



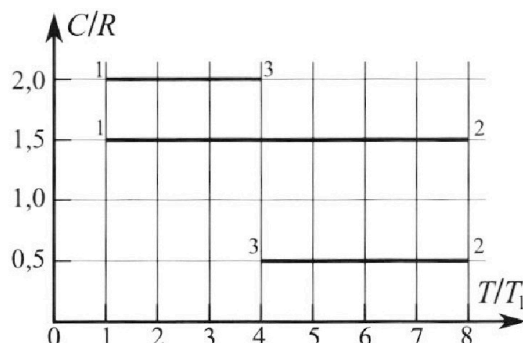
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

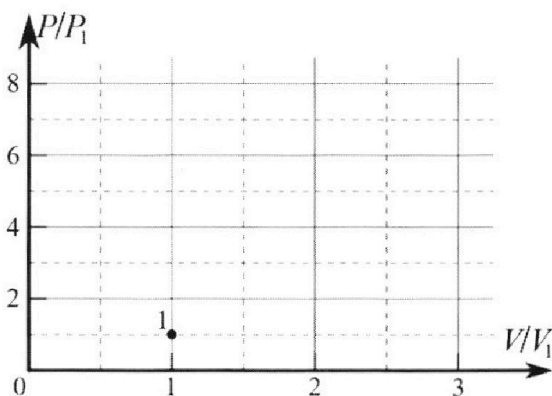
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

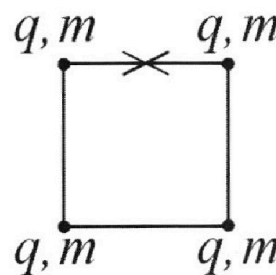
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На ка ком 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.

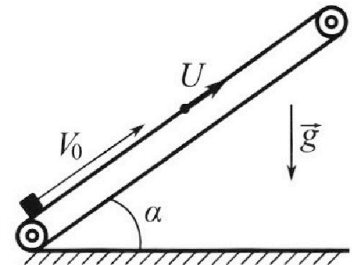
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.).

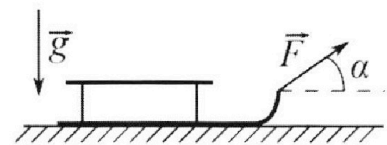
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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:

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"/>

МФТИ

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



максимум достигается в вершине параболы  
 ~~$\frac{1}{2} v_0^2 \sin^2 \alpha$~~

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

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{-S}{\frac{-g S^2}{v_0^2} \cdot 2} = \frac{v_0^2}{g S} \cdot S = \frac{v_0^2}{g S}$$

$\beta_1$  - угол, при котором  $H$  - макс)

$$f(\operatorname{tg} \beta_1) = H \Leftrightarrow S \cdot \frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} =$$
$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Leftrightarrow g S^2 = \frac{v_0^3}{g} - 2 v_0^2 H$$

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

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

$$\frac{S^2 \cdot 10}{2 \cdot 200} = 6,4 \Leftrightarrow S^2 = 40 \cdot 6,4 = \frac{40 \cdot 64}{10} = 2^2 \cdot 8^2 =$$

$$= 16^2 \Leftrightarrow S = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  ; 2)  $S = 16 \text{ м}$





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 недопустима!

Дано:

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

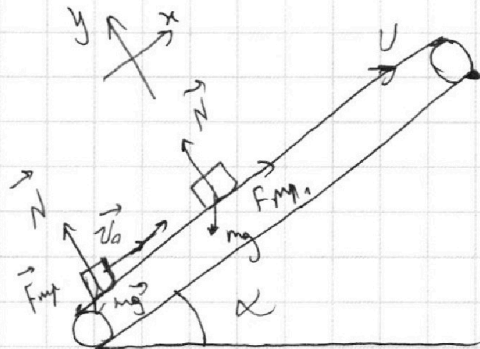
$$v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

1) 5-?

