



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.

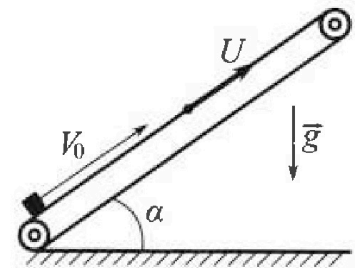
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

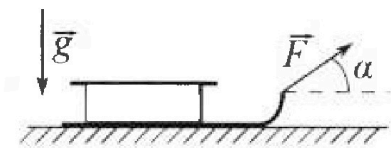
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

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.

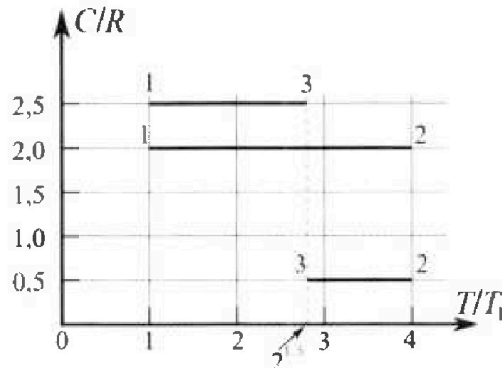
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



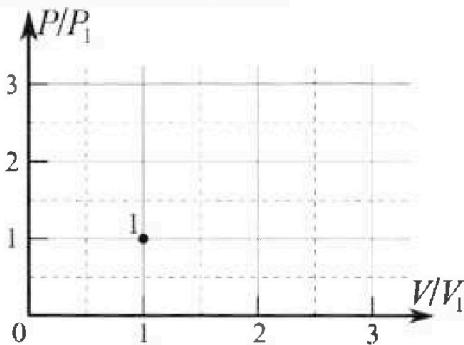
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



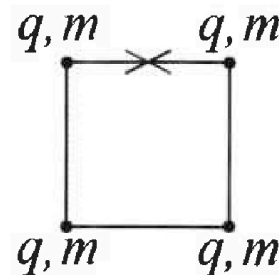
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.

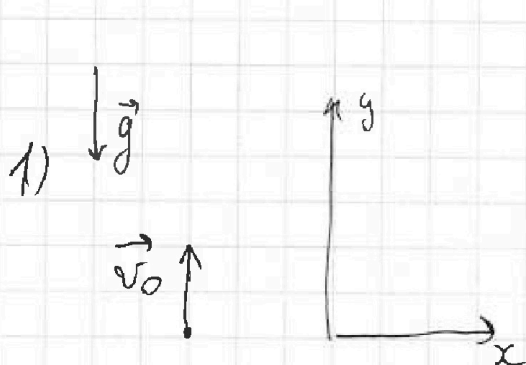
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

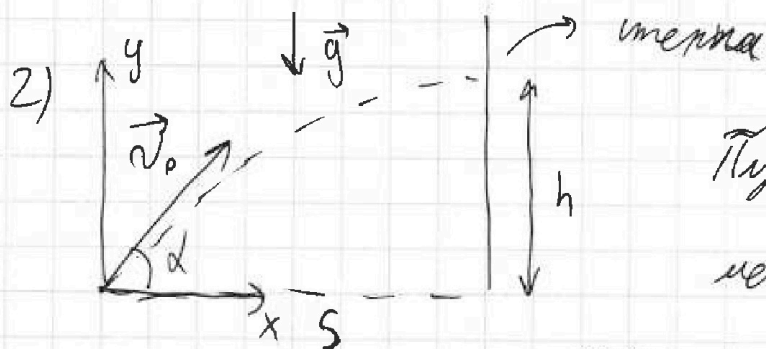
Пусть t - время,
прошедшее с начала
полёта, тогда:

$$v_y = v_0 - gt \text{ - вертикальная скорость мяча}$$

В момент времени t , тогда в момент,
когда высота мяча максимальна, $v_y = 0$:

$$0 = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{с} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;



Пусть d - угол
между начальной
скоростью мяча и
горизонтом, тогда координаты мяча x и y ,
через время t после начала полёта:

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!

