



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.

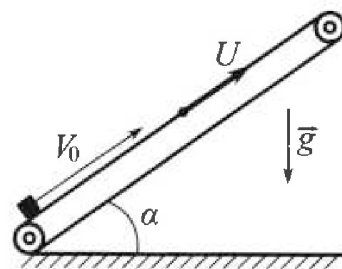
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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. Сопротивлени е 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.

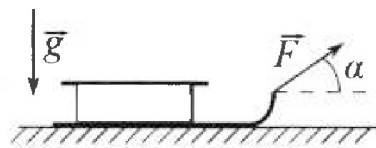
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.

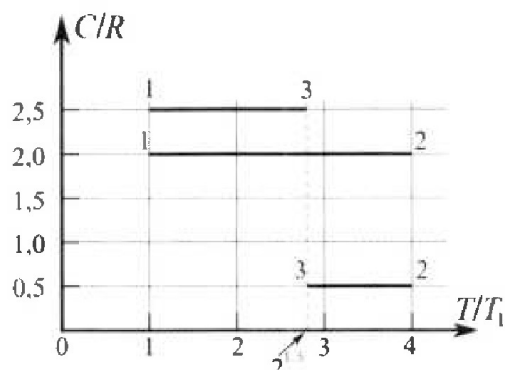


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

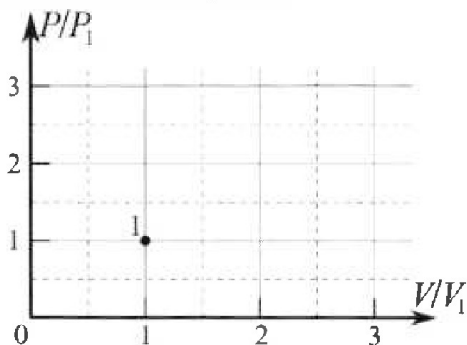
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



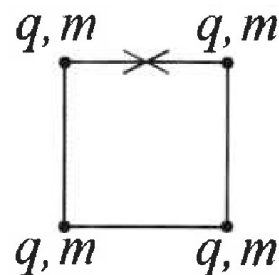
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.

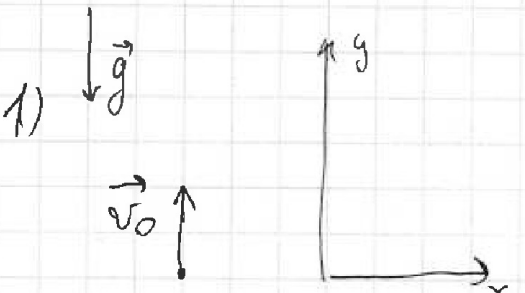
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

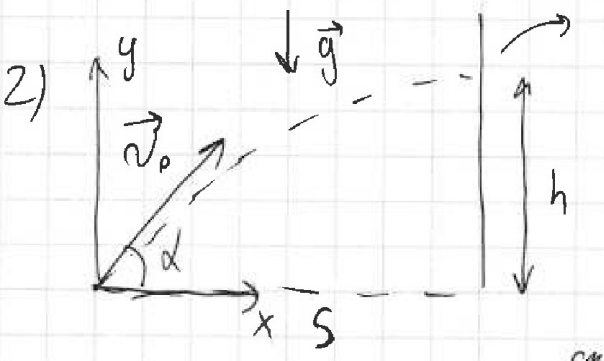
1)  Пусть t - время,
прошедшее с начала
полёта, тогда:

$v_y = v_0 - gt$ - 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: $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}};$

2)  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 ударяется

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

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

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

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

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

График

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

максимум h , достигается в вершине, т.е.

$$\text{при } \tan \alpha_0 = -\frac{S}{2 \cdot \frac{gS^2}{2v_0^2}} = \frac{v_0^2}{gS}, \text{ откуда}$$

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!

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

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

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

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

$$\text{Ответ: } h_{\max} = 15 \text{ м};$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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 скорости корабля сравняются
со скоростью ледя, ~~на него перестанет~~ ^{действовать}
~~трение~~, запишем закон сохранения энергии.

