

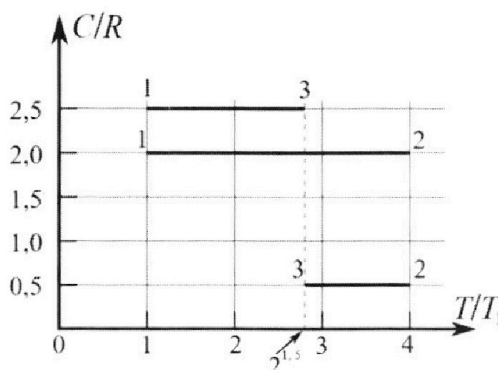
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

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



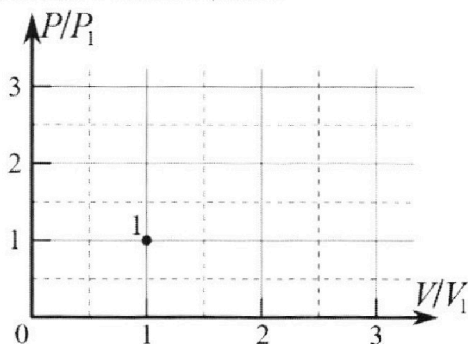
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_2$  газа в процессе 1-2.

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.



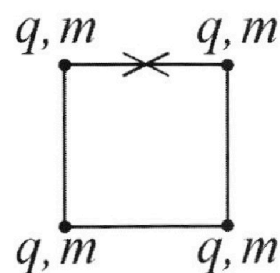
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость  $V$  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)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

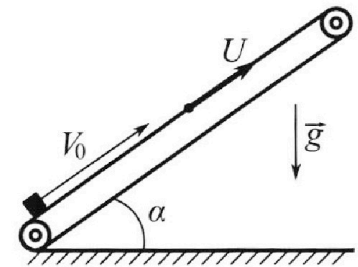
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

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

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

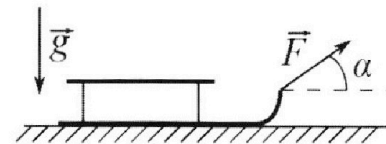
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости  $V_0$  за одинаковое время.

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 скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.



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

2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? 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!

Позволим  $5\text{ в } y(t)$  чтобы узнать высоту  $6\text{ м}$

или

$$y(s) = \frac{v_0 \sin \alpha s}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = \tan \alpha s - \frac{1}{\cos^2 \alpha} \cdot \left( \frac{g s^2}{2 v_0^2} \right)$$

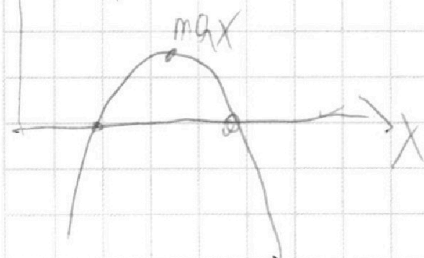
и  
высота  
пуля

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha \quad \tan \alpha s - (1 + \tan^2 \alpha) \cdot \left( \frac{g s^2}{2 v_0^2} \right) = H$$

пусть  $x$  — это  $\tan \alpha$  + нормализуем уравнение

$$20x - (x^2 + 1) \cdot 5 = H \quad \text{н.е. найдем и найдем max}$$

$f(x)$



$$f(x) = -5x^2 + 20x - 5$$

эта функция имеет max в точке

где производная равна 0

$$f'(x) = -10x + 20 = 0 \quad x = 2$$

$$\tan \alpha = 2 \quad \text{тогда } H = 20 \cdot 2 - (4 + 1) \cdot 5 = 15 \text{ м}$$

