



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

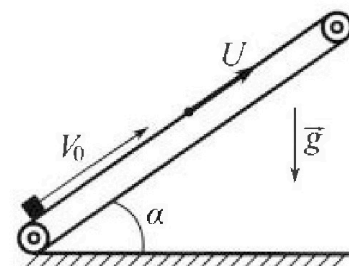
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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/с². 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 α 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?

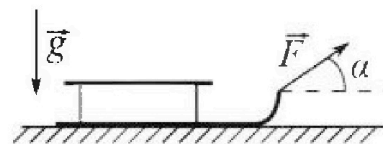
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 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/с². 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 α 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 μ 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.

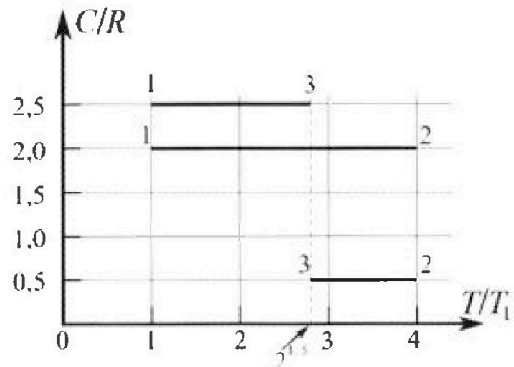
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



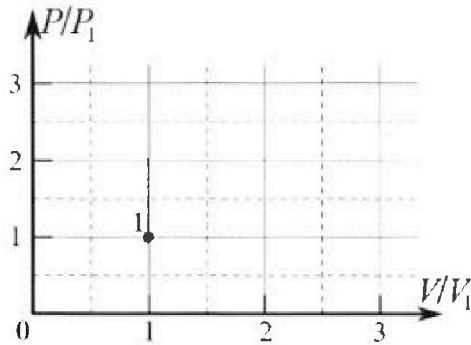
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



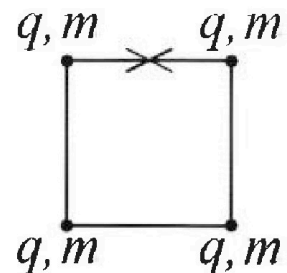
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η 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 сверху (на рисунке)?

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

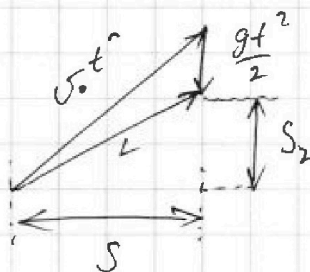
МФТИ

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



- 1) Высота S , на которую поднимется мяч:
- $$S = \frac{gt^2}{2} = 20(\text{м}) \quad (\text{время подъема} = \text{времени спуска, в наивысшей точке траектории } v=0)$$
- Также $S = \frac{v_0^2}{2g}$; $v_0 = \sqrt{2gS} = 20(\text{м/с})$

- 2) Нарисуем треугольник перемещений



S_2 - высота, на которой мяч врежется в стену.

По теореме Пифагора:

$$\frac{gt^2}{2} + S_2 = \sqrt{v_0^2 t^2 - S^2}$$

$$\frac{g^2 t^4}{4} + gt^2 S_2 + S_2^2 = v_0^2 t^2 - S^2$$

~~$$S_2^2 + gt^2 S_2 + \frac{g^2 t^4}{4} + S^2 - v_0^2 t^2 = 0$$~~

~~$$S_2 = \frac{-gt^2 \pm \sqrt{g^2 t^4 - 4(\frac{g^2 t^4}{4} + S^2 - v_0^2 t^2)}}{2}$$~~