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}, \quad x = v_0 \cos \alpha t;$$

Пусть в момент времени t_0 , мяч ударится

о стенку, тогда: $S = v_0 \cos \alpha t_0 \Rightarrow$

$$\text{Высота удара: } h = v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{gt_0^2}{2} =$$

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

$$= S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\tan^2 \alpha + 1) =$$

$$= -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}, \quad \text{заметим, что}$$

График

$\downarrow h(\tan \alpha)$ — парабола ветвями вниз, но есть

максимум h , достигается в вершине, т.е.

$$\text{при } \tan \alpha = -\frac{S}{2 \cdot \frac{gS^2}{2v_0^2}} = \frac{v_0^2}{gS}, \quad \text{откуда}$$

максимальная высота: h

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!

$$h_{\max} = -\frac{gs^2}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha_0 + s \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{gs^2}{2v_0^2} =$$

$$= -\frac{gs^2}{2v_0^2} \frac{v_0^4}{g^2 s^2} + s \frac{v_0^2}{gs} - \frac{gs^2}{2v_0^2} =$$

$$= -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gs^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{gs^2}{2v_0^2} =$$

$$= \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 400 \text{ м}^2}{2 \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 20 \text{ м} - 5 \text{ м} = 15 \text{ м};$$

Ответ: $h_{\max} = 15 \text{ м};$

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!



3) П.к. после того, как скорость коробки сравняется со скоростью ленты, на него перестанет ^{действовать} ~~составляющая~~

~~трения, запишем закон сохранения энергии~~

с учетом этого сила трения начнет ^{действовать} ~~действовать~~ против движения коробки; Всегда из этого

запишем закон сохранения энергии: ^{остановки в ИСО} ~~лента~~

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \mu mg \cos \alpha L - \mu mg \cos \alpha \left(\frac{H}{\sin \alpha} - L \right)$$

$$= mgH + 2\mu mg \cos \alpha L - \mu mg \frac{H}{\sin \alpha} \Rightarrow$$

$$\text{Ответ: } H = \frac{\frac{v_0^2}{2} - 2\mu g \cos \alpha L}{g \left(1 - \frac{\mu}{\sin \alpha} \right)} = \frac{v_0^2 - 4\mu g \cos \alpha L}{2g \left(1 - \frac{1/3}{4/5} \right)} =$$

$$= \frac{16 \frac{m^2}{c^2} - 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{3}{5} \cdot 0,6 m}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \left(1 - \frac{1}{4} \right)}$$

$$= \frac{16 \frac{m^2}{c^2} - \frac{24}{5} \frac{m^2}{c^2}}{\frac{3}{4} \cdot 20 \frac{m}{c^2}} = \frac{16}{15} m - \frac{8}{25} m = \frac{16 \cdot 25 - 8 \cdot 15}{15 \cdot 25} m = \frac{56}{75} m ;$$

80
24
56
16.5 = 80 ; 8.3 = 24 ; 3.25 = 7.5

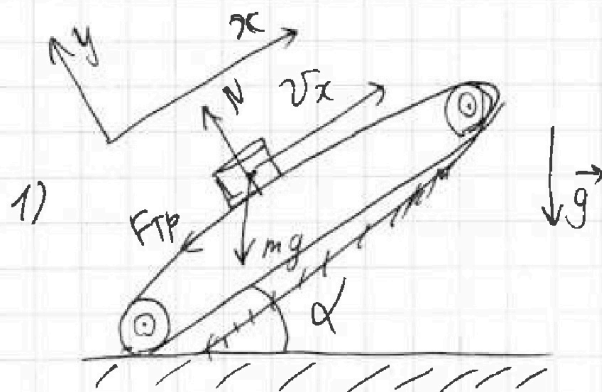
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



N2

Пусть ~~масса~~ ^{коробка} имеет
массу m ;

