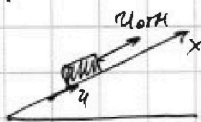
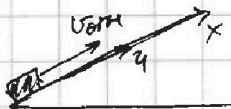
ЗСС:  $\vec{\sigma}_0 = \vec{\sigma}_{\text{отн}} + \vec{u} \Rightarrow \vec{\sigma}_{\text{отн}} = \vec{\sigma}_0 - \vec{u}$ ;  $\sigma_{\text{отн}} = \sigma_0 - u = 6 - 1 = 5 \text{ (м/с)}$

$u = u_{\text{отн}} + u \Rightarrow u_{\text{отн}} = u - u = 0 \text{ (м/с)}$ .

отн-но земл.

отн-но левы

движется вверх (т.к. во всех ИСО  $\vec{a} = \text{const}$ )  $\Rightarrow a = a_1 = 10 \text{ м/с}^2$



$u_{\text{отн}} = \sigma_{\text{отн}} + a T_1$ ;  $S^* = \frac{36 - 1}{2 \cdot 10} = 1,75 \text{ (м)}$

$x: u_{\text{отн}} = \sigma_{\text{отн}} - a_1 T_1$

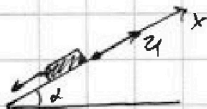
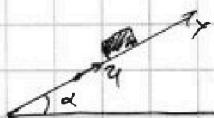
$T_1 = \frac{\sigma_{\text{отн}} - u_{\text{отн}}}{a_1} = \frac{5 \text{ м}}{10} = 0,5 \text{ (с)}$

0,5с

Проверим, получится ли такое при движении вправо: ( $a = a_2 = \text{const}$ )

ЗСС:  $\sigma_0^* = u$ ;  $u_{\text{отн}} = u_{\text{отн}} - u \Rightarrow u_{\text{отн}} = 2u = 2 \text{ (м/с)}$

будет ли коробка двигаться вправо со скор. 2 м/с - отн-но левы?



$u_{\text{отн}}^* = \sigma_0^* + u$

$x: u_{\text{отн}} = \sigma_0^* + u$

$u_{\text{отн}} = \sigma_0^* + a T$

$-u_{\text{отн}} = \sigma_0^* - a_2 T$ ;  $T = \frac{u_{\text{отн}} - \sigma_0^*}{a_2} = \frac{2 - 6}{-20} = 0,2 \text{ с}$

$S^{**} = \frac{-\sigma_0^{*2} + u^2}{2a_2} = \frac{4 - 36}{2 \cdot (-20)} = \frac{3}{4} \text{ (м)}$

$S^{**} < S^* \Rightarrow$  это произойдет  $\Rightarrow$  1

$\Rightarrow$  T в частности равно  $T_1$ .

~~$T_1 = 0,5 \text{ с}$~~

$T_1^* = 1,5 \text{ с}$

$T_1 = 0,2 \text{ м/с}$

скорость коробки обратится в 0 отн-но земл, когда

$T_1^{**} = T_1^* + T_1 = 2 \text{ с}$

$\sigma_0 \uparrow u$  и  $\sigma_k = 1 \text{ м/с} \Rightarrow L = S^* = 1,75 \text{ м}$ .

отн-но земл

в ИСО земл:

$\vec{\sigma} = \vec{\sigma}_0 + \vec{a} t$

$x: \dots$

Ответ:  $S = 1,816 \text{ м}$ ;  $T_1 = 0,5 \text{ с}$ ;  $T_1^* = 1,5 \text{ с}$ ;  $L = 1,75 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

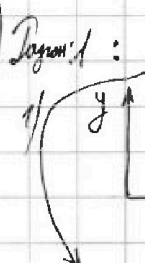


~ 3

Решение:

Т.к.  $\vec{F} = \text{const}$ ;  $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$

$K$   
 $d$   
 $m$   
 $\mu = ?$   
 $S = ?$



Задача 1: ЗИМЭ:  $K - 0 = A_F + A_{\text{тр}}$ . Т.к.  $F = \text{const}$ ;  $F_{\text{тр}} = \text{const} \Rightarrow$