~~$$S_2 = \frac{-gt^2 \pm 2\sqrt{v_0^2 t^2 - S^2}}{2}$$~~

$$S_2 \text{ max} \Rightarrow S_2 = \frac{-gt^2}{2} + \sqrt{v_0^2 t^2 - S^2}$$

$$S_2'(t) = -gt + \frac{1}{2} \cdot \frac{2v_0^2 t}{\sqrt{v_0^2 t^2 - S^2}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{v_0^2 t^2 - S^2}} \cdot 2v_0^2 t$$

$$S_2 \text{ max}, \Rightarrow S_2' = 0$$

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!

$$gt = \frac{v_0^2 t}{\sqrt{v_0^2 t^2 - S^2}}$$

$$v_0^2 t^2 - S^2 = \frac{v_0^4}{g^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{\frac{v_0^4}{g^2} + S^2}{v_0^2}} = \sqrt{5} \text{ (с)}$$

$$S_{2\max} = \sqrt{v_0^2 t^2 - S^2} - \frac{gt^2}{2} = 15 \text{ (м)}$$

Ответ: $v_0 = 20 \text{ м/с}$; $S_{2\max} = 15 \text{ м}$.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

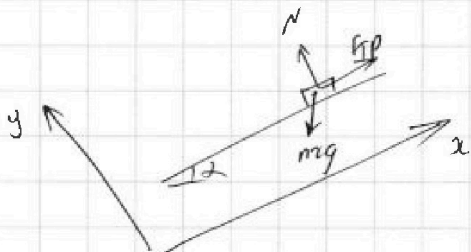
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input 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!

Силы на коробку в наивысшей точке:



$$F_{\text{тр}} = N \cdot \mu$$

$$N = mg \cdot \cos \alpha \quad (\text{в 3-м направлении } O_y)$$

$$ma = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \quad (\text{в 3-м направлении } O_x)$$

$$a_2 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 6 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

S_1 до наивысшей точки:

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ (м)}$$

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = S_1 \quad t_1 = \sqrt{\frac{2S_1}{a_1}} = 0,4 \text{ (с)} \quad \text{— время подъема}$$

$$S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ (м)}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{0,4}{6}} = \sqrt{\frac{1}{30}} = \sqrt{\frac{1}{75}} \text{ (с)}$$

$$\text{Ответ: } T = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{75}} \text{ (с)}$$

2) Скорость коробки будет равна 2 м/с, когда она окажется в 10 клетках и будет двигаться вместе с ней. В 10 клетках на коробку действуют те же силы, что и в первом случае. Тогда в 10 клетках ситуация повторяется первой, за счет коробки выстраивая на (т.е. клетка движется без ускорения)

$$v_{2x} = v_0 - u = 2 \text{ (м/с)} \quad \text{— скорость коробки в 10 клетках}$$

$$S_{1x} = \frac{v_{2x}^2}{2a_1} = 0,2 \text{ (м)} \quad \text{— перемещение в 10 клетках}$$

$$t_{1x} = \sqrt{\frac{2S_{1x}}{a_1}} = 0,2 \text{ (с)} \quad \text{— время перемещение}$$

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"/>

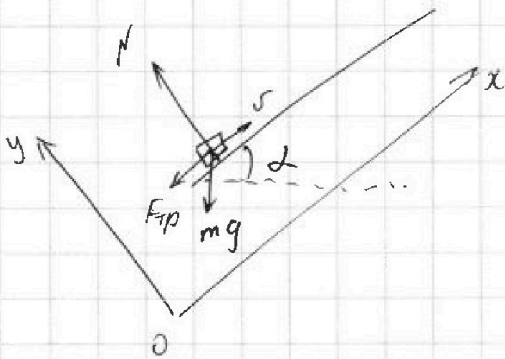
МФТИ

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



№2

1) Сила на веревку:



Запишем II 3-н Ньютона для веревки: (Ox)

$$F_{\text{тр}} + mg \cdot \sin \alpha = ma \quad (\text{I})$$

II 3-н Ньютона (Oy):

$$N - mg \cdot \cos \alpha = 0 \quad (\text{II})$$

$$F_{\text{тр}} = N \cdot \mu \quad (\text{III})$$

Из I, II, и III:

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

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

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

$$a = 10 \left(0,8 + \frac{6}{10} \cdot \frac{1}{3} \right) = 10 \text{ м/с}^2 \quad \text{! направлено против гравитации веревки!}$$

$$a = a_1$$

~~$$S_1 = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 1 \text{ (м)}$$~~

~~$$t^2 - \frac{2v_0 t}{g} + \frac{2S}{g} = 0$$~~

~~$$t_{1,2} = \frac{2v_0}{g} \pm \sqrt{\frac{4v_0^2}{g^2} - \frac{8S}{g}}$$~~

~~Вывод: $D < 0 \Rightarrow$ веревка не прыгнет 1 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!



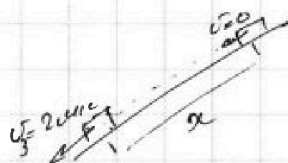
$$\text{За } t_{12} \text{ лента сместится на } t_{12} \cdot u = 0,4(\text{м}) = S_{2x}$$

$$\text{Ответ: } L = S_{2x} + S_{1x} = 0,6(\text{м})$$

3) $v_{\text{коробки}} = 0$, в 10 линии $v_{\text{коробки}} = 2(\text{м/с})$ направлена
против движения ленты.

В 10 линии коробка поднимется в Δx от старта, остановит
ся и поедет назад. Когда коробка опускается в 10 линии,
шляпа на ней тоже же, как и в I опыте, \Rightarrow

В 10 линии:



$$x = \frac{v_3^2}{2a_2} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}(\text{м})$$

$$t_3 = \sqrt{\frac{2x}{a_2}} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{6}} = \frac{1}{3}(\text{с})$$

В 10 линии коробка проедет от старта до v_3
 $3a t_3 = 0,2 + \frac{1}{3} = \frac{2}{4} \cdot \frac{1}{5} + \frac{1}{3} = \frac{8}{15}(\text{с})$

$$L_2 - \text{перемещение в 10 линии} = 0,2 - \frac{1}{3} = \frac{1}{5} - \frac{1}{3} = -\frac{2}{15}(\text{м})$$

L_3 за t_3 лента поднимет сместится на $u \cdot t_3 = \frac{16}{15}(\text{м})$

$$\text{Коробка сместится в 10 линии на } L_2 + L_3 = \frac{14}{15}(\text{м}) = L_4$$

$$\text{Ответ: } H = L_4 \cdot \sin \alpha = \frac{14}{15} \cdot \frac{8}{10} = \frac{56}{75}(\text{м})$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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. Печка QR-кода недопустима!

Уч IV и V:

$$F - \mu mg = ma_2$$

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

По условию за Δt одинак. + скорости набератом одинаково $\Delta v \Rightarrow a_1 = a_2$

$$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{F \cos \alpha}{m} - \mu g + \mu \frac{F \sin \alpha}{m}$$

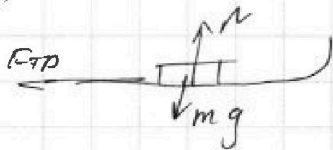
~~$$\mu \frac{F \sin \alpha}{m} = \frac{F}{m} (1 - \cos \alpha)$$~~

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

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

~~$$a = \frac{F}{m} - \frac{F(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} g$$~~

2) Сила на канале:



~~$$ma = F_{TP} = N \cdot \mu = mg \mu$$~~

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

$$v_0 = aT$$

Отсюда: $T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

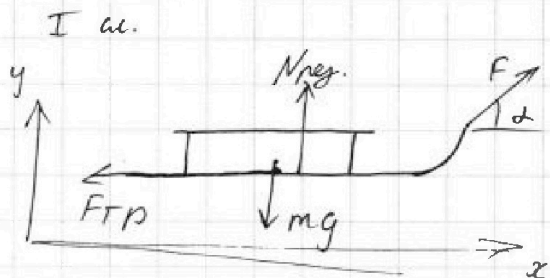
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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