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



Запишем II закон Ньютона:

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(T<sub>2</sub> - время, которое пройдет по склону)

Коробка остановилась (v<sub>1</sub> = 0)

$$v_1 = v_0 - g T_2 \quad v_1 = 0 \Rightarrow$$

$$T_2 = \frac{v_0}{a} = 0,6 \text{ с}$$

(S<sub>1</sub> - путь за T<sub>2</sub>)

$$S_1 = v_0 T_2 - \frac{a T_2^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} =$$

$$= 0,6(6 - 5 \cdot 0,6) = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ м}$$

Запишем II закон Ньютона, когда коробка движется вниз: (сила трения будет направлена вверх по склону)

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$$Ox: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_1 \Leftrightarrow$$

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$$

$$= 10 \cdot (0,6 - 0,4) = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

(S<sub>2</sub> - путь за T - T<sub>2</sub>)

$$S_2 = \frac{a_1 \cdot (T - T_2)^2}{2} = 0,4^2 = 0,16 \text{ м}$$

так как S<sub>2</sub> < S<sub>1</sub>, то коробка не меняет нач. положения.

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!

$$S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ м}$$

а 2)  $a_3$  - ускорение коробки при движении вверх (во втором случае)

$$a_3 = a = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$U = v_0 - a_3 \cdot T_1 \Leftrightarrow T_1 = \frac{v_0 - U}{a} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

3) пока положительная скорость  $U$  коробка начнет движение вниз с ускорением  $a' = a_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  (т.к. сила трения будет действовать вверх по склону)

$$0 = U - a' T_2 \Leftrightarrow T_2 = \frac{U}{a'} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ с}$$

$$S_1' = v_0 T_1 - \frac{a_3 T_1^2}{2}$$

$$= 6 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2}$$

$$= 3 - 5 \cdot 0,25 = 3 - 1,25 = 1,75 \text{ м}$$

$$S_2' = \frac{a' T_2^2}{2} = \frac{2 \cdot 2,5^2}{2} = 6,25 \text{ м}$$

( $S_2'$  - расстояние, которое пройдёт брусок до того, как его скорость станет равной нулю.)

$$L = S_1' - S_2' = 1,75 - 6,25 = -4,5 \text{ м}$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

После прекращения <sup>действия</sup> силы  $F$  на санки действует  
в проекции на ось  $Ox$  только  $F_{\text{тр}} = \mu mg$

Заменим ЗУЭ:

$$\Delta E_{\text{к}} = K = \mu mg \cdot S \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

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

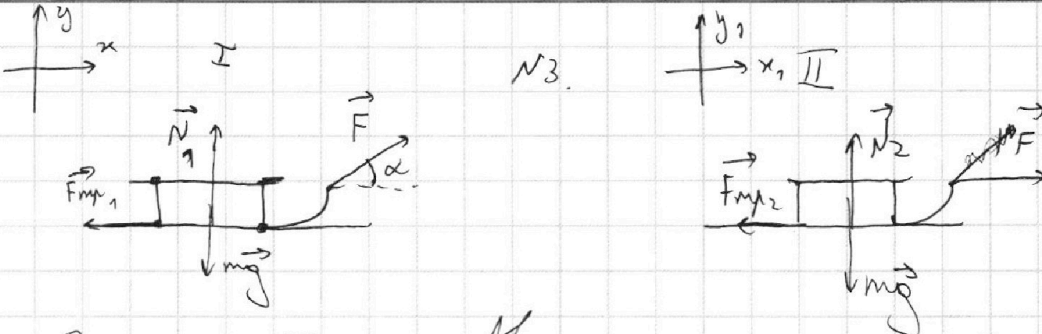
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Заменим II закон Ньютона для I случая.

$$\vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{mp1} = 0 \quad m\vec{a}$$

0y:

$$N_1 - mg + F \sin \alpha = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{mp1} = \mu N_1 = \mu(mg - F \sin \alpha)$$

Заменим II закон Ньютона для 2 случая.