На него действуют

3 силы - сила тяжести mg , сила нормальной
реакции опоры N и сила трения $F_{тр}$;

Пусть ускорение и скорость коробки в

проекции на ось Ox равны a_x и v_x соответственно;

Тогда запишем Второй закон Ньютона для коробки

в проекции на оси Ox и Oy :

$$Ox: ma_x = -F_{тр} - mg \sin \alpha;$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha,$$

т.к. коробка движется $F_{тр} = \mu N$, откуда:

$$ma_x = -\mu N - mg \sin \alpha = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = \text{const}$$

Тогда: Закон движения ~~масса~~ ^{коробки} по оси Ox через

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

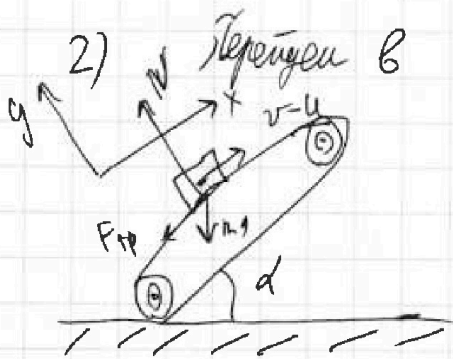
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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

$$\text{Ответ: } T = t_0 + \sqrt{\frac{10(S-x_0)}{3g}} = \frac{4\frac{4}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{4}{c^2}} + \sqrt{\frac{10(14 - \frac{16 \frac{4^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{4}{c^2}})}{3 \cdot 10 \frac{4}{c^2}}}$$

$$= 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{1-0,8}{3}} \text{ с} = 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с};$$



2) Перейдем в ИСО кинематическая:

Возьмем, когда скорость
коробки ИСО составит U ,

в касной ИСО, коробка

~~на неё не останется покоя~~

остановится, т.е. применим закон сохранения

энергии с учетом работы сил трения:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgL \sin \alpha + \frac{mu^2}{2} + \mu mg \cos \alpha L$$

$$\Rightarrow \text{Ответ: } L = \frac{\frac{v_0^2}{2} - \frac{u^2}{2}}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{16 \frac{4^2}{c^2} - 4 \frac{4^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{4}{c^2} \left(0,8 + \frac{1}{3} \frac{3}{5}\right)} =$$

$$= \frac{12 \frac{4^2}{c^2}}{20 \frac{4}{c}} = 0,6 \text{ м};$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

$x = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$, коробка остановится когда $v_x = 0$,
в момент времени:
т.е. ~~при~~ $v_0 - gt_0 = 0 \Rightarrow t_0 = \frac{v_0}{g}$, далее она

начнет двигаться обратно после прекращения:

$$x_0 = v_0 t_0 - \frac{gt_0^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g};$$

Далее она будет двигаться с новым ускорением a'_x

т.к. сила трения изменит направление, т.е.:

$$ma'_x = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \Rightarrow a'_x = g \left(\frac{1}{5} - \frac{4}{5} \right) = -\frac{3}{5}g$$

Закон движения: $x = x_0 + \frac{a'_x t'^2}{2}$, t' - момент
времени, отсчитываемый после остановки, тогда

~~Всё в момент времени в момент времени~~

$t'_0 = T - t_0$ - коробка пройдет путь S :

$$S = x_0 - x(t'_0) + x_0 = 2x_0 - x_0 - \frac{a'_x t_0'^2}{2} =$$

$$= x_0 + \frac{3}{10}g(T - t_0)^2, \text{ откуда:}$$

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!