ответ. 1)  $20 \text{ м/с}$

2)  $15 \text{ м}$

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

**МФТИ**

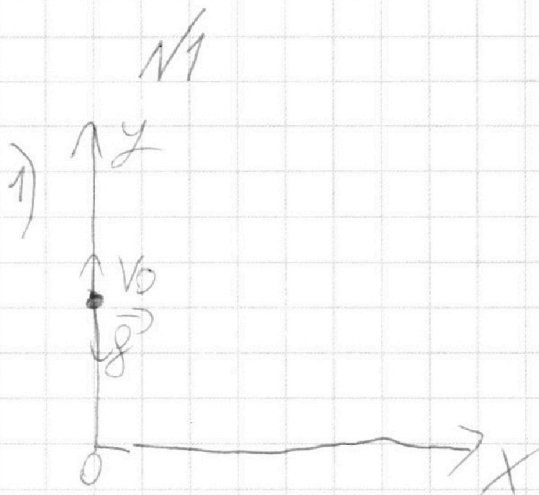
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано

$$T = 2\text{с}$$

$$S = 20\text{м}$$

$$g = 10\text{м/с}^2$$



$$y(t) = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad \text{высота}$$

$$V_y(t) = V_0 - gt$$

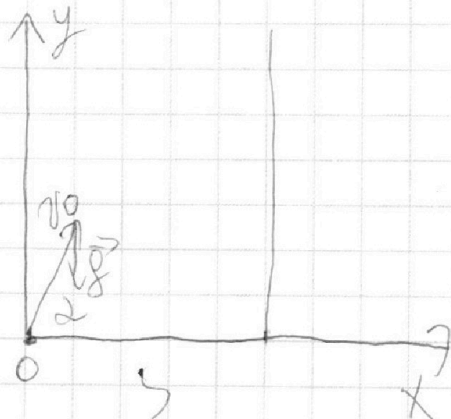
высоты  $V_y = 0$

$$V_0 = gT$$

$$V_0 = 20\text{м/с}$$

в полете достигаются max

Пусть  $x$  — путь к вершине по которой запускаем



$$y(t) = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$x(t) = V_0 \cos \alpha t$$

Пусть момент попадания  
времени  $t$

$$x(t) = S$$

$$V_0 \cos \alpha t = S \quad S = V_0 \cos \alpha t$$

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!

Дано

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$U = 24 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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

$$y: N - mg \cos \alpha = 0 \quad (\text{условие } a_y = 0)$$

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

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

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

$$x(t) = v_0 t + \frac{at^2}{2} = v_0 t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)t^2}{2}$$

По условию  $x = S$

$$v_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)T^2}{2} = S$$

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

$$4T - \frac{10}{2} \cdot \left(0,8 + \frac{0,6}{3}\right)T^2 = 24$$

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!

$$4T - 5T^2 = 1$$

$$5T^2 - 4T + 1 = 0$$

~~ДВА~~

$$T = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 20}}{10}$$

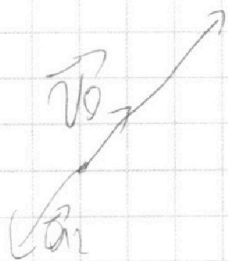
корней нет

пусть не будет го

решения

2) Заемщик, что Емр прямо направлена от х го тто  
на высоте, подя  $V_0$  от  $t_0$  го  $T$  во 2 пункте это  
мощ

$$a_z = a_{\text{прямая}} = -g(\cos \alpha + \sin \alpha) = -g$$



$$V(t) = V_0 - gt$$

$$V(\text{конечная}) = 0 \quad t = \frac{V_0}{g}$$

$$V_0 - g \frac{V_0}{g} = 0$$

$$\frac{V_0 - 0}{g} = 0,2 \text{ секунды}$$

по условию

$$x(\text{конечная}) = L$$

находим в  $x(t)$

$$V_0 t + \frac{a_z t^2}{2} = V_0 t - \frac{g t^2}{2} = 4 \cdot 0,2 - \frac{12 \cdot 0,04}{2} =$$

$$= 0,8 - \frac{0,4}{2} = 0,6 \text{ м}$$

$$L = 0,6 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

3) если наименьшим значением скорости после  
заминения скорости  $\leq 4$   
тогда эмпирически конвейер

$$V_{\text{min}} = (V_x - u) < 0 \Rightarrow \text{или трения отсутствует}$$

л. обьект X



Закон Ньютона

$$m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_{fr} + m\vec{g}$$

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

$$F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$$

$$x: ma_x = F_{fr} - mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_x = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -0,6g = -6 \text{ м/с}^2$$

$$\text{начало } v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$a_x = -6 \text{ м/с}^2$$

$$v(t) = v_0 + a_x t$$

Замандал - время движения  
max m e max H

$$x(t) = v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v(\text{зам}) = 0 \quad 2 - \frac{v_0}{a_x} = 0$$