0y1:

$$N_2 = mg$$

$$F_{mp2} = \mu N_2 = \mu mg$$

~~Или закон сохранения энергии в конце движения, но~~

$$A_{F_{mp1}} = -S_1 \cdot F_{mp1}; \quad A_F = F \cdot S_1 \cos \alpha; \quad A_{F_{mp2}} = -S_1 \cdot F_{mp2};$$

$$A_F = F \cdot S_1 \quad (S_1 - \text{длина пути, пройденного санями} \quad \text{или действующим } F)$$

III. к. кинетич. энергия саней у брусков:

$$A_F + A_{F_{mp1}} = A_F' + A_{F_{mp2}} \Rightarrow F \cdot S_1 \cos \alpha - S_1 \cdot \mu(mg - F \sin \alpha) =$$

$$= F \cdot S_1 - S_1 \cdot \mu mg$$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



№4.

Дано:  
 $\nu = 1 \text{ моль}$   
 $T_1 = 200 \text{ К}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$   
 $i = 3$

$$1) Q_{31} = C \cdot \Delta T_{31} = \cancel{C \cdot (T_1 - T_2)} C \cdot (T_1 - T_2) =$$

$$= -3CT = \Delta U_{31} + A'_{31} =$$

$$= -\frac{3}{2} \cdot R \cdot (+3T) + A'_{31} \Leftrightarrow$$

$$A'_{31} = -3 \cdot 2R \cdot T + \frac{3}{2} RT \cdot (+3) =$$

$$= -6RT + \frac{9}{2} RT = -1,5 RT$$

$$\Leftrightarrow A'_{31} = -6RT + \frac{9}{2} RT = -1,5 RT$$

$A'_{31}$  - работа газа, ~~этим~~  $A_{31} = -A'_{31} = 1,5 RT =$

$$= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 = 24,93 \cdot 100 = 2493 \text{ Дж}$$

3)  $\Leftrightarrow$  в процессе 1-2  $C_{12} = 1,5R = \frac{i}{2} R$

значит процесс изохорный

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Leftrightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{8T_1}{T_1} p_1 = 8p_1$$

рассмотрим процесс 2-3

$$Q_{23} = C \Delta T = \Delta U_{23} + A_{23} \Rightarrow 6,5R \Delta T - 1,5R \Delta T = A_{23} \Rightarrow$$

$$A_{23} = 5R \Delta T$$

Процесс с постоянной молярной теплоемкостью описывается формулой:

$$C \neq C_V \quad \frac{C - C_p}{C - C_V} = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

В процессе 2-3  $C = \frac{1}{2} 9,5R$

$$(2) pV = \text{const}$$



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 процессе  $\nu = 3-1$   $C = 2R$ , изохор

$$pV^{\frac{2+2,5}{2-1,5}} = pV^{\frac{-0,5}{0,5}} = pV^{-1} = \frac{p}{V} = \text{const}$$

в процессе 2-3

(2)  $pV^2 = \text{const} \Rightarrow pT \cdot V = \text{const} \Rightarrow V \cdot T = \text{const}$

$$V_2 \cdot 8T_1 = V_3 \cdot 4T_1 \Leftrightarrow V_3 = 2V_2$$

~~$p_2 V_2 = p_1 V_1$~~   ~~$p_3 V_3 = p_1 V_1$~~   ~~$p_2 V_2 = 8p_1 V_1$~~   ~~$p_3 V_3 = 8p_1 V_1$~~

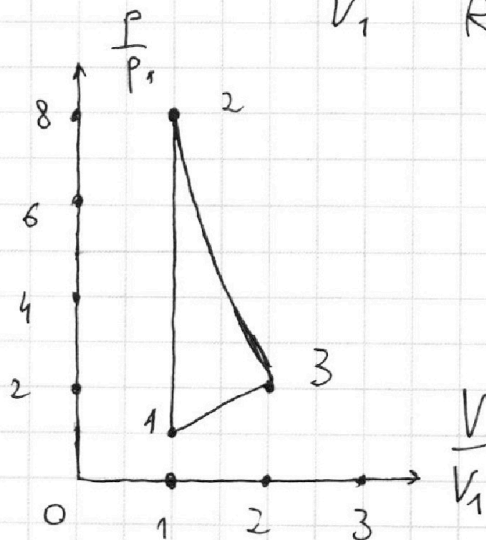
$V_2 = V_1$  т.к. 1-2 изохорный процесс

$V_3 = 2V_1$

$$p_3 V_3 = p_1 V_1 \Leftrightarrow p_3 \cdot 2V_1 = p_1 \cdot V_1 \Leftrightarrow p_3 = \frac{p_1}{2}$$

