



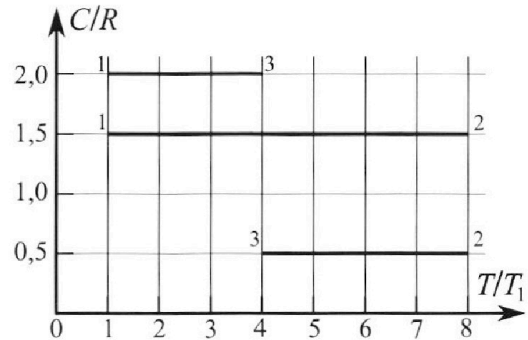
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

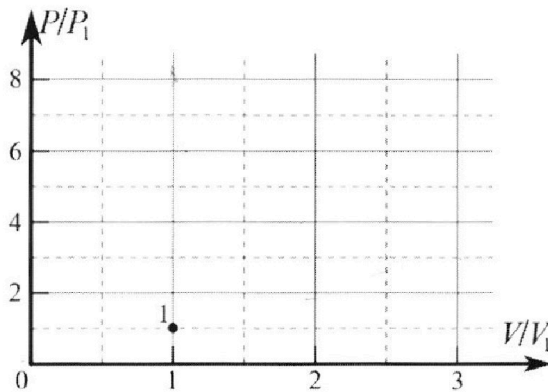
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

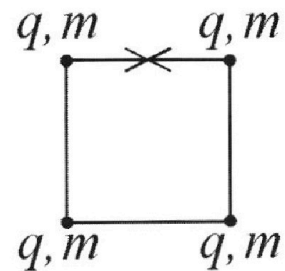
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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.





# 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.

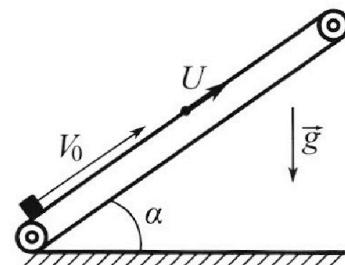
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.).

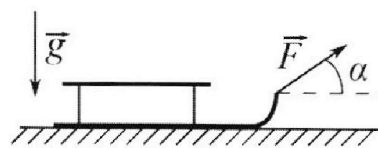
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

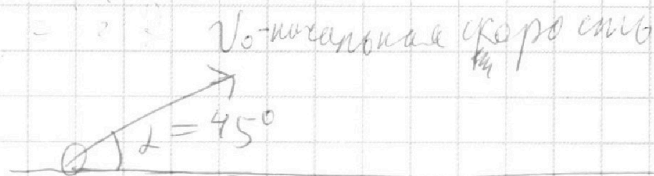
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>

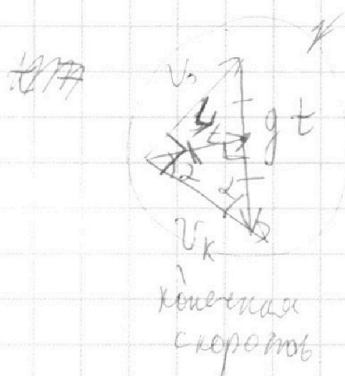
**МФТИ**

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



$$L = 20 \text{ м}$$

$$L = v_0 \cos 45^\circ t$$



$$\alpha = 2 \sin 45^\circ$$

картина движения  
меха

Т.к. картина симметричная:

$v_k$  образует с горизонтальной  
линией угол  $\alpha$ .

$v_k = v_0 \neq$  то же из симметрии

$$g L = \frac{v_0 v_k \sin 2\alpha}{2}$$

$$S = \frac{v_k v_0 \sin 2\alpha}{2} = \frac{L}{t} \cdot g t \cdot \frac{1}{2}$$

$$g L = \frac{v_0^2 \sin 90^\circ}{2}$$

Площадь параболы = S.