$N_{тр}$ - результирующая
сила реакции поверхности
на санки

II 3-й закон Ньютона на санки:

$$Ox: F \cdot \cos \alpha - F_{тр} = ma \quad (I)$$

$$F_{тр} = N_{тр} \cdot \mu$$

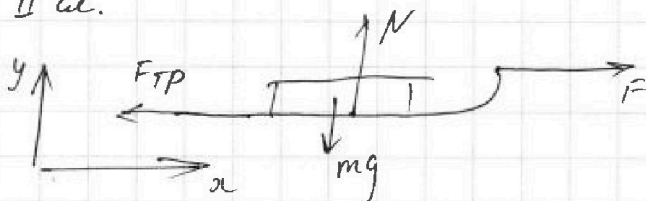
$$Oy: mg - F \sin \alpha - N_{тр} = 0 \quad (II)$$

из (I) и (II):

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

$$a = \frac{F \cos \alpha}{m} - \mu g + \mu \frac{F \sin \alpha}{m} = a_1 \quad (III)$$

II ш.



II 3-й закон Ньютона

$$Ox: F - F_{тр} = m a_2 \quad (IV)$$

$$F_{тр} = N \cdot \mu$$

$$Oy: N - mg = 0 \quad (V)$$

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

$$dQ = C \cdot dT$$

$$\text{Уг} \text{ процесс } Q_{12} = 2R \cdot 3T_1 = 6T_1R$$

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

$$Q_{31} = -2,5R \cdot (2^{\frac{3}{2}} - 1)T_1 = -2,5RT_1(2^{\frac{3}{2}} - 1)$$

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U_{12} = \cancel{2T_1 - T_1} \cdot 2R \cdot \frac{3}{2} \quad 3T_1 \cdot 2R \cdot \frac{3}{2} \quad (\text{уг} \text{ процесс} \Rightarrow \nu = 3)$$

$$A_{12} = \Delta Q_{12} - \Delta U_{12} = 6T_1R - \frac{9}{2}T_1R = \frac{3}{2}T_1R = 600 \cdot 8,31$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$A = 4986 \text{ (Дж)} - \text{Ответ.}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{полн}}}{Q_+} \quad Q_+ = Q_{12}$$

$$A_{\text{полн}} = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$A_{23} = \Delta Q_{23} - \Delta U_{23} = -RT_1(2 - \sqrt{2}) - \frac{3}{2}R(T_3 - T_2) =$$
$$= -RT_1 \left(2 - \sqrt{2} + \frac{3}{2}(2^{\frac{3}{2}} - 2^2) \right) =$$

$$A_{31} = \Delta Q_{31} - \Delta U_{31} = RT_1(-2,5(2^{\frac{3}{2}} - 1) - (T_1 - 2^{\frac{3}{2}}T_1))$$

$$A_{\text{полн}} = A_{23} + A_{31} + A_{12} = T_1R \left(\frac{3}{2} - 2 + \sqrt{2} - \frac{3}{2} \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 6 - 2,5 \cdot 2^{\frac{3}{2}} + \right.$$
$$\left. + 2,5 - 1 + 2^{\frac{3}{2}} \right) = T_1R (1,5 + 2,5 + 3 + \sqrt{2} - 3\sqrt{2} - 1,5 \cdot 2^{\frac{3}{2}}) =$$
$$= T_1R \cdot (7 - 2\sqrt{2} - 1,5 \cdot 2^{\frac{3}{2}})$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

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!