$$p_3 = \frac{2T_1 R}{V_1} ; p_1 V_1 = p_1 R T_1 = p_1 R \cdot \frac{V_1}{R} \Leftrightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{p_1}{R}$$

$$p_3 = 2R \cdot \frac{p_1}{R} = 2p_1$$



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!



2) Найдём КПД и  $\eta$  цикла

За задачу  $Q_{12} = C_{12} \cdot (8T_1 - T_1) = 1,5R \cdot 7T_1 =$   
 $= \frac{21}{2} RT_1$

$Q_{23} = C_{23} \cdot (4T_1 - 8T_1) = 0,5R \cdot -4T_1 =$   
 $= -2RT_1$

$Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - 4T_1) = 2R \cdot (-3) \cdot T_1 = -6RT_1$

$Q_x = -6R Q_{31} + Q_{23} = -8RT_1 ; Q_H = \frac{21}{2} RT_1$

$\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{|Q_H|} = 1 - \frac{8 \cdot 2}{21} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21} \approx 0,24$

Ответ: 1)  $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

2)  $\eta \approx 0,24$

3) см. рис.

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!

~~м.к. линии не растягиваются;~~

~~$$v_5 = v_3 \cos \alpha$$~~

~~$$v_6 = v_2 \cos \alpha = v_3 \cos \alpha$$~~

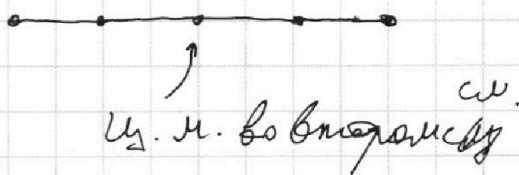
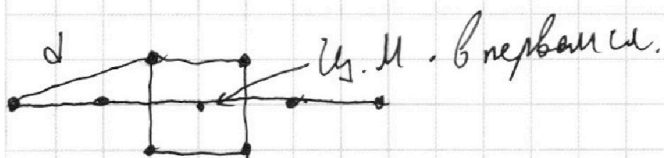
$$(v_2 \neq v_3)$$

~~Ваншем ЗСД:~~

~~$$m_2 v_2' + m v_4' + m v_4'' = 0$$~~

∴ по м.о. равенствам  $\sum M$  и  $\sum a_{y,k} = 0 \Rightarrow a = 0$

Ц.м. остался на месте



Найдем две кортиски

значит

$$d = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{3a}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 \cdot (1+9)} =$$

$$= \frac{a}{2} \sqrt{10}$$

Ответ: 1)  $q = a \sqrt{\frac{8T\sqrt{2} \pi \epsilon_0}{(2\sqrt{2}+1)}}$

2)  $v = g q \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{2}-1}{24mq\pi\epsilon_0}}$

3)  $d = \frac{a}{2} \sqrt{10}$

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!

Найдем конечную потенциальную энергию системы:

$$W_k = W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{23} + W_{24} + W_{34} =$$

$$= \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} =$$

$$= \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{13}{3}$$

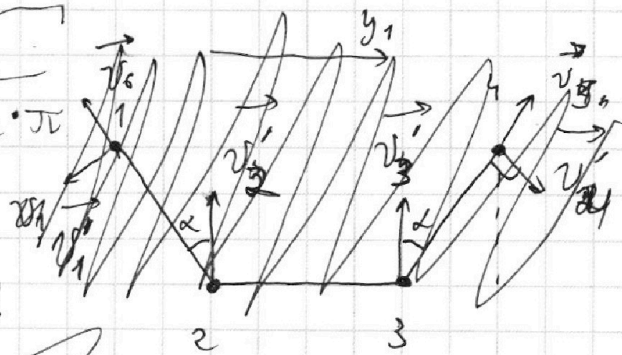
П. к. работа сил взаимодействия равна нулю  
заменим ЗСД:

$$W_H = W_k + E_k \Leftrightarrow E_k = \frac{kq^2}{a} \left( 4 + \sqrt{2} - \frac{13}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) =$$