2ЗН:  $x: F \cdot \cos \alpha - F_{\text{тр}} = m \cdot a_1$

$y: N + F \cdot \sin \alpha - mg = 0$

$N = mg - F \cdot \sin \alpha$

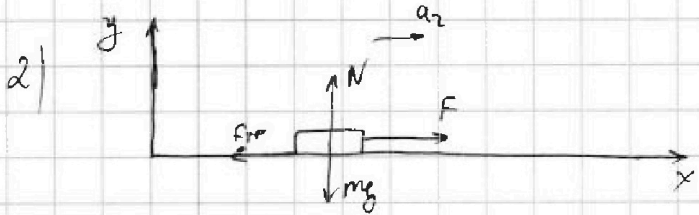
$K = F \cdot S \cdot \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) S$

$F \cdot \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = m \cdot a_1$

$K = F \cdot S \cdot \cos \alpha - \mu mg S + F \cdot S \cdot \sin \alpha \cdot \mu$

$(K = S(F \cdot \cos \alpha - \mu mg + F \cdot \sin \alpha \cdot \mu))^*$

Задача 2:



2ЗН:  $x: F - F_{\text{тр}} = m a_2$

$y: N - mg = 0 \rightarrow N = mg$

$F - \mu mg = m a_2$

ЗИМЭ:  $K = A_F + A_{\text{тр}}$

$K = F \cdot S - F_{\text{тр}} \cdot S$

$(K = F \cdot S - \mu mg S = S(F - \mu mg))^**$

Т.к.  $K = K$ , можем приравнять соответствующие \* и \*\*:

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

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

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

3) Рассмотрим момент

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"/>

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

МФТИ

3) Каким момент времени, когда перестали действов. извне силой  $F$ .  $K = \frac{mv^2}{2}$  — скорость до которой происходил разгон в 2 сдвгах

$$G = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$



Найдем  $S$  до остановки:

$$S = \frac{v^2 - v_{\text{кон}}^2}{2a_3} \approx 0 = \frac{G^2}{2\mu g} = \frac{2K}{2\mu mg} = \frac{K}{\mu mg}$$

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

$$\mu mg = ma_3$$
$$a_3 = \mu g$$

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



1  2  3  4  5  6  7

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



~ 4

$C_{12} = 1,5R$

$C_{23} = 0,5R$

$C_{31} = 2R$   
 $\rho = 1 \text{ max}$

$T_2 = 8T_1$

$T_3 = 4T_1$

$T_1 = T_0 = 200K$

$A_{31 \text{ max}} = ?$

$\eta = ?$

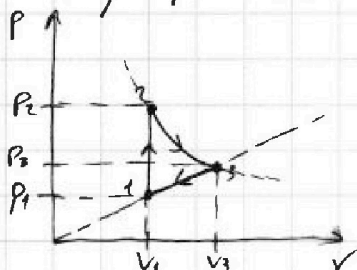
процесс

1-2:  $\frac{P}{T} = \text{const}$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{8T_1}$

$P_2 = 8P_1$

Решение:  
Термостаты в PV



1-2:  $V = \text{const}$   
2-3:  $PV^2 = \text{const}$ ;  $P = \frac{\text{const}}{V^2}$   
3-1:  $\frac{P}{T} = \text{const}$ .