зам =  $\frac{1}{3} \text{ с}$

заман  
ам мекта  $v \leq 4$

$$v = 4$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

$$s_{\text{ам}} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$\omega^2$

$$x(t) = \frac{2}{3} s_{\text{ам}} + \frac{a_{\text{ам}} t^2}{2} = \frac{2}{3} + \frac{6 \cdot}{8 \cdot 2} = \frac{2}{3} + \frac{2}{4} =$$

$$= \frac{2}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \text{ м}$$

$$\text{т.е. } L_{\text{конечн}} = L + x(s_{\text{ам}}) = 0,6 + \frac{1}{6} \text{ м} = \text{м}$$

$$H = L_{\text{конечн}} \cdot \omega^2 = 0,8 \cdot (0,6 + \frac{1}{6}) = 0,48 + \frac{0,8}{6} = \frac{48}{100} + \frac{8}{60} =$$

$$= \frac{288}{600} + \frac{80}{600} = \frac{368}{600} \text{ м} = 0,61 + \frac{8}{600} = 0,61 + \frac{2}{150} = 0,61 + \frac{2}{600} \text{ м}$$

Ответ:  $\frac{368}{600}$  м — не ~~нужно~~ округлять

1)  $0,6 \text{ м}$

2)  $\frac{368}{600} \text{ м} = 0,61 + \frac{2}{600} \text{ м}$



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!



N3



Напишем 2 закона Ньютона

для шарика в этом положении

$$\vec{N} + \vec{F}_m + \vec{F}_{mp} + \vec{F} = m\vec{a}_1$$

на x и y.

уточним что выразим

$$x: m a_x = F \cos \alpha - F_{mp}$$

$a_y = 0$  (тело не движется)

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

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

$$F_{mp} = \mu N$$

Закон Кулона-Ампера

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

$$a_x = \frac{F \cdot (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g}{m}$$

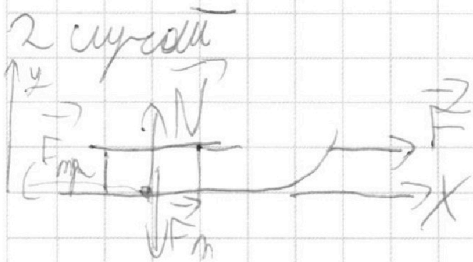
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Анализом найдем 2 точки  
Криволинейного движения

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_m + \vec{F}_{mp} = m\vec{a}$$

$$x: F - F_{mp} = ma_{2x} = ma_2 \quad (a_{2y} = 0)$$

$$y: N - F_m = 0$$

$$N = mg$$

$$F_{mp} = \mu N = \mu mg$$

$$x: F - \mu mg = ma_2$$

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

Заметим, что если в 1 и 2 случае  
формулы скорости  $v$  за

$$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} (\cos\alpha + \mu \sin\alpha) - \mu g \Rightarrow a_1 = a_2$$

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

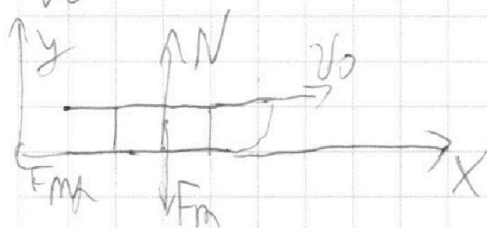


№3

$$N = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Положа начальную скорость камня вдоль оси  $Ox$

$v_0$



закон Ньютона

$$m \vec{a}_3 = \vec{N} + \vec{F}_n + \vec{F}_{mр}$$

$$y: N - F_m = 0 \text{ (мелко не учитывается)} \quad F_m = N = mg$$

$$x: m a_x = -F_{mр}$$

$$F_{mр} = N \sin \alpha = mg$$

$$a_3 = -\frac{mg}{m} = -ng$$

тогда

$$v(t) = v_0 + a_3 t = v_0 - ngt$$

в момент  $t = T$

$$v = 0 \Rightarrow v_0 - ngt = 0$$

$$T = \frac{v_0}{ng} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{ответ: } N = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)} \cdot \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

