

**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.

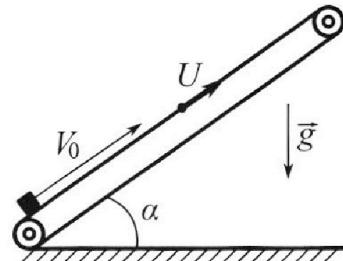
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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 покояющуюся 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

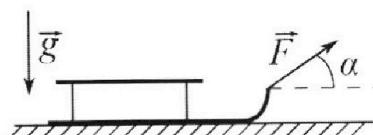
$$U = 1 \text{ м/с}?$$

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.



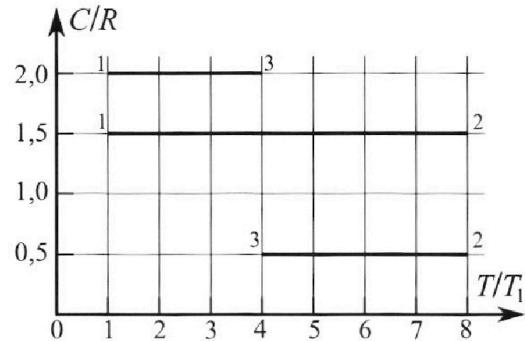
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**



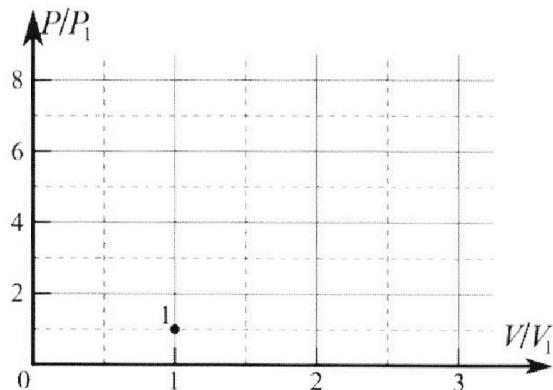
**Вариант 10-02**

*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).

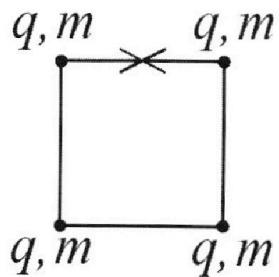


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка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

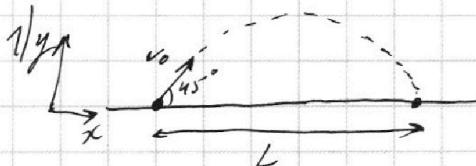


- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" 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!

№1



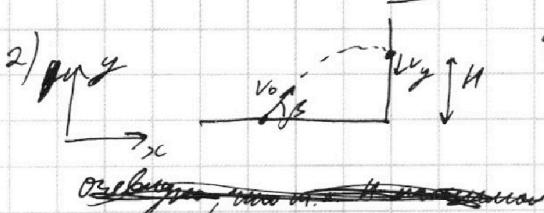
*v\_{0y}* и *v\_{0x}* - это исходные *шаги*,  
у них есть.

$$v_{0y} = v_{0x} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

$$t = \frac{2v_{0y}}{g}$$

$$L = v_{0x} \cdot t = \frac{2v_{0x} \cdot v_{0y}}{g} = \frac{2 \frac{v_0^2}{2}}{g} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{gL} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$



*v\_y* - *скорость* в *точке* с *запасом*,  
и - *макс* *шага*

ЗСЗ:

то есть *v\_y*:

$$\frac{m(v_0 \sin \beta)^2}{2} = mgH + \frac{mv_y^2}{2}$$

$$v_0^2 \sin^2 \beta = gH + v_y^2$$

однако, что и. п. *H* - *запас* *шага*,  
то с *запасом* *шага* *продолжают* в *верхней* *точке*  
*находить*, где *v\_y = 0*. Тогда:

$$v_0^2 \sin^2 \beta = 2gH$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 3,6}{200}} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$t' = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$$

*время* *запаса* *шага* *с* *запасом*

$$S = t' \cdot v_0 \cos \beta = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{200 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10} = 9,6 \text{ м}$$

Ответы: 1)  $10\sqrt{2} \text{ м/с}$ ; 2)  $9,6 \text{ м}$ .