$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \cdot e^{\frac{\frac{5}{2}R - C}{C - \frac{3}{2}R}}$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2 \quad P_1 V_1 = \nu R T_1$$

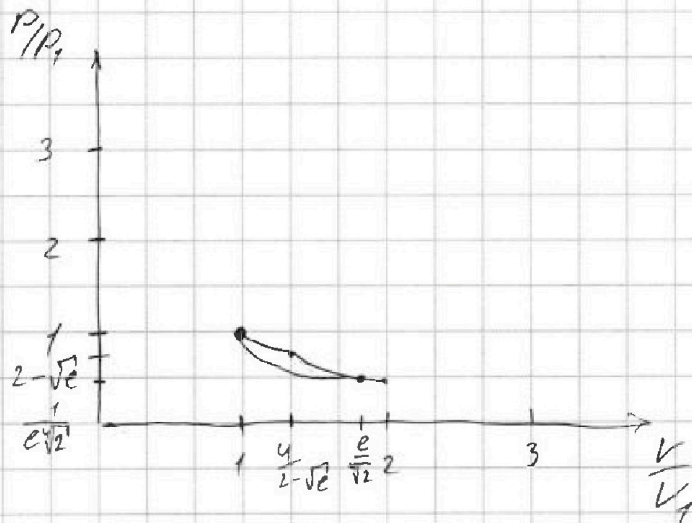
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\nu R T_2}{\cancel{P_2 V_2}} \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2} \cdot e^{\frac{\frac{5}{2}R - C}{C - \frac{3}{2}R}}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \cdot \sqrt{e^{\frac{\frac{5}{2}R - C}{C - \frac{3}{2}R}}} = 2 - \sqrt{e^{\frac{0,5R}{0,5R}}} = 2 - \sqrt{e}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_2} = \frac{4}{2 - \sqrt{e}}$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \sqrt{\frac{T_3}{T_2}} \cdot \sqrt{e^{\frac{2R}{-2R}}} = \sqrt{\frac{2^{\frac{3}{2}}}{4}} \cdot e^{-1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{e}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{P_2}{P_3} = \frac{2^{\frac{3}{2}}}{2^2} \cdot e \cdot \sqrt{2} = e \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = e \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{e}{\sqrt{2}}$$



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 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!

$$\text{Ответ: } \eta = \left(\frac{7 - 2\sqrt{2} - 3\sqrt{2}}{6} \right) = \left(\frac{7 - 5\sqrt{2}}{6} \right)$$

3) 3-й мензурная квантизация:

$$V T_1 \cdot P_1 V_1 = R T_1$$

$C = \text{const} \Rightarrow$ процесс политропический

$$V T_2 \cdot P_2 V_2 = R T_2$$

$$P_3 V_3 = R T_3$$

$$A_{12} = \int P dV$$

$$PV = \gamma RT$$

$$(P+dP)(V+dV) = \gamma R(T+dT)$$

$$P dV + V dP = \gamma R dT$$

$$\frac{dQ}{dT} = C = \frac{dA + dU}{dT} = \frac{3}{2} R \frac{dT}{dT} + \frac{P dV}{dT}$$

$$\frac{P dV}{dT} = C - \frac{3}{2} R$$

$$\frac{P dV}{P dV + V dP} = \frac{C - \frac{3}{2} R}{R}$$

$$1 + \frac{V dP}{P dV} = \frac{R}{C - \frac{3}{2} R}$$

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} \left(\frac{R - C + \frac{3}{2} R}{C - \frac{3}{2} R} \right)$$

$$\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \frac{5}{2} R - C \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

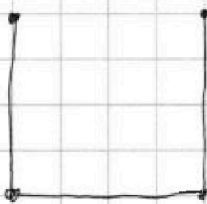
МФТИ

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

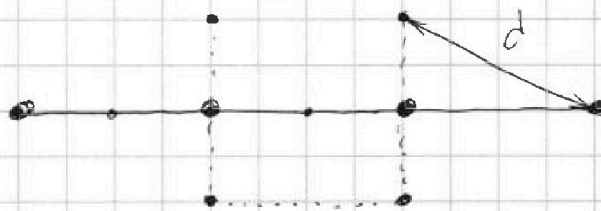
$$v_1 = \sqrt{\frac{3\sqrt{2}-1}{6}} \frac{q^2 k}{mb}$$