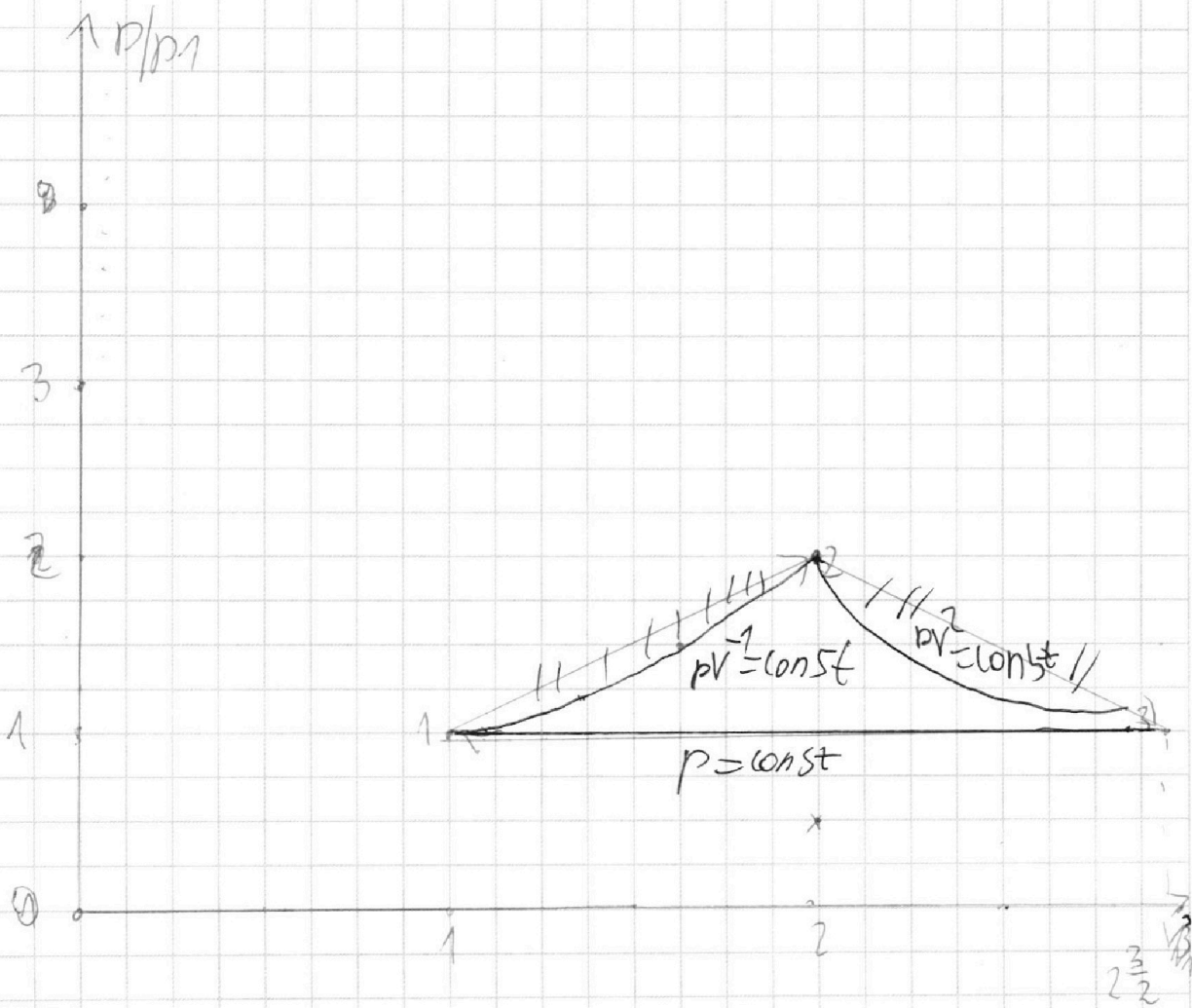
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!

⇒ процесс 2-3 идет по малой грани.

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

дана  
процесс 3-1

$$C_{\text{мол}} = \frac{3}{2} + \frac{1}{1 - \eta_{31}} \quad \frac{1}{1 - \eta_{31}} = 1 \quad \eta_{31} = 0$$

$V^{\gamma} p = \text{const}$  ~~используем малую грани~~ изобарный процесс

масса

найдем соотношение для  $p_1 V_1$  и  $p_2 V_2$

$$p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

найдем закон Менделеева-Клапейрона

$$\Rightarrow p_2 = \frac{1}{2} p_1$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \Rightarrow V_2 = V_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 2V_1$$

Заметим, что  $p_3 = p_1$  т.к. процесс изобарный.