с учетом этого ~~для~~ ^и трение начнет действовать
против движения корабля; Исходя из этого
запишем закон сохранения энергии:

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

остановки в ИСО ледя

$$= mgH + 4\mu mg \cos \alpha L - \mu mg \frac{H}{\tan \alpha} \Rightarrow$$

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

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

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

16.5 = 20 ; 8.3 = 24 ; 3.25 = 75

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

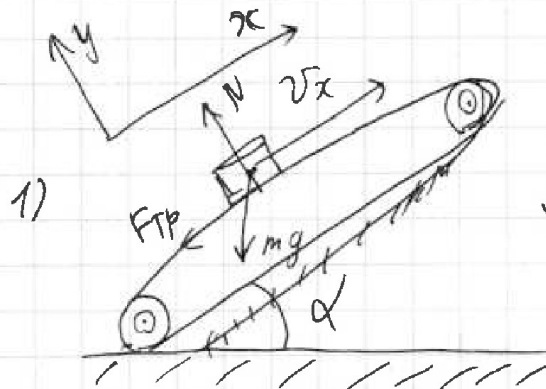
5
☐

6
☐

7
☐

МФТИ

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



№2

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:

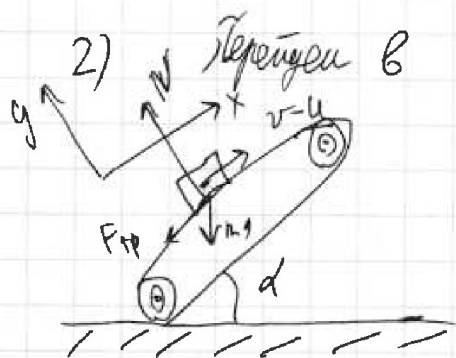
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Ответ: $T = t_0 + \sqrt{\frac{10(5-x_0)}{3g}} = \frac{4\frac{4}{5}}{2\frac{2}{5}} + \sqrt{\frac{10(14 - \frac{16\frac{4}{5}}{2 \cdot 10\frac{4}{5}})}{3 \cdot 10\frac{4}{5}}}$

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



Перейдем в ИСО кинети транспорта:

Выведем, когда скорость
коробки ИСО составит u ,

в каской ИСО, коробка

~~на неё перестанет действовать~~

остановится, т.е. выдвинется закон сохранения

энергии с учётом работы сил трения:

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

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

$= \frac{12\frac{4^2}{5^2}}{20\frac{4}{5}} = 0,6 \text{ м} ;$

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!

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

начнёт 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, когда

~~всё в момент времени~~ в момент времени

$$t'_0 = T - t_0 - \text{коробка пройдет путь } S:$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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

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

$$= -g \left(\frac{1}{3} \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) = -g, \text{ откуда по условию:}$$

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

$$T = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gS}}{g} \quad \text{— нас интересует меньший}$$

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

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

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

корней нет, значит корабль 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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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:

$$ma_z = -\mu mg \Rightarrow a_z = -\mu g, \text{ скорость растет}$$

в проекции на Ox : $v = v_0 - a_z t$, где

t — момент времени, начиная с времени действия силы

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

МФТИ



№4

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

$$\delta Q = \delta U + A, \text{ где } \delta Q - \text{выделившийся тепло;}$$

δU - изменение внутренней энергии газа, A - работа

Отсюда: ~~$\delta Q = C \delta T$~~ $C \delta T = \frac{3}{2} R \delta T + p \delta V$, δT - ^{изменение} ~~малое~~ ^{температуры;}

Для процесса $1 \rightarrow 2$: ^(в данном случае, температура газа 1 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 работы в каждом из процессов:

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

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

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

192
x
4586



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!

МФТИ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Отсюда: $(\frac{C}{R} - \frac{3}{2})p dV + (\frac{C}{R} - \frac{3}{2})V dp = p dV$

наше
уравнение

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

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

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!

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

$\Rightarrow p V^{\frac{2C-5K}{C-3K}} = \text{const}$; для процесса 1→2:
 p_i, V_i - глубина и ширина в i-ом состоянии
 ~~$p V^{\frac{4K-5K}{2K-3K}} = \text{const}$~~ для процесса 1→2:

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

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

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

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

$\Rightarrow V_2^2 = 4V_1^2 \Rightarrow V_2 = 2V_1, \quad p_2 = 2p_1$ (процесс 1→2)