Запишем её 2-мя разными способами

$$S = \frac{v_k v_0 \sin 2\alpha}{2} = \frac{L}{t} \cdot g t \cdot \frac{1}{2}$$



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 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!

$$v_k v_0 \sin 2\alpha = Lg$$

~~МК Кар~~

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

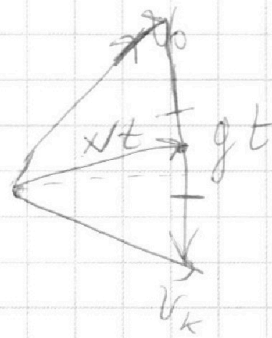
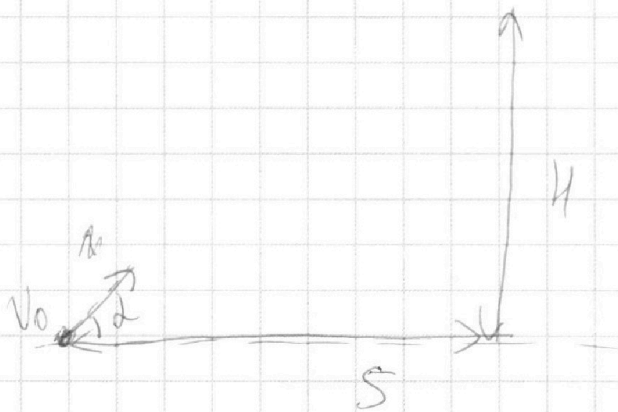
МК  $\alpha = 45^\circ$

$$L = \frac{v_0^2}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \cdot 10} = \sqrt{200} \text{ м/с}$$

$$v_0 = \sqrt{200} = \sqrt{4 \cdot 50} = 2\sqrt{50} = 2\sqrt{25 \cdot 2} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

(2)



$x$  - перемещение

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

~~307~~

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H \Rightarrow v_0^2 = 2gH \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 20}{2}} = 10 \text{ м/с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input 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!

ЗСЭ:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_k^2}{2} + mgH$$

$$H = \frac{V_0^2 - V_k^2}{2g}$$

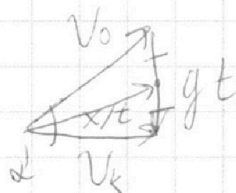
т.к.  $V_0$  задана  $\Rightarrow$  надо  $V_k$  максимизировать  
 $V_k$ , а это происходит в верхней т-ке траектории

||

мач влетает в ствол в вертикале  
света прибором.

||

$$V_k = V_0 \cos \alpha$$



~~$s = \frac{V_0 V_k}{g} \sin 2\alpha = \frac{V_0^2 \cos \alpha \sin 2\alpha}{g}$~~

$$1 = \frac{V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha}{2g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\frac{2gH}{V_0^2} = \sin^2 \alpha = \frac{2 \cdot 70 \cdot 3,6}{200} = \frac{36}{100} = 0,36$$

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

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!



$$\cos \alpha = 0,8 \quad \sin \alpha = 0,6$$

~~$$S = \frac{V_0 V_k \sin 2\alpha}{g}$$~~

~~$$S = \frac{V_0^2 \cos \alpha \sin 2\alpha}{g}$$~~

~~$$S = \frac{200 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10}$$~~

$$\begin{array}{r} 12 \\ 20 \\ \hline 1240 \\ 1280 \\ \hline 1520 \end{array}$$

~~$$S = \frac{2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 0,8}{10} = \frac{4 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 8}{100} = \frac{64 \cdot 24}{100}$$~~