найдем закон Менделеева-Клапейрона для точек 1 и 3

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

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

$$V_3 = 2^2 V_1$$

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!



$$2) \eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{г}}} = 1 - \frac{Q_{-}}{Q_{\text{г}}}$$

$Q_{\text{г}}$  — теплота, потребляемая в процессе 1-2 М

$Q_{-}$  — теплота, выделяемая в процессе 2-3 и 3-1 ( $\Delta T > 0$  и  $\Delta T < 0$ )

$$Q_{\text{г}} = \sqrt{(T_2 - T_1)} \cdot 2R = 3\sqrt{2} \cdot T_1 \cdot 2R$$

$$Q_{-} = |Q_{31}| + |Q_{23}| = 2,5R(T_3 - T_1)\sqrt{2} + \sqrt{0,5}R(T_2 - T_3) =$$

$$= 2,5R \cdot T_1 \sqrt{(2^{\frac{3}{2}} - 1)} + \sqrt{0,5}R \cdot (4T_1 - 2^{\frac{3}{2}})T_1$$

$$\eta = 1 - \frac{2,5R T_1 \sqrt{(2^{\frac{3}{2}} - 1)} + \sqrt{0,5}R \cdot (4 - 2^{\frac{3}{2}})T_1}{3\sqrt{2} T_1 \cdot 2R} =$$

$$= 1 - \frac{2,5 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 7,5 + 4 - 2^{\frac{3}{2}}}{6} =$$

$$1 - \frac{5}{2} \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 0,5 - \frac{2^{\frac{3}{2}}}{2} = 1 - \frac{5\sqrt{2} - 0,5 - \sqrt{2}}{6} = \sqrt{1 + \frac{1}{3} - \frac{2\sqrt{2}}{3}}$$

$$= \frac{4 - 2\sqrt{2}}{3} \quad \eta = \frac{4 - 2\sqrt{2}}{3}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

$$C = \frac{pdV R}{Vdp + pdV} + \frac{3}{2} R = C_V$$

Заметим, что  $\gamma_{12}, \gamma_{13}, \gamma_{23} = \text{const} \Rightarrow$  процесс изохорный.

$$pV^\gamma = \text{const} \quad \text{или процесс 1-2} \quad \text{или constant}$$

$$p(V) = \frac{C}{V^\gamma} \quad pdV = \frac{C}{V^\gamma} dV$$

$$Vdp = -\gamma V^{-\gamma-1} C dV = -\frac{\gamma C}{V^\gamma} dV$$

$$C = \frac{\frac{C}{V^\gamma} dV R}{\frac{\gamma C}{V^\gamma} dV + \frac{C}{V^\gamma} dV} + \frac{3}{2} R = R \cdot \left( \frac{3}{2} + \frac{1}{\gamma - 1} \right)$$

$$\frac{C}{R} = \frac{3}{2} + \frac{1}{\gamma - 1}$$

$$\frac{C_{12}}{R} = 2 = \frac{3}{2} + \frac{1}{\gamma_{12} - 1} \Rightarrow \frac{1}{\gamma_{12} - 1} = 0,5 \quad \gamma_{12} = 2$$

$$pV^\gamma = \text{const} \quad \text{1 процесс: } pV^{-1} = \text{const}$$

$$\frac{C_{23}}{R} = 0,5 = \frac{3}{2} + \frac{1}{\gamma_{23} - 1} \quad \frac{1}{\gamma_{23} - 1} = -1 \Rightarrow \gamma_{23} = 2$$

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!