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**



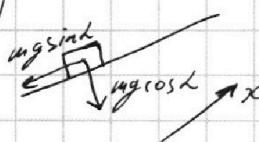
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N2

$$\cos \lambda = \sqrt{1 - \sin^2 \lambda} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

1)

Подъем и падение ~~запуска~~ коробки.



При движении вверх:

$$ma = -mg \sin \lambda + mg \cos \lambda$$

$$a = -2g \sin \lambda + g \cos \lambda$$

$$a = -10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 = -6 - 4 = -10 \frac{m}{s^2}$$

$$T > \frac{v_0}{a} \quad \left| \frac{v_0}{a} \right| = 0,6 \text{ с} \rightarrow \text{коробка}$$

~~запускается~~  
~~вниз~~

$$t_n = \left| \frac{v_0}{a} \right| = 0,6 \text{ с}$$

$$S_n = v_0 t_n + \frac{a t_n^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - 1,8 = 1,8 \text{ м}$$

запуск за время погружения

$$t_c = T - t_n = 0,4 \text{ с}$$

запуск спуска

$$S_c = \left| \frac{a' t_c^2}{2} \right| = \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} = 0,16 \text{ м}$$

запуск за время спуска

$$S = S_n + S_c = 1,96 \text{ м}$$

2) в с о линия:

$$v_0' = v_0 - a = 5 \frac{m}{s}$$

при погружении  $a = -10 \frac{m}{s^2}$ , спуск спуск  $a' = -2 \frac{m}{s^2}$

В с о  $v_0' = 0 \Rightarrow$  в с о линии  $v = 0$  или  $v = -2 \frac{m}{s}$ .

или  $v = 0$ :

$$T_1 = \left| \frac{v_0'}{a} \right| = 0,5 \text{ с}$$

$$T_1 = \left| \frac{v_0'}{a} \right| + \left| \frac{v}{a'} \right| = 0,5 + 1 = 1,5 \text{ с}$$

3) в с о  $a = 0 \Rightarrow$  в с о линии  $v' = -1 \frac{m}{s}$

$$t_n' = \left| \frac{v_0'}{a} \right| = 0,5 \text{ с}$$

$$S_n' = v_0' t_n' + \frac{a t_n'^2}{2} = 5 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 2,5 - 1,25 = 1,25 \text{ м}$$

$$t_c' = \left| \frac{v'}{a'} \right| = 0,5 \text{ с}$$

$$S_c' = \left| \frac{a' t_c'^2}{2} \right| = -0,25 \text{ м}$$

$$L = S_n' + S_c' + 0,1 \cdot (t_n' + t_c') = 1,25 - 0,25 + 1 \cdot 1 = 2 \text{ м}$$

ответы: 1) 1,96 м; 2) 0,5 с или 1,5 с; 3) 2 м.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

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

N3

1) ~~82~~ <sup>2</sup> тусиль и - масса салюк, <sup>5</sup> - шин, колеса обеих  
противоположных углах движутся одинаково,  $F$ ,  $v$  - их макс. скорость

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

~~Решение~~ Второй случай:

$$\begin{aligned} N_2 &= mg \\ F_2 &= F - \cancel{\mu N_2} \quad \mu N_2 = F - \mu mg \\ a_2 &= \frac{F}{m} - \mu g \\ a_2 &= \frac{v^2}{2s} = \frac{mv^2}{2ms} = \frac{k}{ms} = \frac{F}{m} - \mu g \end{aligned}$$

Первый случай:

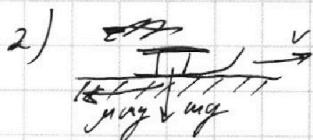
$$a_1 = \frac{v^2}{2s} = a_2$$

$$\begin{aligned} N_1 &= mg - F \sin \alpha \\ F_2 &= F \cos \alpha - \mu N_1 = F \cos \alpha - \mu mg + \cancel{F \sin \alpha} \quad \mu F \sin \alpha \\ a_2 &= \frac{F \cos \alpha}{m} + \mu \frac{F \sin \alpha}{m} - \mu g = a_1 = \frac{F}{m} - \mu g \end{aligned}$$

$$\frac{F}{m} = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)$$

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

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



To 3C3:

$$K = \mu mg \cdot S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{KS \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{Ответы: 1)} \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; 2) S = \frac{KS \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