~~$$S = 15,26 \text{ м}$$~~

~~$$gt = V_0 \sin \alpha$$~~

~~$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{200 \cdot 0,6}{10}$$~~

~~$$t = \frac{120}{10} = 12 \text{ с}$$~~

$$gt = V_0 \sin \alpha$$

$$\frac{12}{9,8}$$

$$S = V_0 \cos \alpha t = V_0 \cos \alpha \frac{V_0 \sin \alpha}{g} =$$

$$= \frac{V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{200 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 8}{10} =$$

$$= \frac{12 \cdot 8}{10} = 9,6 \text{ м}$$

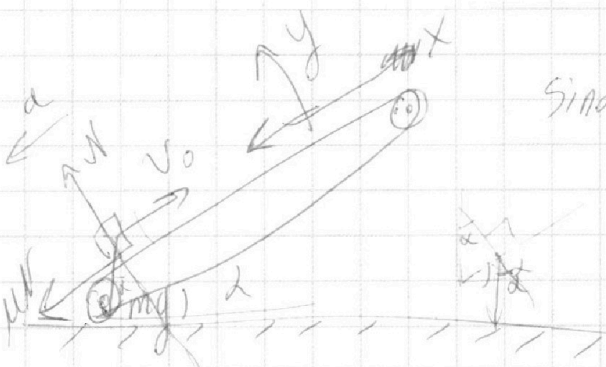
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$\sin \alpha = 0,6 \quad \cos \alpha = 0,8$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5$$

①  $T = 1 \text{ с}$

II  $z$ -н Ньютона на  $OY$ :  $a_y = 0$  м/с<sup>2</sup> (вверх и без отрыва)

$$N = mg \cos \alpha$$

II  $z$ -н Ньютона на  $Ox$ :

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

~~иначе~~

$$S = v_0 T - \frac{a T^2}{2} = 6 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 1 \text{ м}$$

$$a = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 5 \cdot 0,8 + 6 =$$

$$= 4 + 6 = 10 \text{ м/с}^2$$

②

Фтр будет действовать, пока  $v$  относительно  $a$  коробки отное.  $a$  не будет равна 0.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

через время  $T_1 + \frac{u}{a_2} = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с}$

скорость коробки в лоб. с.о. обратится

в 0 и еще через  $T_1 + \frac{u}{a_2} + \frac{u}{a_2} = 1,5 \text{ с} = T_1'$

выгонится до  $u$  по оси в сторону,

обратно (Порки)

② Ответ: 0,5 с и 1,5 с

$\vec{u}_1 = \vec{u}_{\text{корки}}$

③ Скорость коробки замедлится до  $u_1 = 1 \text{ м/с}$   
и на этот период  $a = a_1 = 10 \text{ м/с}^2$ , затем сила  
трения поменяет направление и  $a = a_2 = 2 \text{ м/с}^2$

$L = L_1 + L_2$   
↑ сила  $F_{\text{тр}}$  вверх створку  
↓ в обратную

$$L_1 = v_0 T_1 - \frac{a_1 T_1^2}{2} = 6 \cdot 0,5 - 5 \cdot 0,25 =$$

$$= 3 - \frac{5}{4} = \frac{12-5}{4} = \frac{7}{4} \text{ м}$$

$$L_2 = v_0 \cdot \frac{u}{a_2} - \frac{a_2 \cdot \left(\frac{u}{a_2}\right)^2}{2} = 6 \cdot 0,5 - \frac{2 \cdot 0,25}{2} =$$

$$= 3 - \frac{1}{4} = \frac{12-1}{4} = \frac{11}{4} \text{ м}$$

~~$L = \frac{18}{4} \text{ м} = \frac{9}{2} \text{ м} = 4,5 \text{ м}$~~   $L = 4,5 \text{ м}$



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 checked="" 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!

Здесь есть задача:

$u = 1 \text{ м/с}$  по ОХ вниз и вверх, расамотри оба

Для случая, когда  $\vec{v}_{\text{груза}} = \vec{v}_{\text{горки}}$   
справедливы все вкладыши  $v_{\text{из}}$   $n$ -на  $1 \text{ м/с}$   
скорость не меняла направление:

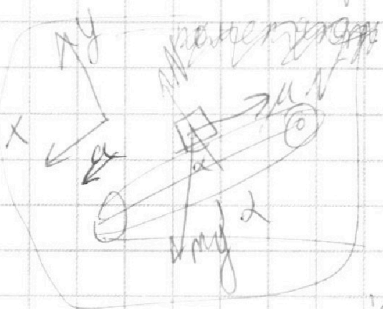
$$v_0 - u = a \cdot T_1$$

$$v_0 - u = 6 - 1 = 10 \cdot T_1$$

$$5 = 10 \cdot T_1 \Rightarrow T_1 = 0,5 \text{ с}$$

Для случая когда  $\vec{v}_{\text{груза}} = -\vec{v}_{\text{горки}}$ :

спуска пройдя  $T_1$ , а затем ~~снова~~ оттолкнувшись  
а потом:  
(если  $F_{\text{тр}}$  поменяет направление)



$$N = mg \cos \alpha$$

на ОХ по 3-му Ньютона:

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

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

$$a_z = g(0,6 - 0,4) = 2 \text{ м/с}^2$$



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 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!

2

длина  $\sin \alpha = 1$  м сажки морозом

$$K = F_{\text{тр}} S$$

из 2-го закона Ньютона

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$K = \mu mg S$$

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

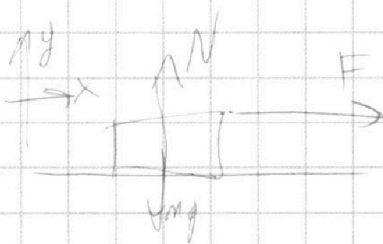
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



II 3-м координата 0y

$$N = mg$$

$$\mu N = F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$\sin \alpha = 1$

$$A_{\text{внеш}} = FS_2 - \mu mg S_2 = k$$

$$S_1 = S_2 \quad k = k$$

⇓

$$S_2 (F - \mu mg) = S_1 (F \sin \alpha - \mu mg)$$

$$S_2 (F - \mu mg) = S_1 (F \sin \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha))$$

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

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

$$1 - \sin \alpha = \mu \sin \alpha$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

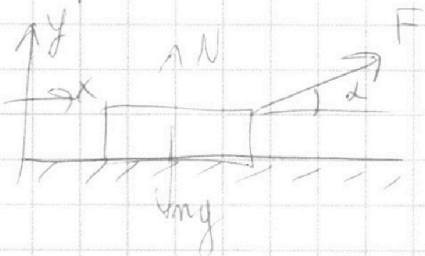
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

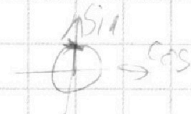
Первый случай



Из условия на ОУ

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

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



мк скользят

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

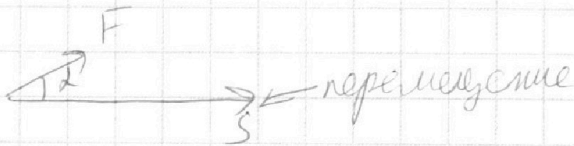
решение внешних сил

$$A_{\text{внеш}} = K$$

мк  $E_0 = 0$  — начальная энергия тела

мк  $(V_0 = 0, h_2 = 0)$  и  $(V_1 = 0, h_1 = 0)$

$\Delta W$  — потенциальная энергия = 0  
мк тело не меняло высоты



здесь  $\sin \alpha$  между силой и перемещением

$$A_{\text{внеш}} = F S_1 \sin \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) S_1$$

$$K = F S_1 \sin \alpha - \mu mg S_1 + \mu F S_1 \sin \alpha$$

Второй случай



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"/>



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

мк. из одноатомной  $i=3$  - кол-во степеней свободы

$$C_p = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R \quad C_v = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$\parallel$   $\parallel$   
 $2,5R$   $1,5R$