3) П.к. внешняя сила нет, центр масс системы
непогружен =>

в начале



в конце



$$d = b \cdot \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{5}{2}} b = \frac{\sqrt{5}}{2} b$$

Ответ: $T = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \left(\frac{4+\sqrt{2}}{4}\right)$; $v = \sqrt{\frac{3\sqrt{2}-1}{6}} \frac{q^2 k}{mb}$,

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

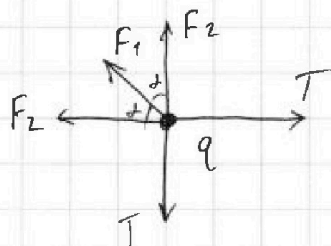
МФТИ

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



на картинке у зарядов действуют 3 остальных.

Рассмотрим силы на + заряд, в силу симметрии на остальных зарядах будут действовать те же силы (по направлению направленные) и силы натяжения нитей равны.



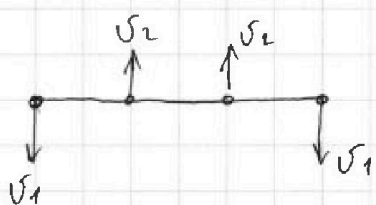
$$F_2 = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_1 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

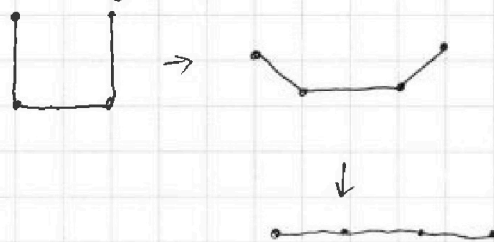
система в равновесии \Rightarrow

$$\Rightarrow T = F_2 + F_1 \cdot \cos\theta = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{(4 + \sqrt{2})}{4}$$

2) В силу симметрии и неразрывности нити, скорости шаров, когда они на одной нити



стадии движения:



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!

МФТИ



ЗСЦ где системы $2m\vec{v}_2 - 2m\vec{v}_1 = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_1 = v_2$$

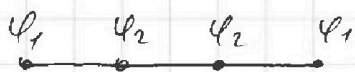
ЗСЦ

$$W_{\pi 1} \text{ в начале} = 4 \left(\frac{q\varphi_2}{2} \right)$$

$$\varphi_2 = \frac{2kq}{b} + \frac{kq}{\sqrt{2}b} \quad (\text{сумма потенциалов точечных источников})$$

$$W_{\pi 1} = 2 \cdot \frac{q^2 k}{b} \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{q^2 k}{b} \cdot (4 + \sqrt{2})$$

$W_{\pi 2}$, когда все заряды на линии



$$\varphi_1 = \frac{kq}{b} + \frac{kq}{2b} + \frac{kq}{3b}$$

$$\varphi_2 = \frac{2kq}{b} + \frac{kq}{2b}$$

$$W_{\pi 2} = \left(\frac{\varphi_1 q}{2} \right) \cdot 2 + \left(\frac{\varphi_2 q}{2} \right) \cdot 2 = q(\varphi_1 + \varphi_2) = \frac{kq^2}{b} \cdot \left(2 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{3} \right)$$

$$= \frac{kq^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3} \right) = \frac{13}{3} \frac{kq^2}{b}$$

W_k - кинет. энергия в конце: $\frac{4mv_1^2}{2}$

ЗСЭ: $W_{\pi 1} = W_k + W_{\pi 2}$

$$\frac{q^2 k}{b} \cdot (4 + \sqrt{2}) = 2mv_1^2 + \frac{13}{3} \frac{kq^2}{b}$$

$$v_1^2 = \frac{q^2 k}{mb} \left(\frac{12 + 3\sqrt{2} - 13}{6} \right) = \left(\frac{3\sqrt{2} - 1}{6} \right) \frac{q^2 k}{mb}$$