N4

1) Процесс 3-1:

$$Q_{31} = C_{31} \cdot d \cdot (T_3 - T_1) = 2R \cdot d \cdot (-3)T_1 = -6dRT_1 = \cancel{-6}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}dRT_1 - \frac{3}{2}dRT_3 = \frac{3}{2}dR \cdot (-3)T_1 = -\frac{9}{2}dRT_1 = -4,5dRT_1$$

• 200

$$\cancel{A_{31}} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -6dRT_1 + 4,5dRT_1 = -1,5dRT_1 = -1,5 \cdot \cancel{d} \cdot \cancel{31} =$$

$$= -3 \cdot 831 = -2493 \text{ дж} \quad A_{31 \text{ бн.}} = -A_{31} = 2493 \text{ дж}$$

2) ~~A<sub>B</sub>~~  $\rho_3 V_3 = dRT_3 = 4dRT_1 = 4\rho_1 V_1$

$$\rho_2 V_2 = dRT_2 = 8dRT_1 = 8\rho_1 V_1$$

Процесс 1-2:

$$Q_{12} = \cancel{C_{12}} \cdot d \cdot (T_2 - T_1) = 7,5dR \cdot 7T_1 = 70,5dRT_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}dRT_2 - \frac{3}{2}dRT_1 = \frac{3}{2}dR \cdot 7T_1 = 10,5dRT_1$$

$Q_{12} = \Delta U_{12} \Rightarrow A_{12} = 0 \Rightarrow$  1-2 - изохорический процесс

Тогда  $V_1 = V_2 \Rightarrow \rho_2 = 8\rho_1$ . Координаты исхода 2:  $(8, 1)$

(коорд.  $\rho_1, \frac{V}{V_1}$ )

Процесс 2-3:

$$Q_{23} = C_{23} \cdot d \cdot (T_3 - T_2) = 0,5dR \cdot 4T_1 = 2dRT_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}dRT_3 - \frac{3}{2}dRT_2 = \frac{3}{2}dR(4-8)T_1 = -6dRT_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2dRT_1 + 6dRT_1 = 4dRT_1 = 4\rho_1 V_1$$

$$A_y = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0 + 4dRT_1 - 7,5dRT_1 = 2,5dRT_1 = \cancel{2,5 \cdot 831} =$$

$$= 5 \cdot 831 = 4155 \text{ дж}$$

~~$$Q_y = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = (10,5 - 2 - 6)dRT_1 = 2,5dRT_1 = \cancel{2,5 \cdot 831} =$$~~

$$Q_y = Q_{12} = 10,5dRT_1$$

$$\gamma = \frac{A_y}{Q_y} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$

~~$$Q = \frac{3}{2}dRT_1 \cdot \frac{\gamma}{\gamma-1} = \frac{3}{2}dRT_1 \cdot \frac{5}{21} = \frac{3}{2}dR \cdot \frac{5}{21}$$~~

~~$$Q = \frac{3}{2}dR \cdot \frac{5}{21} = \frac{15}{42}dR = \frac{5}{14}dR$$~~

~~$$= 2dRT_1 = b$$~~

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)

$$\cancel{A_2 = \frac{4}{3} p_1 (v_3 - v_1)}$$

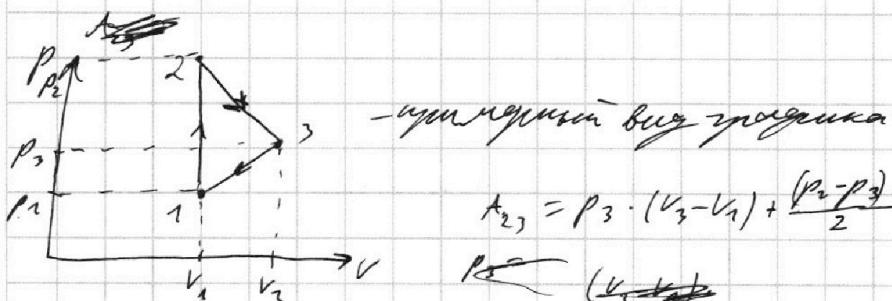
для  $p(v)$  неизвестны условия, что оно это линейное уравнение.

$$p(v) = kv + b$$

$$\cancel{4p_1 v_1 = \frac{1}{3} k(v_3^2 - v_1^2) + b(v_3 - v_1)}$$

$$4(p_1 v_1 - b) v_1 = (v_3 - v_1) \cdot \left( \frac{k(v_3 + v_1)}{2} + b \right)$$

После все решим по графику - решите, пожалуйста.