①

$$Q + A_{внеш} = \Delta U$$

$$C_p \Delta T + A_{внеш} = \frac{i}{2} R \Delta T$$

$\Delta = 1$  моль

$$A_{внеш} = \frac{3}{2} R \Delta T - C_p \Delta T$$

2493 Дж  
||

$$A_{внеш} = \frac{3}{2} R \Delta T - 2R \Delta T = -0,5 R \Delta T = -1,5 R T_1$$

$$\Delta T = T_2 - T_{max} = T_1 - T_3 = -4T_1 + T_1 = -3T_1$$

Для процесса 13:

$$pV^n = const \quad n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1$$

$\frac{p}{V} = const \Rightarrow$  процесс 13 на графике  $p(V)$  -  
- прямая, проходящая через  $(0; 0)$

$$1,5 R T_1 = 1,5 R T_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

Для процесса 12:

$$pV^n = \text{const} \quad C = 1,5 = C_v \Rightarrow V = \text{const}$$

Этот участок выградит

на графике как изохора

Для процесса 23:

$$pV^n = \text{const} \quad \eta = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} =$$
$$= \frac{-2R}{-1R} = 2$$

$pV^2 = \text{const}$  — этот участок выградит  
как парабола гиперболической  
зависимости.

Найдём  $p_2/p_1$  ( $V_2/V_1 = 1$ ):

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

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

$$p_2 V_1 = \nu R T_2$$

Найдём  $p_3/p_1$  и  $V_3/V_1$ :

$$p_1 V_1^2 = p_3 V_3^2$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$
$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

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!

2

$$j = \frac{A}{Q^+}$$

$$A = -A_{\text{внеш}} \text{объ}$$

~~Q<sub>12</sub> = c<sub>12</sub> ΔT<sub>12</sub> = 1,5 R T<sub>2</sub>~~

Тепло подводится там, где температура ↑ мкС всегда > 0

Q<sub>12</sub>

только на участке 12

~~А<sub>объ</sub> = A<sub>23</sub> + A<sub>31</sub> = -4RT<sub>1</sub> - 1,5RT<sub>1</sub> = -5,5RT<sub>1</sub>~~

$$c_{23} \Delta T_{23} + A_{23} = \frac{i}{2} \Delta u = \frac{i}{2} \Delta R \Delta T_{23}$$

$$R \cdot 0,5 \Delta T_{23} + A_{23} = 1,5 R \Delta T_{23} \quad \Delta T_{23} = T_3 - T_1 = -4T_1$$

$$A_{23} = R \Delta T_{23} = -4RT_1$$

$$Q_{12}^+ + A_{\text{внеш}}_{12} = \frac{i}{2} \Delta R \Delta T_{12}$$

$$Q_{12} = c_{12} \Delta T_{12} = 1,5 R (T_2 - T_1) = 1,5 R \cdot 7T_1$$

$$Q_{12} = 10,5 R T_1$$

$$\eta = \frac{2,5 R T_1}{10,5 R T_1} = \frac{5}{21}$$

$$A_{23} = 4RT_1, \quad A_{231} = -1,5RT_1$$

$$A_2 = |A_{23}| - |A_{231}| = 2,5 R T_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



$$T_1 V_1 = T_3 V_3$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_1}{T_3} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{p_3}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^2 = 16$$

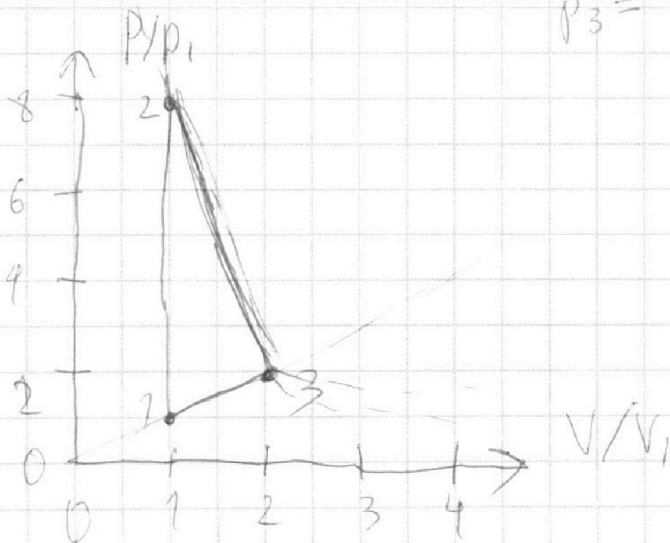
найдём  $p_3/p_1$  и  $V_3/V_1$ ;  $\frac{p_3}{p_1} = \frac{p_1}{V_1}$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 \quad p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$\frac{13}{V_3^2} = \frac{T_1}{V_1^2} \quad \frac{1}{T_1} = \frac{V_3^2}{V_1^2} = 4$$