Время t после старта: $x = v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$, $v_x = v_0 + a_x t$

$$a_x = -\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = -g \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} + 0,8 \right)$$

$$= -g \left(\frac{1}{3} \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) = -g, \text{ ошибка в условии:}$$

~~$$S = v_0 T - \frac{gT^2}{2} \Rightarrow \frac{gT^2}{2} - v_0 T + S = 0$$~~

~~$$T = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{g} \text{ — как встретим первый}$$~~

корень, т.к. больший соответствует моменту,
когда тело пройдя больший путь вернется в эту же
координату, тогда:

~~$$T = \frac{4 \frac{m}{c} - \sqrt{16 \frac{m^2}{c^2}}}{g} \text{ Дискриминант:}$$~~

~~$$D = v_0^2 - 4 \frac{g}{2} S = 16 \frac{m^2}{c^2} - 2 \cdot 10 \frac{m^2}{c^2} < 0$$~~

корней нет, значит коробка не пройдет этот
путь; Ответ: Нет за какое время;

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) После прекращения действующая сила:

$$m a_2 = -\mu m g \Rightarrow a_2 = -\mu g, \text{ скорость вверх}$$

В проекции на Oxc: $v = v_0 - a_2 t$, где

t - момент времени, начиная с времени, действующая сила

Откуда в момент времени T : $0 = v_0 - a_2 T$

$$\Rightarrow \text{ответ: } T = \frac{v_0}{a_2} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

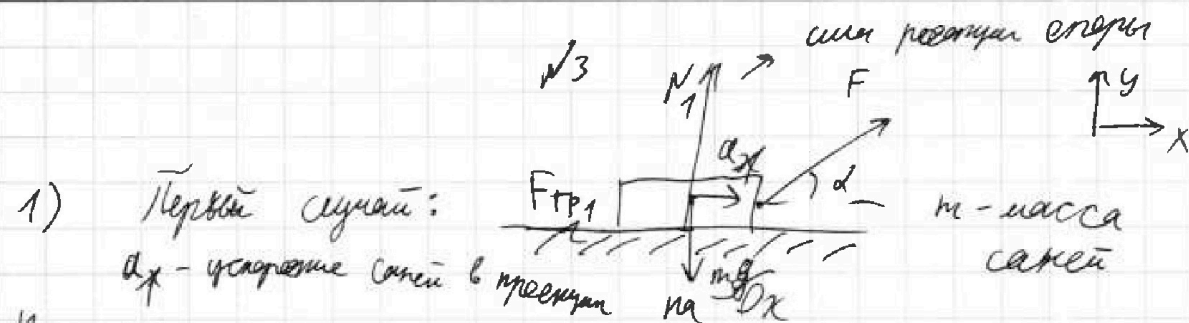
Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

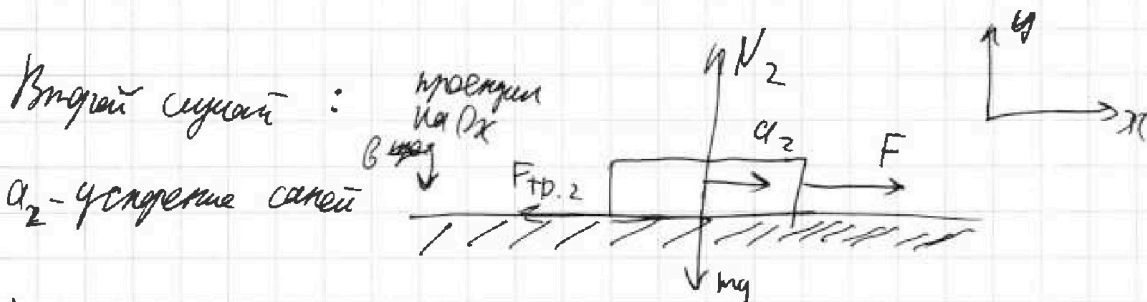
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Второй закон Ньютона в проекции на Ox и Oy :

$$Oy: N_1 + F \sin \alpha - mg = 0 ; Ox: m \alpha_x = F \cos \alpha - F_{тр1}, F_{тр1} = \mu N_1$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha \Rightarrow m \alpha_x = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = \text{const}$$



Второй закон Ньютона:

$$Oy: N_2 - mg = 0 ; Ox: m \alpha_2 = F - F_{тр.2} \Rightarrow F_{тр.2} = \mu N_2$$

$$\Rightarrow m \alpha_2 = F - \mu mg = \text{const}$$

По условию время разгона одинаково

$$\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 \text{ (т.к. движение равноускоренно)}, \text{ откуда:}$$