- 1:  $P_1 V_1 = 2RT_1$
- 2:  $P_2 V_1 = 8 \cdot 2RT_1$
- 3:  $P_3 V_3 = 4 \cdot 2RT_1$

2)  $A_{31 \text{ max}} = -S_{TP} =$

$= \frac{(P_1 + P_3)}{2} (V_3 - V_1) = -0,5(P_1 V_3 - P_1 V_1 + P_3 V_3 - P_3 V_1)$   
1 max. терм.  
 $A_{31} = Q_{31} - 2493$

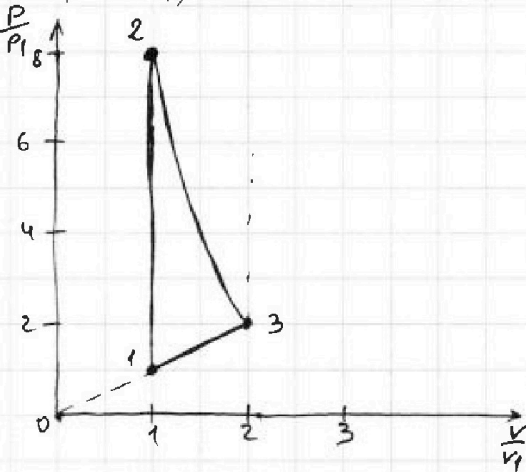
$A_{31} = C_D(T_1 - T_3) - \frac{3}{2} 2R(T_1 - T_3) =$   
 $= 2 \cdot 2R(T_1 - T_3) - 1,5 \cdot 2R(T_1 - T_3) = 0,5 \cdot 2R(T_1 - T_3) =$   
 $= \frac{1 \cdot 8,31(200 - 800)}{2} = -300 \cdot 8,31 = -2493 \text{ (Джо)}$

$A_{31 \text{ max}} = -A_{31} =$   
 $= -(-2493) = 2493 \text{ (Джо)}$

$\eta = \frac{A_2}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$   
 $Q_{12} = C_{12} \rho(T_2 - T_1) = 1,5R \cdot (8T_1 - T_1) = 10,5RT_1 > 0 = Q_H$   
 $Q_{23} = C_{23} \rho(T_3 - T_2) = 0,5R(4T_1 - 8T_1) = -2RT_1 < 0$   
 $Q_{31} = C_{31} \rho(T_1 - T_3) = 2R(T_1 - 4T_1) = -6RT_1 < 0$

$\eta = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{8RT_1}{10,5RT_1} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$

2-3:  $P \cdot V^2 = \text{const}$ ;  $P_2 V_1^2 = P_3 V_3^2$      $P_2 = 8P_1$   
 $8 \cdot 8P_1 \cdot V_1^2 = P_3 \cdot 4V_1^2$      $8P_1 \cdot 8RT_1 \cdot V_1 = 2RT_3 \cdot V_3$   
 $2P_1 = P_3 \Rightarrow \frac{P_3}{P_1} = 2$   
 $\frac{T_2 \cdot V_1 = T_3 \cdot V_3}{8 \cdot 8T_1 \cdot V_1 = 4T_3 \cdot V_3}$   
 $2V_1 = V_3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 2$



Ответ:  $A_{31 \text{ max}} = 2493 \text{ Дж}$ ;  $\eta = \frac{5}{21}$ .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

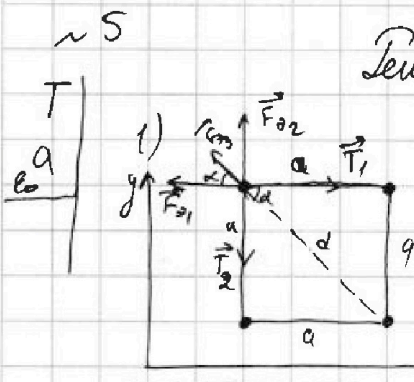
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Решение: III. с. шарики одинак. и нить нерастян., то  $T_1 = T_2$

Баланс сил, действ. на любую шариков

$$23H: x: T - F_{21} - F_{23} \cdot \cos \alpha = 0$$

$$y: -T + F_{22} + F_{23} \cdot \sin \alpha = 0$$

III. к. шарики одинаковы, значит заряды

равны с учетом знака  $\Rightarrow$  они отталкиваются.