$$V_3 = 2 V_1$$

$$p_3 = 2 p_1 \text{ (по графику)}$$





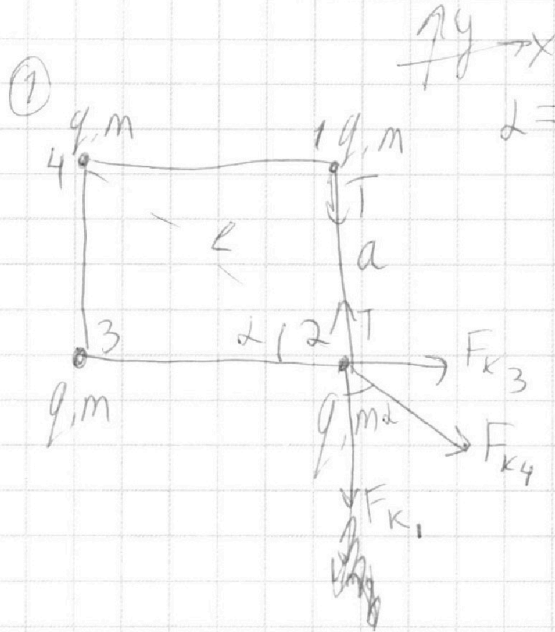
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$\alpha = 45^\circ$   $F_k$  - сила кюппа

II з-к Ньютона на OY:

$$T = F_{k1} + F_{k4} \cos \alpha$$

$$T = k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{2a^2} \cos \alpha$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

$F_k$  - сила кюппа

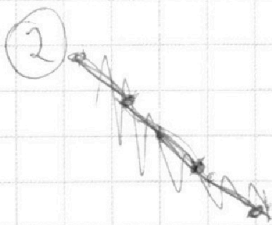
$$l - \text{длина} = \frac{a}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2} a$$

$$\cos 45^\circ = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

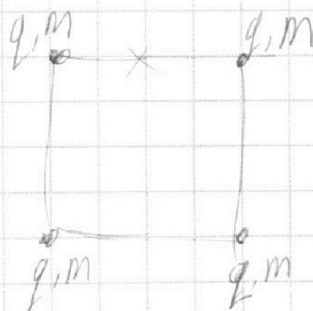
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$q^2 = \frac{T a^2}{k \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)}$$

$$q = a \sqrt{\frac{T}{k \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)}}$$



Касательная картинка:



ЗСЭ:

$$E_0 = E_k + k$$

↑  
всего энергии

Момент инерции энергии = 0

$$m \times v = 0$$

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"/>

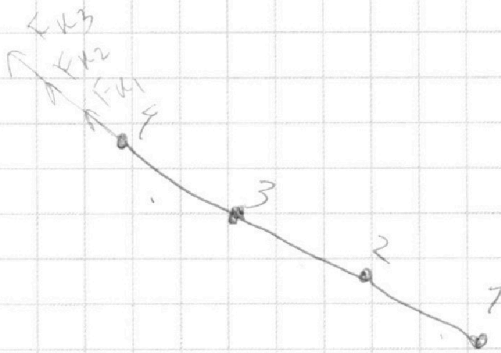
**МФТИ**

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



$E_0$  — потенциальная пот. энергия

$E_k$  — кинетическая пот. энергия.



Запишем ЗСЭ для 4 шарика:

$$E_0 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{kq^2}{a} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{2\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}} \right) =$$
$$= \frac{kq^2}{a} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{2} \right)$$

$$E_k = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{kq^2}{a} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) =$$
$$= \frac{kq^2}{a} \left( \frac{6 + 3 + 2}{6} \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{11}{6}$$

$$E_0 - E_k = K = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{2} - \frac{11}{6} \right)$$

③ Так как  $v_{начальная}$  каждого из шариков = 0, то, согласно

$$v_{ц.м.} = \frac{\sum m_i v_i}{\sum m_i} \quad \text{— скорость центра масс}$$

может равна 0

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!