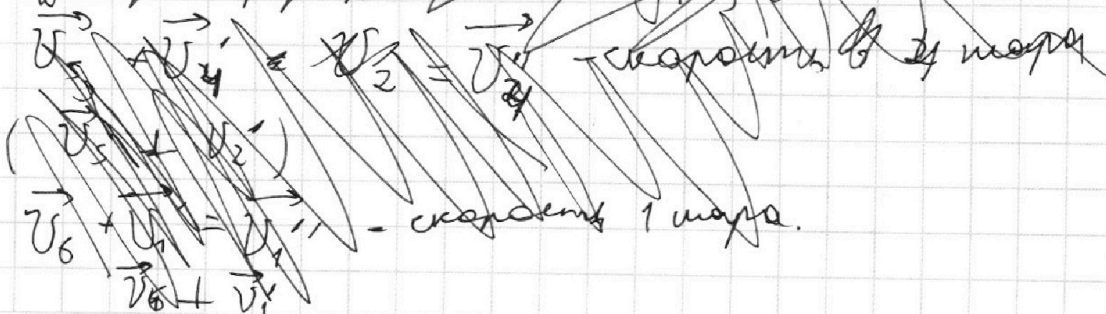
$$= \frac{kq^2}{3a} \cdot 3(\sqrt{2} - 1)$$

$$E_k = \frac{m v^2}{2} \cdot 4 = 2m v^2 = \frac{kq^2}{3a} (3\sqrt{2} - 1) \Leftrightarrow v^2 = \frac{kq^2}{6am} (3\sqrt{2} - 1)$$

$$v = q \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{2} - 1}{24ma \epsilon_0 \pi}}$$



В силу симметрии  
скорости 2 и 3 не имеют  
горизонтальных проекций на ось  $Ox_1$





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

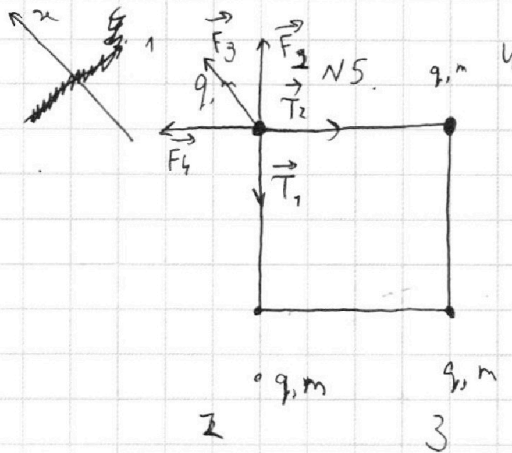
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

Дано:  
 $a, T$



1) Рассчитаем первый шарик.

$T_1, T_2$  - силы натяжения нити, действующие на него

$F_2, F_3, F_4$  - силы Кулона.

1)  $|q_1| = ?$

III. к. шарик находится  $a_1 = 0$  применим 2 закон Ньютона

о х:

$$(1) F_4 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 45^\circ + F_3 - 2T \cos 45^\circ = 0$$

$$F_2 = F_4 = \frac{kq^2}{a^2} \quad (k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0})$$

$$F_3 = \frac{kq^2}{\sqrt{2} \cdot a^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

~~$(1) \sqrt{2} \cdot \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} = 2T \cos 45^\circ$~~

~~$\frac{kq^2}{a^2} (\sqrt{2} + \frac{1}{2}) = T\sqrt{2} \Rightarrow q^2 = \frac{T\sqrt{2} \cdot a^2}{(\sqrt{2} + \frac{1}{2}) \cdot k} = \frac{a^2 T \cdot 2\sqrt{2}}{(2\sqrt{2} + 1)k}$~~

~~$(1) q = a \cdot \sqrt{\frac{2T\sqrt{2}}{(2\sqrt{2} + 1)k}} = a \sqrt{\frac{8\pi T \sqrt{2} \cdot \epsilon_0}{2\sqrt{2} + 1}}$~~

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

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



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!