$$A_2 = p_3 \cdot (v_3 - v_1) + \frac{(p_2 - p_3)(v_3 - v_1)}{2} = 4p_1 v_1$$

$$p_2 = \frac{8p_1 v_1}{v_3} \quad \delta p_1 \quad p_3 = \frac{4p_1 v_1}{v_3}$$

$$4p_1 v_1 = \frac{4p_1 v_1}{v_3} \cdot (v_3 - v_1) + \frac{(8p_1 - \frac{4p_1 v_1}{v_3})(v_3 - v_1)}{2}$$

$$4p_1 v_1 = \frac{4p_1 v_1}{v_3} - \frac{4p_1 v_1^2}{v_3} + 4p_1 v_3 - 2p_1 v_1 - 4p_1 v_1 + \frac{2p_1 v_1^2}{v_3}$$

$$4p_1 v_3 - 6p_1 v_1 - \frac{2p_1 v_1^2}{v_3} = 0$$

$$4v_3^2 - 6v_1 \cdot v_3 - 2\frac{v_1^2}{v_3} = 0 \quad | \cdot \frac{v_3}{2}$$

$$4 \cdot 2v_3^2 - 3v_1 \cdot v_3 - v_1^2 = 0$$

$$2v_3^2 - 4v_1 v_3 + 2v_1 v_3 - 2v_1^2 = 0$$

$$(2v_3 + v_1)(2v_3 - 2v_1) = 0$$

$$v_3 = -\frac{v_1}{2} - \text{не подходит}$$

$$v_3 = 2v_1 \Rightarrow p_3 = \frac{4p_1 v_1}{v_3} = 2p_1$$

Такова задача 3  
исследование  
(2; 2)  $\Rightarrow$   $(p_1; v_1)$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

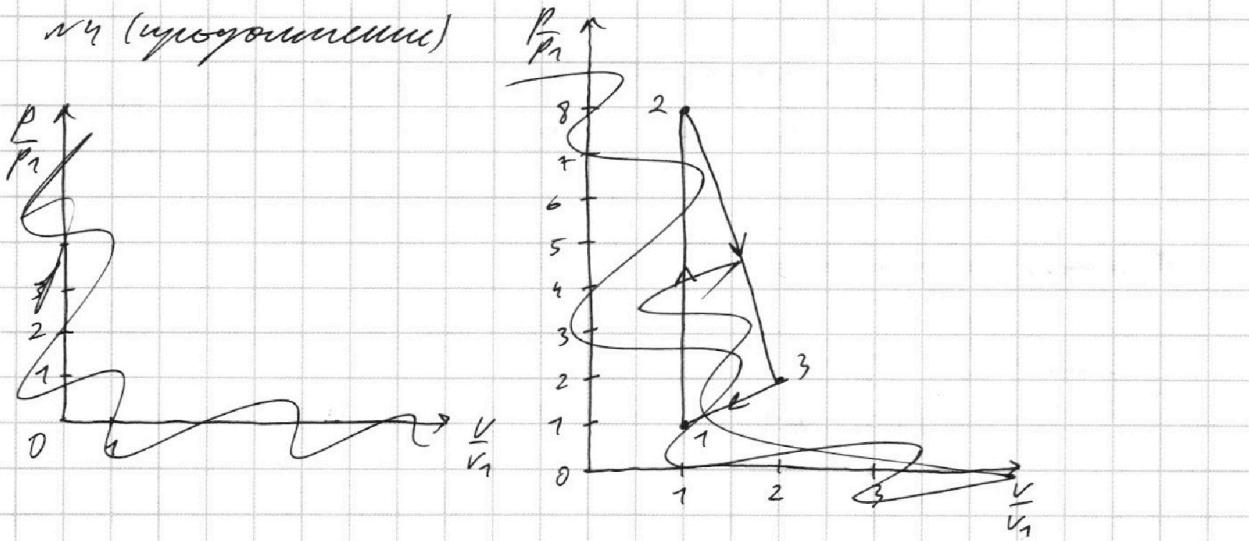
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