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg \Rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} ;$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

№4

1) Первое начало термодинамики для процесса с $C = \text{const}$:

$$\int Q = \int U + A, \text{ где } \int Q - \text{выделившаяся теплота};$$

$\int U$ - изменение внутренней энергии газа, A - работа

Отсюда: ~~$\int p dV$~~ $C \int dT = \frac{3}{2} R dT + p dV$, $\int dT$ - изменение температуры;

Для процесса $1 \rightarrow 2$: (при этом $p = \text{const}$)

$$2R(4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} R(4T_1 - T_1) + A_{1 \rightarrow 2}$$

$$\Rightarrow \text{Ответ: } A_{1 \rightarrow 2} = \frac{1}{2} 3T_1 = \frac{3 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{К}}{2} =$$

$$= 6 \cdot 831 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж};$$

2) Найдем работу в каждом из процессов:

$$\frac{3}{2} RT_1 = A_{1 \rightarrow 2} = 4986 \text{ Дж}; \quad A_{2 \rightarrow 3} = 0,5R(3T_1 - 4T_1) - \frac{3}{2}R(3T_1 - 4T_1)$$

$$= -\frac{1}{2}RT_1 + \frac{3}{2}RT_1 = RT_1; \quad A_{2 \rightarrow 3} = 0,5R(2^{\frac{3}{2}}T_1 - 4T_1)$$

$$- \frac{3}{2}R(2^{\frac{3}{2}}T_1 - 4T_1) = (4 - 2^{\frac{3}{2}})RT_1;$$

$\frac{9854}{2} = 4927$



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!

$$A_{3 \rightarrow 1} = 2,5R(T_1 - 2^{3/2}T_1) - 1,5R(T_1 - 2^{3/2}T_1) =$$

$$= (T_1 - 2^{3/2}T_1)R, \text{ работа газа за цикл:}$$

$$A_{\text{цикл}} = A_{1 \rightarrow 2} + A_{2 \rightarrow 3} + A_{3 \rightarrow 1} = \frac{3}{2}RT_1 + RT_1(4 - 2^{3/2}) + RT_1(1 - 2^{3/2})$$

$$\text{Выделившаяся теплота при нагреве: } Q_{1 \rightarrow 2} =$$

$$= 2R(4T_1 - T_1) = 6RT_1, \text{ отдача КПД:}$$

$$\eta_g = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q_{1 \rightarrow 2}} = \frac{\frac{3}{2} + 4 - 2^{3/2} + 1 - 2^{3/2}}{6} =$$

$$= \frac{3 + 8 - 4 \cdot 2^{3/2} + 2}{12} = \frac{13 - 4 \cdot 2\sqrt{2}}{12} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

3) Используя выражение (1): $(c - \frac{3}{2}R) dT = p dV$

Ур-ва состояния газа: $pV = RT \Rightarrow p dV + V dp = R dT$

Отсюда: $(\frac{c}{R} - \frac{3}{2}) p dV + (\frac{c}{R} - \frac{3}{2}) V dp = p dV$ ↓
нам не
нужно

~~$(\frac{c}{R} - \frac{3}{2}) V dp = (\frac{5}{2} \frac{c}{R}) p dV$ (2)~~

Для процесса $\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = \frac{5R - 2c}{c - 3R} \int_{V_0}^V \frac{dV}{V}$, график процесса:

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!