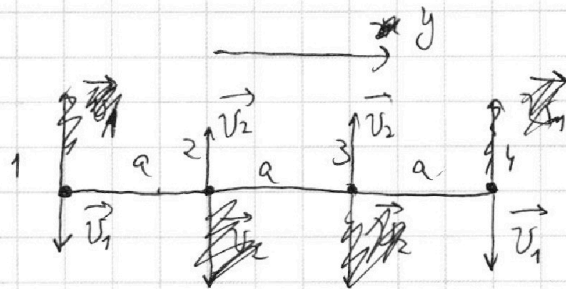
$$\frac{kq^2}{a^2} (2\sqrt{2} + 1) = 2T\sqrt{2} \Leftrightarrow q^2 = \frac{2T\sqrt{2}}{(2\sqrt{2} + 1)k} \cdot a^2$$

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

2)

По ЗСЦ.

В силу симметрии



$v_2 = v_3$ ;  $v_1 = v_4$ ; Пусть ~~какая~~ любая скорость имеет ненулевую проекцию на ось  $Ox$ . Тогда н.к.

линии перемещения эта составляющая есть  $y$  координата центра тяжести системы движется ~~вправо или влево~~ вправо.

Поэтому не может быть в силу симметрии. Значит скорости всех шаров направлены перпендикулярно линии.

По ЗСЦ:  $2mv_1 = -2mv_2 \Leftrightarrow \vec{v}_1 = -\vec{v}_2$   
значит  $|v_1| = |v_2| = v$

Найдем начальную потенциальную энергию системы.

$W = \frac{kq_1 q_2}{r}$  (в общем случае для 2 зарядов)

$$W_c = W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{24} + W_{23} + W_{34} = \frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$

$$= \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$



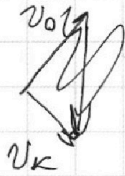
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

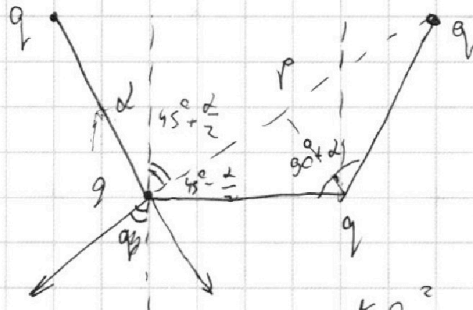


$$p^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \cos(90^\circ + \alpha)$$

$$\cos \alpha = 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 1$$

$$45^\circ + \frac{\alpha}{2}$$

$$2a \sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) = p$$



$$\frac{ka^2}{a^2} \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{ka^2}{4a^2 \sin^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2})} = \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})$$

$$\frac{ka^2}{a^2} \left( \cos \alpha \times \frac{\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})}{4 \sin^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2})} \right)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2})$$

$$\sqrt{2} (\cos^2 \frac{\alpha}{2} + \sin^2 \frac{\alpha}{2})$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{4} \left( \frac{\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} \right) = \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha + \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})}{2 \sin \alpha} =$$

$$\frac{\sin 2\alpha + \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}{2 \sin \alpha} = 2 \sin \left( \frac{3\alpha}{2} + 45^\circ \right)$$

$$\sin(x+y) + \sin(x-y) = 2 \sin x \cos y$$

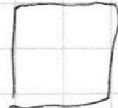
Не забываем про  $\epsilon_0$

$$\frac{2\sqrt{2}}{2}$$

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 2 + \frac{1}{2} = 4 + \frac{1}{3} = \frac{13}{3}$$