нч (продолжение)



$$2v_3^2 - 3v_1 \cdot v_3 - v_1^2 = 0$$

$$\Delta = 9v_1^2 + 8v_1^2 = 17v_1^2$$

$$v_3 = \frac{3v_1 \pm \sqrt{\Delta}v_1}{2}$$

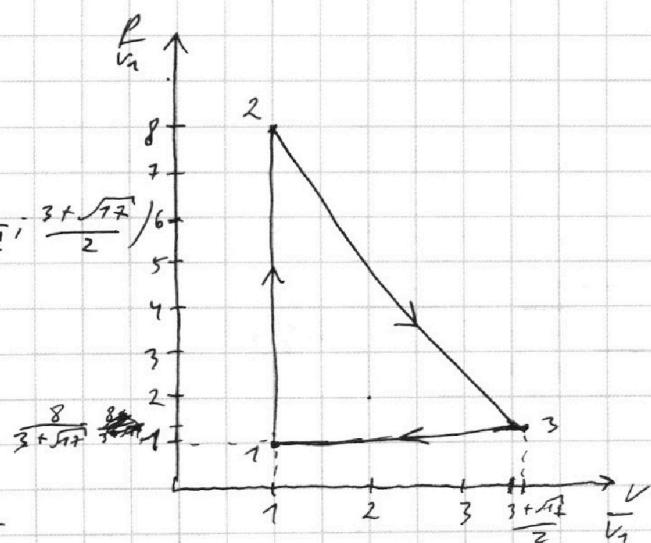
$$v_3 = \frac{3v_1 + \sqrt{\Delta}v_1}{2} \quad | \text{ even, } - \text{, то } v_3 \text{ сор, не подходит}$$

$$v_3 = \frac{3 + \sqrt{17}}{2} v_1$$

$$P_3 = \frac{u_1 p_1 v_1}{v_3} = \frac{8 p_1}{3 + \sqrt{17}}$$

Погрешность в 6 раз.

$(\frac{P_1}{P_3}, \frac{V}{V_1})$  имеет коорд.



Ответы: 1)  $24973 \text{ дж} ; 2) \frac{5}{21}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,

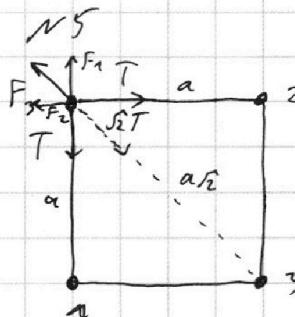
решение которой представлено на странице:



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



$F_1, F_2 \text{ и } F_3$  - силы одессы электрического поля, действующие на заряды  
 $1, 2, 4, 3$  соответственно.

$$1) |F_1| = |F_2| = \frac{|q|^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

~~Решение~~

~~Вывод~~

$$\sqrt{2}T = F_3 + \sqrt{2}F_1 = \frac{|q|^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \sqrt{2}a^2} + \frac{\sqrt{2}|q|^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} =$$

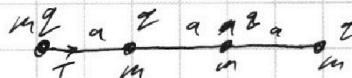
$$= \frac{|q|^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$$

$$\cancel{|q|^2} = \frac{9\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2 T}{\frac{1}{2} + \sqrt{2}}$$

$$|q| = \sqrt{\frac{4\sqrt{2}}{\frac{1}{2} + \sqrt{2}} \cdot \pi\epsilon_0 a^2 T}$$

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

2) ~~Изображена система зарядов, движущихся с одинаковой~~  
~~скоростью в вертикальных направлениях, то есть~~  
~~вокруг них, т.е.:~~



$$F_{\text{магн.}} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} \right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \cdot \frac{9}{36} T$$

$$\frac{v^2}{a} = \frac{r^2}{4\pi\epsilon_0 q^2 m} \cdot \frac{q^2}{36} \frac{T}{m}$$

~~но~~ ~~7/2~~ ~~7/2~~

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{49q^2}{288\pi\epsilon_0} - \frac{T}{2} \quad \text{- как. Е. вертикально "движущийся" заряд}$$

---


$$\text{решение: 1)} 2a \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\frac{1}{2} + \sqrt{2}} \pi\epsilon_0 T}; 2) \frac{49q^2}{288\pi\epsilon_0} - \frac{T}{2}$$