~~$$\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = \frac{(5R-2C)}{C-3R} \ln\left(\frac{V}{V_0}\right) \Rightarrow p_0 = \text{const}, V_0 = \text{const}$$~~

~~$$\Rightarrow pV^{\frac{2C-5R}{C-3R}} = \text{const}$$~~ ; Для процесса 1→2:
$$p_i, V_i - \text{давление и объем в } i\text{-ой состоянии}$$

~~$$pV^{\frac{4R-5R}{2R-3R}} = \text{const}$$~~ Для процесса 1→2:

~~$$-\frac{RdT}{2} = p dV \Rightarrow p dV + V dp = -2p dV \Rightarrow V dp = -3p dV$$~~

$$\Rightarrow \frac{RdT}{2} = p dV \Rightarrow p dV + V dp = 2p dV$$

$$\Rightarrow p dV = V dp \Rightarrow \int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{p} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} \Rightarrow \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1}, \quad p_2 V_2 = 4RT_1 \Rightarrow \frac{4RT_1}{V_2^2} = \frac{p_1}{V_1} = \frac{4p_1 V_1}{V_2^2}$$

$$\Rightarrow V_2^2 = 4V_1^2 \Rightarrow V_2 = 2V_1, \quad p_2 = 2p_1 \text{ (процесс } 1 \rightarrow 2)$$

на графике $p(V)$ - прямая; Процесс 2→3:

$$-RdT = p dV \Rightarrow -p dV - V dp \Rightarrow 2p dV = -V dp \Rightarrow$$

$$\int_{p_2}^{p_3} \frac{dp}{p} = - \int_{V_2}^{V_3} \frac{2dV}{V} \Rightarrow \frac{p_3}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_3}\right)^2 \Rightarrow p_3 = \frac{2^{3/2} RT_1}{V_3}$$

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

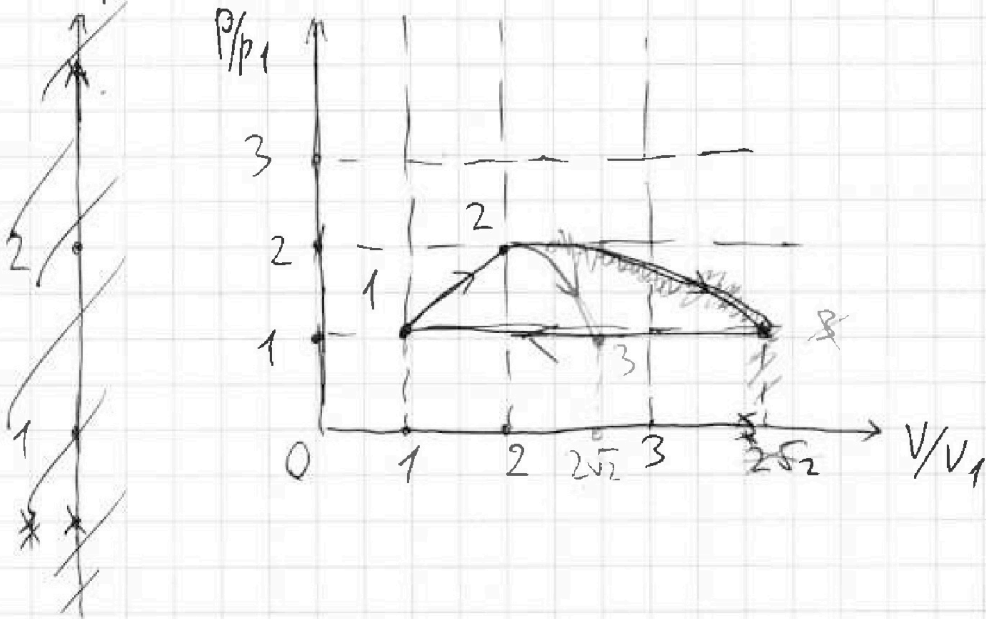
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\Rightarrow \frac{2^{3/2} RT_1 V_3^2}{V_3 p_2} = V_2^2 \Rightarrow V_3 = \frac{p_2 V_2^2}{2^{3/2} RT_1} = \frac{2p_1 4V_1^2}{2^{3/2} RT_1} =$$

$$= \frac{p_1 4V_1^2}{\sqrt{2} p_1 V_1} = 2\sqrt{2} V_1 \quad ; \quad p_3 = \frac{2^{3/2} RT_1}{2^{3/2} V_1} = p_1$$