$$10 \frac{13}{3} \left( 4 + 4\sqrt{2} \right)$$

$$13 \left( 12 + 3\sqrt{2} \right)$$



2 3

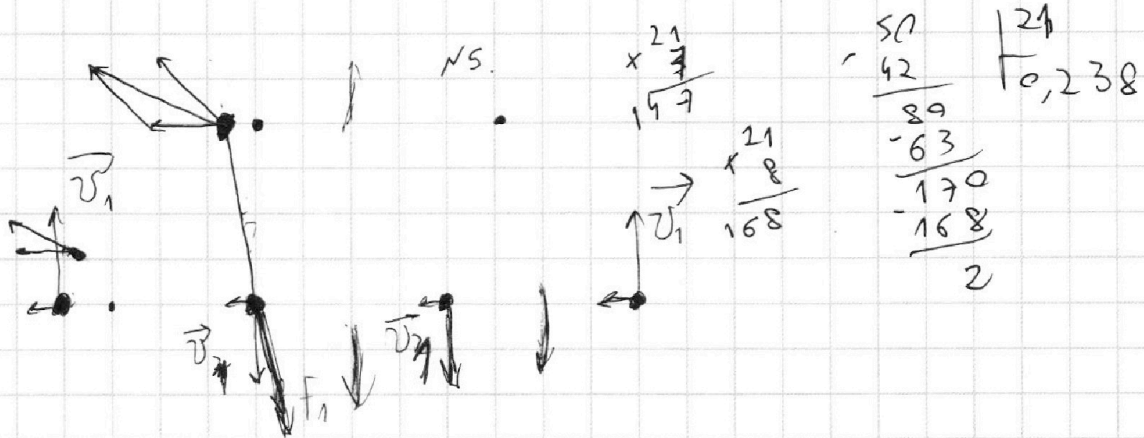
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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



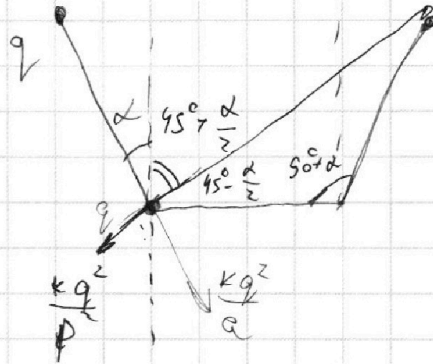
Система симметрична, значения суммарной скорости

$$W_1 + K_1 = W_2 + K_2 \Rightarrow K_2 = W_1 - W_2$$

$$a(x)$$

$$pV^2 = \frac{c}{R_2}$$

$$p^2 = a^2 + a^2 - 2a^2 \cdot \cos(90^\circ + \alpha) = 2a^2(1 + \sin \alpha)$$



$$\frac{Kq^2}{2a^2(1 + \sin \alpha)}$$

$$F(x)$$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F(x)}{m}$$

$$a(x) = v(x) \Rightarrow v(x) = x(x)$$

$$\frac{Kq^2}{a} \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{Kq^2}{2a^2(1 + \sin \alpha)} \cdot \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})$$

$$1 + \cos(90^\circ - \alpha) = 2 \cos^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$$

$$\frac{Kq^2}{2a^2(\cos^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,24 \\ 21 \\ \hline + 48 \\ \hline 5,04 \end{array}$$

$$1 + \frac{1}{3} = \frac{3 + 1}{3} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{3 \cdot 0,31200}{2} =$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

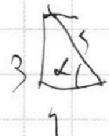
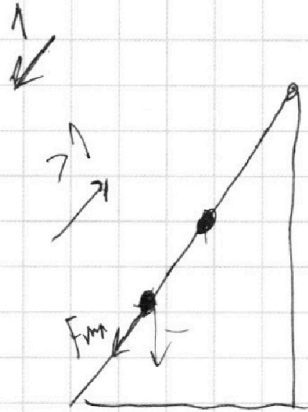
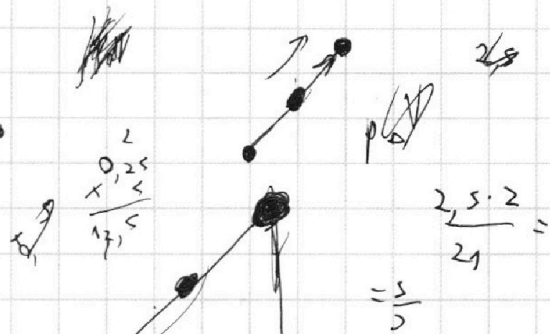
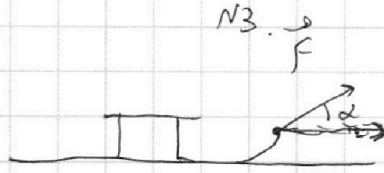
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$-4 - 5R$   
 $-5,5RT_1$