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"/> |

**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:



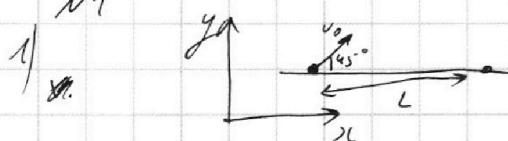
- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

$$k = \frac{1}{4\sqrt{2} \cdot \epsilon_0}$$

1)  $N^1$



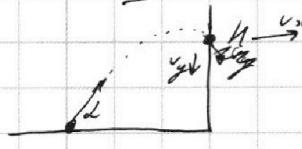
$$v_{0y} = v_{0x} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

$$t = \frac{2v_{0y}}{g}$$

$$L = v_{0x} \cdot t = \frac{2 v_{0x} \cdot v_{0y}}{g} = \frac{2 \cdot \frac{v_0^2}{2}}{g} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{gL} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2)  $y_0$



$$\frac{m v_0^2 \sin^2 \alpha}{2} = mgh + \frac{m v_y^2}{2}$$

$$v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha + v_y}{g} = 5$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh + v_y^2$$

$$mgh - \frac{v_0 \sin \alpha - v_y}{g} = 5$$

$$v_y^2 = 200 \sin^2 \alpha -$$

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

$v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot h \cos \alpha + v_0 \cos \alpha \cdot v_y = 5$

$$v_y = \frac{v_0^2 \sin \alpha}{v_0 \cos \alpha} - v_0 \sin \alpha$$

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

$$3,6 = \frac{200}{20} \sin^2 \alpha$$

$$\sin^2 \alpha = 0,36$$

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$t' = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{10\sqrt{2} \cdot 0,6}{10} = 0,6\sqrt{2}$$

$$S = t' \cdot v_0 \cdot \cos \alpha = 0,6\sqrt{2} \cdot 10\sqrt{2} \cdot 0,8 = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

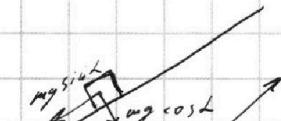
- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------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

МФТИ

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

№2

$$1) \cos L = 0,8$$

  
Кинематическое уравнение:  
 $n = \mu n g \sin L + \mu n g \cos L$   
 $a = \mu g \sin L + \mu g \cos L$

$$a = -10 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 = -6 + 4 = -10 \frac{m}{s^2}$$

$$T > \frac{v_0}{a} = 0,6 \text{ с} \Rightarrow \text{коробка скользит вниз} \Rightarrow \text{коробка скользит вниз (или блокирована)}$$

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

$$S_n = v_0 \cdot t_n - \frac{a t_n^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - 2,8 = 0,8 \text{ м}$$

Кинематическое уравнение:

$$\mu n g \cos L < \mu n g \sin L$$

$\mu n g \cos L < \mu n g \sin L \Rightarrow \text{коробка скользит вниз}$   
 $0,5 \cdot 0,8 < 0,6$

$$a' = g \sin L - \mu g \cos L = 10 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 = 6 - 4 = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$t_c = T - t_n = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ с}$$

$$S_c = \frac{a' t_c^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} = 0,16 \text{ м}$$

$$S = S_n + S_c = 0,8 + 0,16 = 0,96 \text{ м}$$

2) Б) СО линии:

$$V_0' = V_0 - u = 5 \frac{m}{s}$$

~~10~~

Кинематическое уравнение  $a = 10 \frac{m}{s^2}$ , приходит  $a' = 2 \frac{m}{s^2}$

Б) ~~10~~ СО линии  $u = 1 \frac{m}{s} \Rightarrow$  СО линии  $V = 0$  или  $V = 2 \frac{m}{s}$  (исход. вниз)

для  $V = 0$ :

для  $V = 2 \frac{m}{s}$  (вниз):

$$T_1 = \frac{V_0'}{a} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с} \quad T_2 = \frac{V_0'}{a'} + \frac{V}{a'} = \frac{5}{20} + \frac{2}{2} = 1,25 \text{ с}$$

3) Б) СО скорости  $0 = 5 \frac{m}{s}$  СО линии  $\Rightarrow V' = -1 \frac{m}{s}$  (вниз вниз)

$$t_n' = \frac{V_0'}{a} = 0,5 \text{ с}$$

$$S_n' = V_0' t_n' - \frac{a t_n'^2}{2} = 5 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 2,5 - 1,25 = 1,25 \text{ м} \quad S' = S_n' - S_c' =$$

$$t_c' = \frac{V'}{a'} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ с} \quad S_c' = \frac{a' t_c'^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,5^2}{2} = 0,25 \text{ м} \quad \text{нельзя} = 1 \text{ м} \quad S' = S_n' + u \cdot (t_n' + t_c') = \\ -1 + 1 \cdot 1 = 2 \text{ м}$$