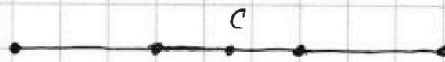
$$\begin{aligned} T &= F_{21} + F_{23} \cdot \cos \alpha; \quad \text{По т. Пиф.: } d = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}; \quad d = a\sqrt{2} \text{ - диагональ квадрата } \Rightarrow \\ T &= F_{22} + F_{23} \cdot \sin \alpha \Rightarrow \alpha = 45^\circ. \end{aligned}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2 \cdot \sqrt{2}}{2a^2 \cdot 2}; \quad T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}a^2}$$

$$T = \frac{kq^2(2\sqrt{2} + 1)}{2\sqrt{2}a^2}; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}; \quad T = \frac{q^2(2\sqrt{2} + 1)}{2\sqrt{2} \cdot a^2 \cdot 4\pi\epsilon_0} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{T \cdot 8\sqrt{2}a^2\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2} + 1}}$$

$$q = 2a \sqrt{\frac{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 T}{2\sqrt{2} + 1}}$$

Нить перестали: ~~нужно~~. Когда вершины нить перестают, вершины шарики начинают удаляться друг от друга. И в какой-то момент придет к такому состоянию:



Таким. систему всех зарядов:

Изначально центр масс  $C$  - покоится. По теор. обвит. центра масс:

$$\vec{R}_{\text{внеш}} = \vec{M}_{\text{внеш}} \cdot \vec{a}, \quad \text{т.к. } R_{\text{внеш}} = 0, \quad a_{\text{внеш}} = 0 \Rightarrow \vec{C} = \text{const}, \quad \text{но т.к. шарики}$$

не смещаются:  $C_x = C_y = 0 = \text{const}$ . А значит, ц.м. не смещается ни по верт., ни по горизонт.

В 1 случае, ц.м. находится ровно в центре квадрата, т.к. все заряды одинаковы, во 2 случае он находится посередине м/у 2-мя центральными зарядами.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

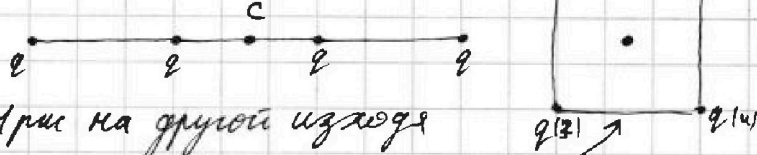
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

(продолжение)

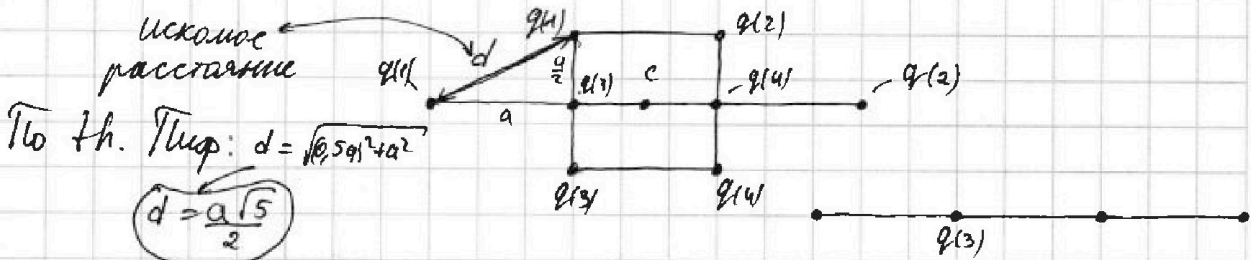
Изобразим мал. и комет. уголки:  $q^{(1)}$   $q^{(2)}$



Вспомогат. три на другой излоде

из того, что в.м. не сфокусируется и прямая  $q_3 q_1$  осталась паралл. самой себе