Процесс 3 → 1: $RdT = pdV = pdV + Vdp \Rightarrow p = \text{const}$

$\Rightarrow p_3 = p_1$, $p \sim V^{-2}$ — Отсюда выносим график цикла:



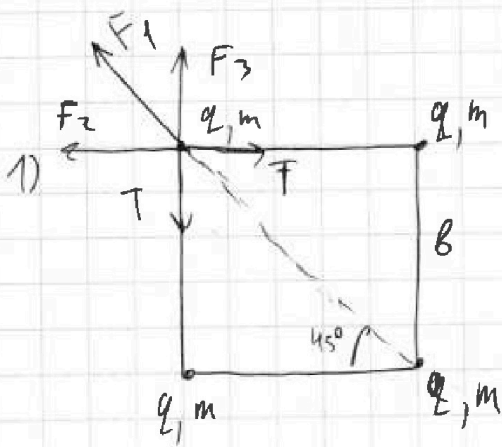
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



№5

Пусть F_1, F_2, F_3 - силы

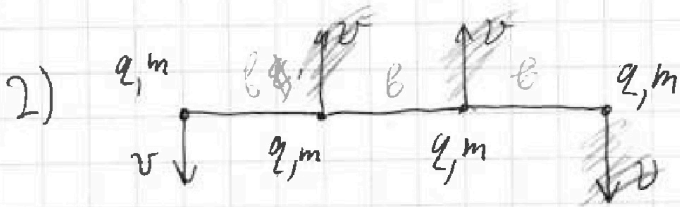
кулоновского взаимодействия:

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

$$F_2 = F_3 = \frac{kq^2}{b^2}, \text{ тогда из условия равенства}$$

$$\text{имеем: } F_3 + F_1 \cos 45^\circ = T, \text{ откуда:}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right);$$



Из кинематических
связей, следует,

что в момент нахождения на одной прямой, скорости

всех шариков равны v , тогда из закона сохранения

энергии $\frac{mv^2}{2}$ ~~всех шариков~~, найдем скорость v .

$$\text{шарика: } \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

Потенциальная энергия взаимодействия с остальными зарядами

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!



Отсюда:
$$v^2 = \frac{2kq^2}{mb} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} - 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) =$$

$$= \frac{2kq^2}{mb} \left(1 - \frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{mb} \left(\frac{5}{3} + \sqrt{2} \right),$$

Ответ:
$$v = \sqrt{\frac{kq^2}{mb} \left(\frac{5}{3} + \sqrt{2} \right)};$$

3) Из кинематической связи (т.к. Кости перемещаются), пары зарядов ~~1, 2~~ и ~~3, 4~~ будут убегать

~~и~~ ~~перемещаться~~ по равные по модулю расстояния, но в разные противоположные стороны, это

значит, что в момент, когда заряды будут

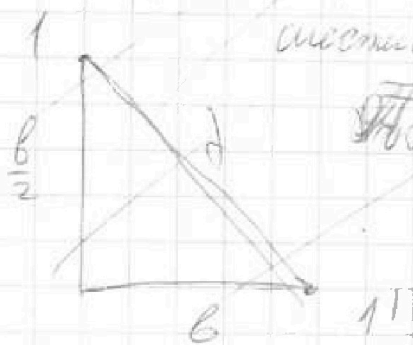
составлять квадрат, линия, соединяющая их,

будет совпадать с средней линией прямоугольного

квадрата, ~~опираясь~~ ^{повернувшись} по вершинам вершины квадрата

мещается на b , но ~~вершинами~~ ^{по} $\left(\frac{b}{2}\right)$

По теореме Пифагора: $d^2 = b^2 + \frac{b^2}{4}$
 $= \frac{5b^2}{4}$; Ответ: $d = \frac{\sqrt{5}}{2} b$;