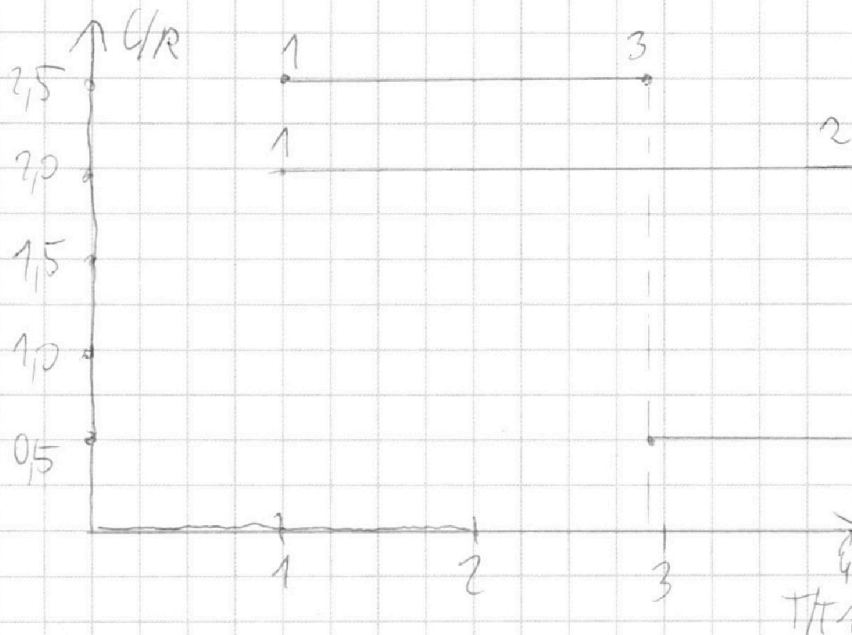
Дано

$$t_1 = 400 \text{ К}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж}$$

$$U = 1 \text{ вольт}$$

нч



Из графика

$$T_2 = 4T_1$$

$$T_3 = T_1 \cdot 2^{\frac{3}{2}}$$

1) 2 Калоа температурных

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = 1,5 t_1 R =$$

$$= 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$$

$$Q_{12} = \int_{T_1}^{T_2} C dT = \int_{T_1}^{T_2} \frac{3}{2} R dT = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) \cdot \nu$$

$\nu$  — количество степеней свободы

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu \cdot \Delta T R = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) \nu$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \nu R (T_2 - T_1) \cdot \left(2 - \frac{3}{2}\right) = 3T_1 \cdot 0,5 \nu R = 1,5 t_1 R$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

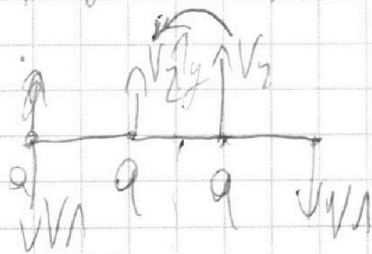
МФТИ

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

2) Заметим, что в момент когда ва и заряды  
выстрелили в 1 минуту их скорости  
на об против на которой они летят  
(т.к. иначе шло бы разминание, что невозможно  
отсюда об не летит)

также заметим из сохранения энергии то заметим,  
что из сохранения импульса от у скорости зарядов  
равны и противоположны  $\Rightarrow V_1 = 0$

тогда импульс от у)



Заметим, что центр масс не  
изменяется  $\Rightarrow \sum \vec{p} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_1 = V_2$$

как же выполняется закон сохранения энергии если  
масса шара отрицательна)

$$W_{k1} + W_{k2} = W_{k3} + W_{k4}$$

$$W_{k2} = \frac{4mV^2}{2}$$

$$W_{k1} = \frac{4ka^2}{b} + 2 \frac{ka^2}{\sqrt{2}b}$$

$$W_{k3} = \frac{3ka^2}{b} + \frac{2ka^2}{2b} + \frac{ka^2}{3b}$$

$$W_{k4} = 0 \text{ (заряды в конце покоились)}$$

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!

$$W_{\text{длина } 1} = W_{\text{длина } 2}$$

$$\frac{4ka^2}{b} + \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{ka^2}{b} = 2mV_1^2 + \frac{3ka^2}{b} + \frac{2ka^2}{2b} + \frac{ka^2}{3b}$$

$$2mV_1^2 = \frac{ka^2}{b} \left( \frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)$$

$$V_1^2 = \frac{ka^2}{mb} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{6} \right)$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{ka^2}{m} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{6} \right)} = q \sqrt{\frac{k}{mb} \left( \frac{6 - \sqrt{2}}{6\sqrt{2}} \right)}$$

$$\text{Энергия: } T = \frac{ka^2}{b^2} \left( 2 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

$$2) V = q \sqrt{\frac{k(6 - \sqrt{2})}{mb \cdot 6\sqrt{2}}}$$

$$3) \frac{\sqrt{5}}{2} b \Rightarrow d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