искомое расстояние



По т.т. Тип:  $d = \sqrt{0,5a^2 + a^2}$

$$d = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

Запишем  $3 \Leftrightarrow$  для ~~уголков~~ зарядов  $q^{(3)}$ :

$$W_{\text{мал}} = \frac{mq^2}{2} + W_{\text{комет.}}$$

$$E_{\text{ком.}} - E_{\text{мал}} = A_T$$

$$W_{\text{ком.}} + K - W_{\text{мал}} = A_T$$

$$K = A_T + W_{\text{мал}} - W_{\text{ком.}}$$

$$K = \frac{Kq^2}{a} + Kq^2$$

$$W_{\text{мал}} = \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{Kq^2(2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}a}$$

$$W_{\text{ком.}} = \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{2a} = \frac{5Kq^2}{2a}$$

$$K = 0,5aT + \frac{\sqrt{2}Kq^2(2\sqrt{2}+1)}{\sqrt{2}a} - \frac{5Kq^2}{2a}$$

$$K = 0,5aT + \frac{Kq^2\sqrt{2}(2\sqrt{2}+1) - 5Kq^2}{2a} = 0,5aT + \frac{4Kq^2 + \sqrt{2}Kq^2 - 5Kq^2}{2a}$$

$$K = 0,5aT + \frac{Kq^2(\sqrt{2}-1)}{2a} \quad \rightarrow \quad K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ 0,5aT + \frac{2\sqrt{2}a^2T(\sqrt{2}-1)}{4\pi\epsilon_0} \right]$$

$$K = 0,5aT + \frac{2\sqrt{2}a^2T(\sqrt{2}-1)}{2\sqrt{2}+1}$$

Ответ:  $q = 2a \cdot \sqrt{\frac{2\sqrt{2}\pi\epsilon_0 T}{2\sqrt{2}+1}}$ ;  $d = \frac{\sqrt{5}a}{2}$ ;  $K = 0,5aT + \frac{2\sqrt{2}a^2T(\sqrt{2}-1)}{2\sqrt{2}+1}$



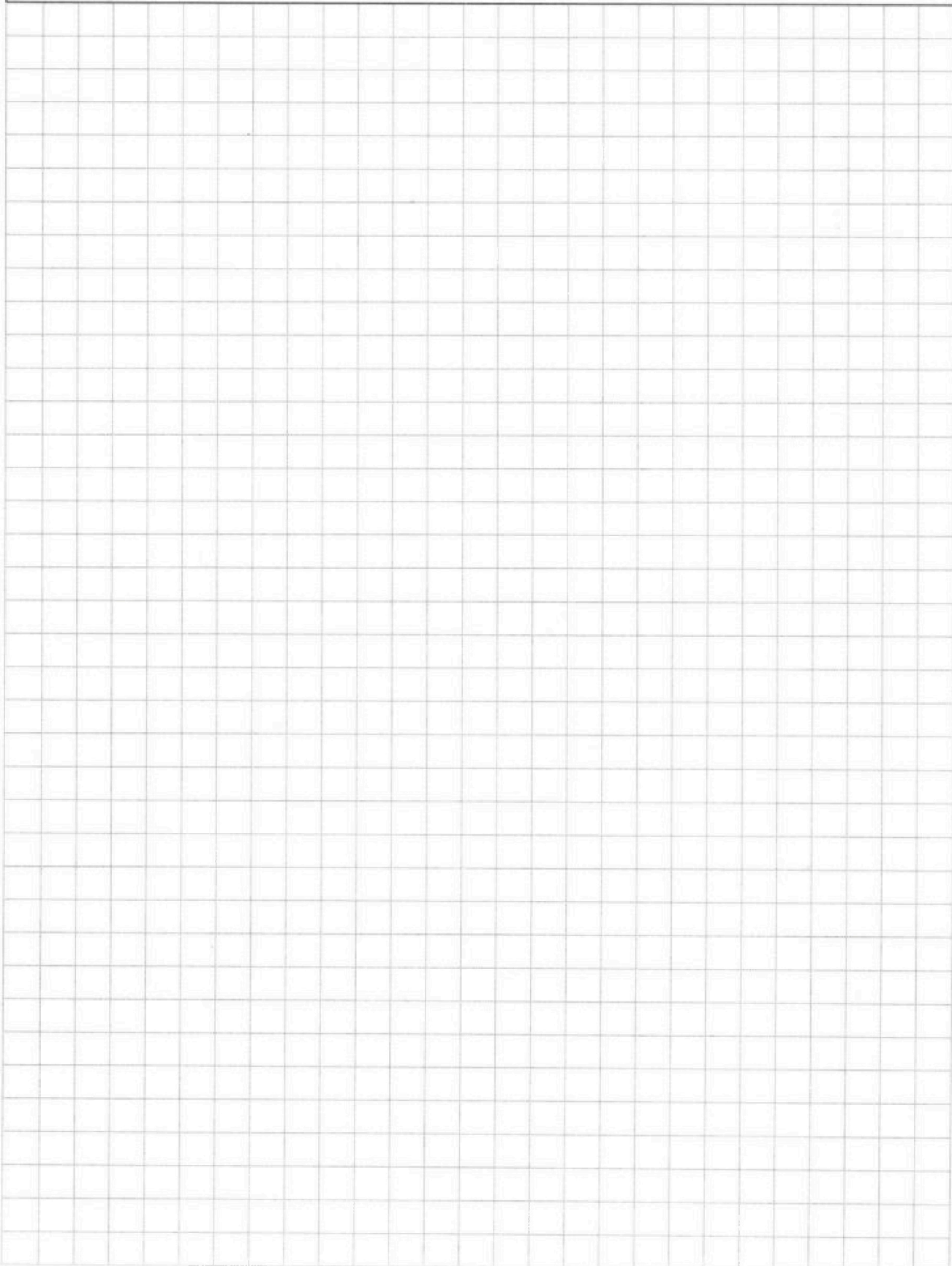
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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