$\sin \alpha = \frac{3}{5}$   $\cos \alpha = \frac{4}{5}$

$\frac{3}{4} = \tan \alpha$

T-звучит

$A_{23} = -R \cdot 4T_1 = -4RT_1$   
 $a = \text{const}$

$\Delta V = 2M$   
 $\frac{9}{2} R \Delta T$

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$

$9,9 + 0,8 = 10,7$   
 $\frac{5}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{40}{100} = 0,4$   
 $3,6 \quad 5,9,36$

$Q_{31} = C \Delta T = 2R \Delta T = -6R \Delta T$   
 $= \Delta U + A = -RT$

$Q = \int \dot{Q} R \Delta T$   $\text{если } \Delta V = 0$   
 $\dot{Q}(\Delta T) = \dot{Q} R \Delta T$

$Q = \int \dot{Q} R \Delta T + \dots$

$\frac{1,72}{2}$

$Q = 1,5 \dot{Q} R \Delta T + A \Rightarrow A = -\dot{Q} R \Delta T$

$A = -R \Delta T = -R \cdot (4T_1) = -4RT_1$   
 $0,5 R \cdot \Delta T = 1,5 R \Delta T + A$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

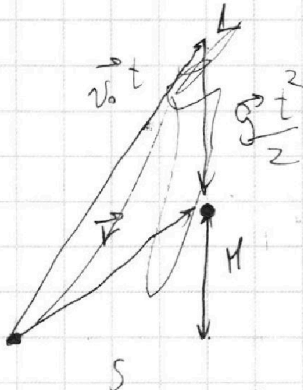
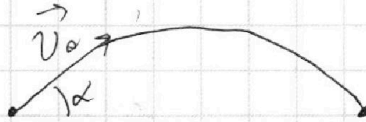
1     2     3     4     5     6     7



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



N1



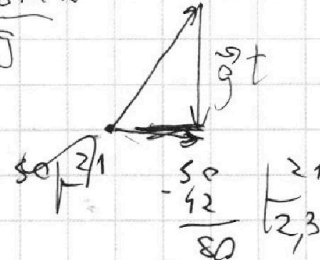
$$1) v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{2v_0 \cos \alpha v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \sin \alpha = g t$$

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

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

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$$



$$v_0 \cos \alpha t = x \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

$$H = 5 \operatorname{tg} \alpha - \frac{5 g^2}{2 v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

$$H = 5 \operatorname{tg} \alpha - \frac{5 g^2}{2 v_0^2} - \frac{5 g^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2 v_0^2} = \frac{5 g^2}{2 v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha - 5 \operatorname{tg} \alpha + \frac{5 g^2}{2 v_0^2} + H = 0$$

$$5 \operatorname{tg}^2 \alpha$$

$$5 = \frac{\operatorname{tg} \alpha v_0^2}{g^2}$$

$$D = \operatorname{tg}^2 \alpha - \left( \frac{5 g^2}{v_0^2} \right) - 4H$$

$$+ 4 \frac{7.3}{2} = C = \sqrt{\dots} \quad 0,27$$

$$pV \frac{C_v C_p}{C_p - C_v} = \text{const}$$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{i}{i+2} \approx \frac{i}{i+2}$$

$$\frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} k$$

$$\begin{array}{r} 1,91 \\ + 1,91 \\ \hline 3,82 \\ + 1,91 \\ \hline 5,73 \\ + 1,91 \\ \hline 7,64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 0,23 \\ \hline 21 \\ + 96,23 \\ \hline 117,23 \end{array}$$