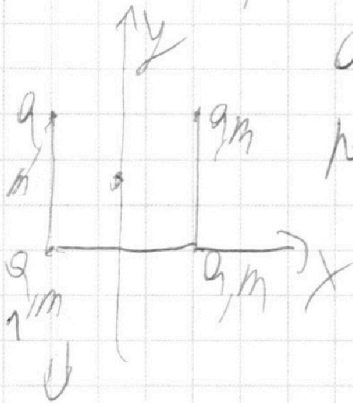


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



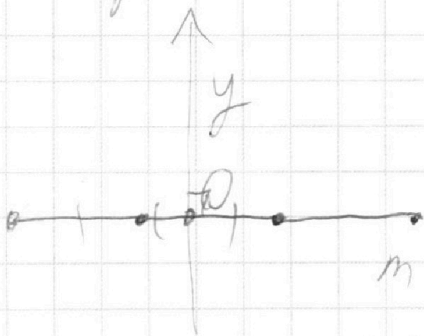
как центр масс в процессе движения относительно центра масс

также заметим, что картина движения относительно центра масс



или  $y \Rightarrow$  в процессе движения  
положение зарядов будет изменяться  
относительно  $y$ .

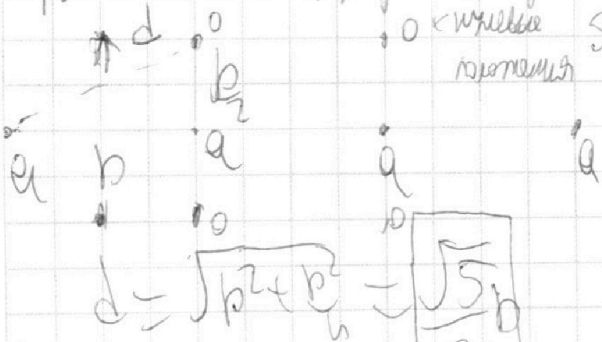
в момент когда они будут лежать на 1 прямой это будет  
выглядеть так



и их центр масс будет в точке  
O, в центральном квадрате  
он лежит в центре квадрата



положение зарядов будет так относительно центра масс



Самостоятельно вправо они движутся так как

имеет геометрия (деятельно вправо)

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

2) заметим, что вращение происходит с угловой скоростью  $\omega$  и радиусом  $r$ . Тогда для  $x$  (или  $y$ ) имеем  $x = r \cos(\omega t)$  и  $y = r \sin(\omega t)$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

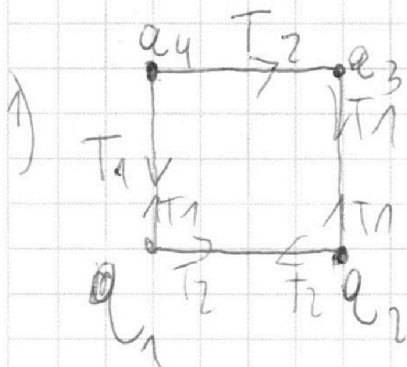
1  2  3  4  5  6  7



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

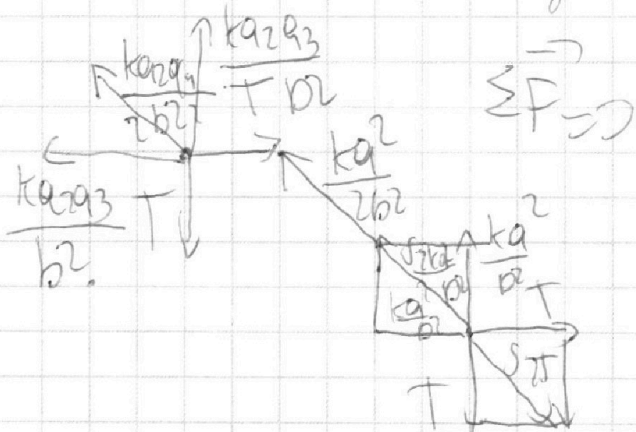


15



$T_1 = T_2$  из соображений симметрии

Самостоятельно выведем заряды в этом состоянии.



$$\sum F = \left( \frac{kx^2}{2bx} + \frac{kx_2^2}{bx} \right) - T = 0$$

$$T = \frac{kx^2}{bx} \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right) = \frac{kx^2}{bx} \left( \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \right)$$

3) Запомним, что ко всем зарядам в равновесии центр координат (или пружинная \$F\_m\$) \$\Rightarrow\$ по формуле о центре