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

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

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

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

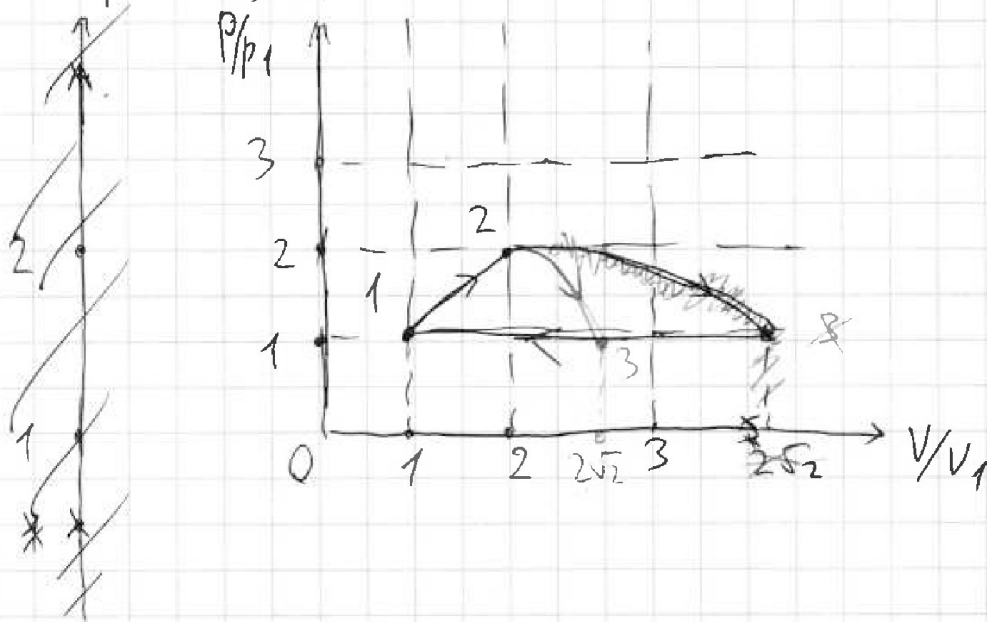
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\Rightarrow \frac{2^{3/2} R T_1 V_3^2}{V_3 p_2} = V_2^2 \Rightarrow V_3 = \frac{p_2 V_2^2}{2^{3/2} R T_1} = \frac{2 p_1 4 V_1^2}{2^{3/2} R T_1} =$$

$$= \frac{p_1 4 V_1^2}{\sqrt{2} p_1 V_1} = 2\sqrt{2} V_1 \quad ; \quad p_3 = \frac{2^{3/2} R T_1}{2^{3/2} V_1} = p_1$$

Процесс $3 \rightarrow 1$: $p dT = p dV = p dV + V dp \Rightarrow p = \text{const}$

$\Rightarrow p_3 = p_1$, $p_2 V_2 = p_1 V_1$ Отсюда изобразить график цикла:



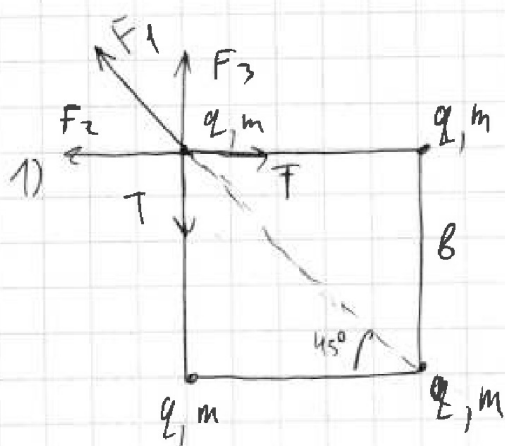
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



№5

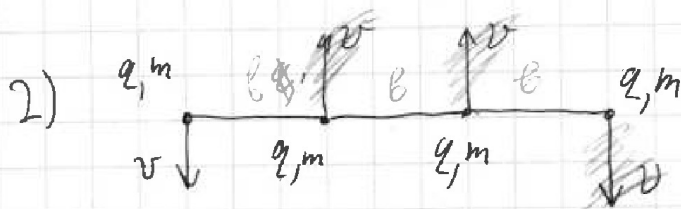
Пусть F_1, F_2, F_3 — силы
кулоновского взаимодействия:

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

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

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

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



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~~ ^{каждого шарика}, имеем скорость v ~~каждого шарика~~

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

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!



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

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

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

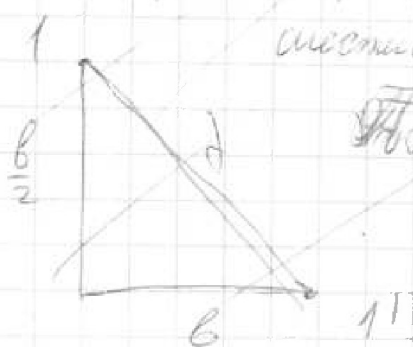
3) Из кинематической связи (т.к. Кости перемещаются),
пары зарядов ~~1, 2~~ 1, 2 и 3, 4 будут ~~двигаться~~

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

значит, что в момент, когда заряды будут
составлять квадрат, центр, соединяющий их,