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

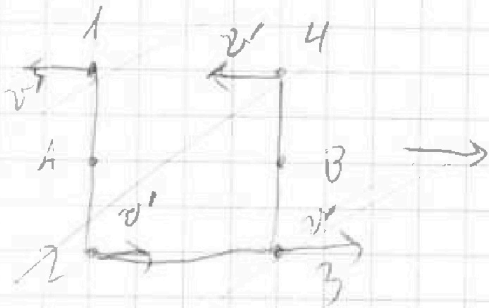
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

3) После разрыва цепи, шарик будет двигаться с одинаковой скоростью (т.к. цепи перестанут), т.е. шарик 1, 2 будет это делать вокруг A, а шарик 3, 4 вокруг B;



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

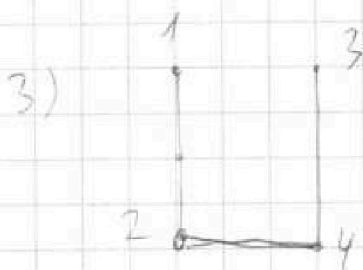
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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!



Поше разрезов клетки 1-3,

ширины $1/2$ и $3/4$ будут

указана ~~указана~~ $2, 4$ будут ~~указаны~~ ^{указаны} ~~указаны~~ ^{указаны} 2

с одинаковой скоростью ~~указаны~~, т.к. клетки $2-4$

неизменяются, ~~указаны~~ ^{указаны} ~~указаны~~ ^{указаны} 1 и 3

указаны по ~~указаны~~ ^{указаны} ~~указаны~~ ^{указаны} 2 и 4 соответственно;

Принимается 1 и 2 , равны ~~указаны~~ ^{указаны} $3, 4$,

в силу неизменяемости ~~указаны~~ ^{указаны} 1 и 3

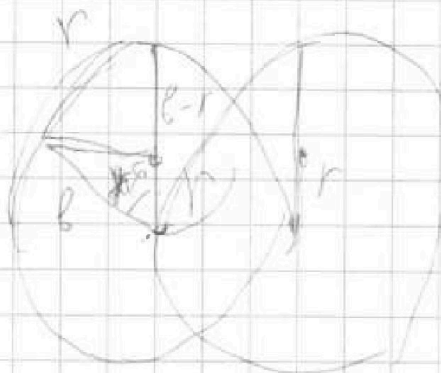
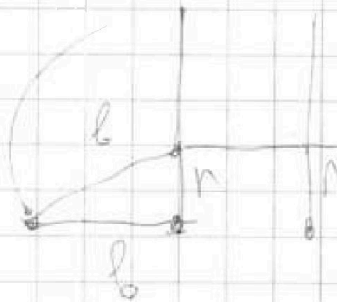
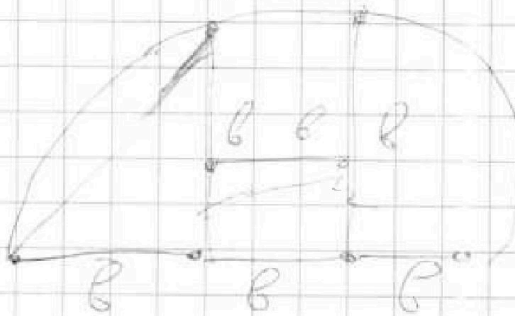
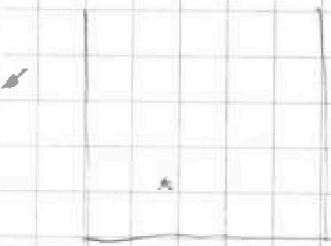
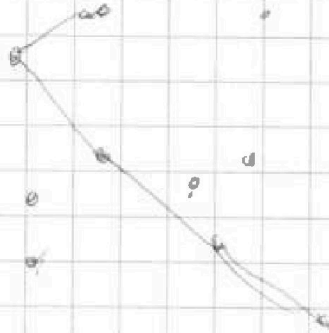
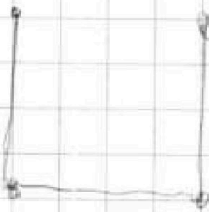
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\cos \alpha = \frac{h}{b} \Rightarrow$$