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



$$\sin 45 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$$

$$2 \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 2} = \frac{2 \cdot 2}{2 \cdot 2}$$

$$200 - 72 = \sqrt{128}$$

$$mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma$$

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

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

$$v = at$$

$$v = a_1 t_1 = a_2 t_2$$

$$\frac{p}{p_1} = \frac{v}{v_1}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v = v_0 + at$$

p

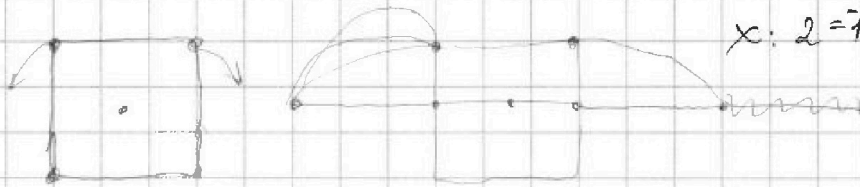
$$y \cdot x^2 = \text{const} \quad F = \mu mg = F \cdot \cos \alpha + F \cdot \sin \alpha \cdot \mu - mg \sin \alpha$$

$$pV^2 = \text{const}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

$$x: 2 = 7 + at$$

$$y \cdot x^2 = \text{const}$$

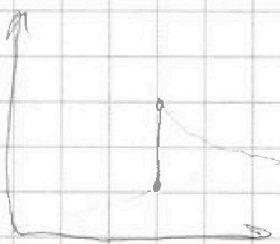


$$pV^2 = \text{const}$$

$$\frac{pV \cdot V^2}{V} = \text{const}$$

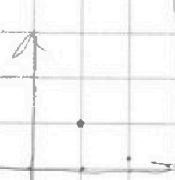
$$V \cdot T = \text{const}$$

Tab.



$$\begin{array}{r} \times 831 \\ \times 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$y = \frac{1}{x^2}$$



$$2-3 \cdot pV^2 = \text{const}$$

$$p_2 \cdot V_2^2 = p_3 \cdot V_3^2$$

$$8p_1 \cdot V_1^2 = 2p_1 \cdot 4V_1^2 \quad | \cdot V_1$$

$$8p_1 V_1$$

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

$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad S = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{36}{20} = 1.8 \text{ m}$$

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

$$a = g(0.6 + 0.4) = ?$$



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"/>

 МФТИ

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