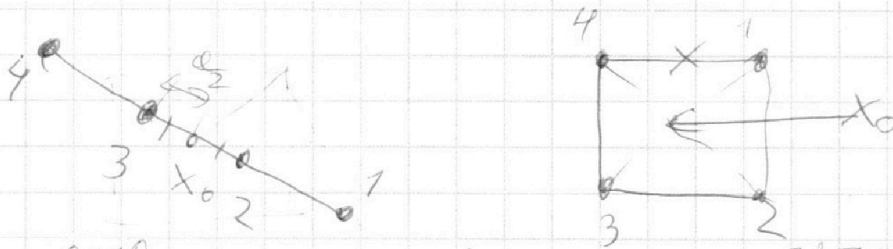


А еще, тк нет внешних сил, согласно теор.  
о движ. ц.м.  $A_{ц.м.} = 0$   $A_{ц.м.} = \frac{F_{внеш}}{\Sigma m_i}$

↓  
положение ц.м.  
всей системы  
не изменилось

Тк шарик лежит на одной прямой ⇒  
эта прямая проходит через  $x_0$ .

и тк все шарик одинаковые ⇒ картинка сим-  
метрична относ.  $x_0$ .



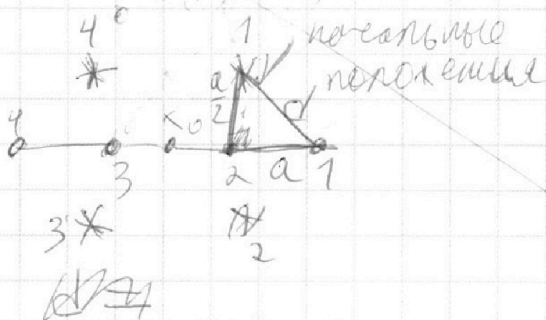
также возможно  
только  
если картинка сим-  
метрична

Рассмотрев шарик 1 и 4 как систему

видно, что их ц.м. находится  
только по вертикали

а их ц.м. находится шариков  
1 и 2 только по

и ц.м. всей системы  
шариков лежит на прямой,  
на которой есть  $x_0$





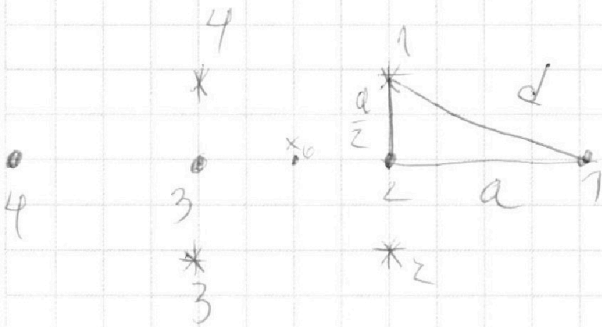
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>



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



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

$$d = a \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = a \sqrt{\frac{5}{4}}$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

$$Q_{31} + A_{31} = \frac{1}{2} R \Delta T \quad \Delta T = T_k - T_0 = T_1 - 4T_1 = -3T_1$$

$$-C 3T_1 + A_{31} = 1,5 R - 3T_1$$

$$-6T_1 R + A_{31} = 4,5 R T_1$$

$$A_{31} = 1,5 R T_1$$

$$\Delta T_{23} = T_3 - T_2 = -4T_1$$

$$Q_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} R \Delta T_{23}$$

$$0,5 R \Delta T + A_{23} = -6 R T_1$$

$$-2 R T_1 + A_{23} = -6 R T_1$$

$$A_{23} = -4 R T_1$$

$$\frac{25}{705}$$

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

$$18 \cdot 2831$$

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



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!