будет совпадать с серединой ~~горизонтальной~~ ^{вертикальной} стороны
квадрата, ~~откуда~~ ^{потому что} по вертикали вершины квадрата

находятся на b , по горизонтали на $\frac{b}{2}$.



$$\text{По теореме Пифагора: } d^2 = b^2 + \frac{b^2}{4}$$

$$= \frac{5b^2}{4}; \text{ Ответ: } d = \frac{\sqrt{5}}{2} b;$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1

2

3
☐4
□

5
☒

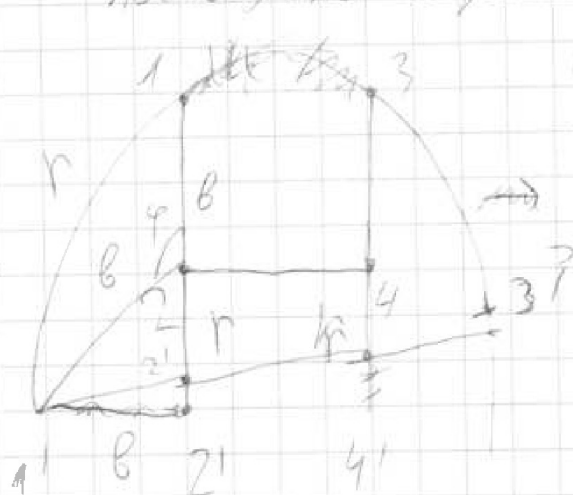
6
☐

7

МФТИ.

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, широты всех шариков равны, кроме шаров 2, 4 ^{вероятно} близ (из-за гравитационного отталкивания), а шары 1, 3 близятся по окружности, разная в отн. шаров 2, 4 соответственно; Поэтому они вращаются в одну.



29000 1' 2 3' 4' - 10000 10000

Коллекция перьев

Полная мера $22' = 44' = r$

$$\Rightarrow r = b\varphi, \text{ то условие}$$

Winkel: $r^2 = 2b^2(1 - \cos(2\varphi - 180^\circ)) = 26^2 / 4 \cdot 6924$

$$= \frac{1}{2} B^2 (\cos^2 \varphi \Rightarrow r = B \cos \varphi \Rightarrow \varphi = \cos \varphi ;$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☒

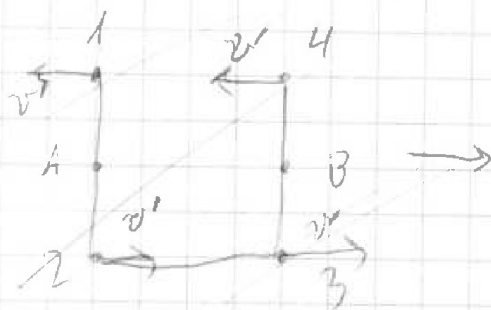
6
☐

7
☐

МФТИ

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

3) После разрыва линий, шарик будет
по вертикали $\frac{b}{2}$
двигаться с одинаковой скоростью (т.к. линии
перпендикулярны), т.е. шарик 1, 2 будет это
делать вокруг A, а шарик 3, 4 вокруг B;



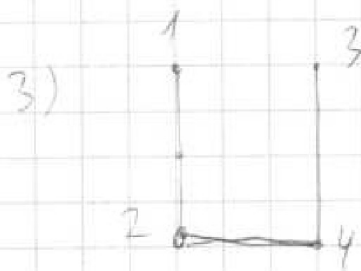
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



После разрыва катки 1-3,

шарик 1, 2 и 3, 4 будут

двигаться друг $2, 4$ будут двигаться ^{по окружности} ~~вдоль~~ $2-4$

с одинаковой скоростью ~~вдоль~~, т.к. катки 2-4

не движутся, ~~и~~ шарик останется друг друга, при этом шарик 1 и 3

двигаются по окружностям радиуса r относительно шариков 2 и 4 соответственно;

Принимая скорости 1 и 2, равны скоростям 3, 4,

в силу неразрывности катки



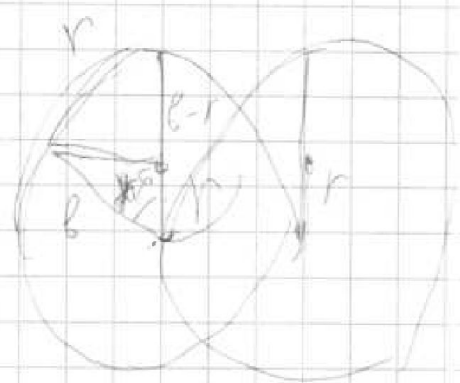
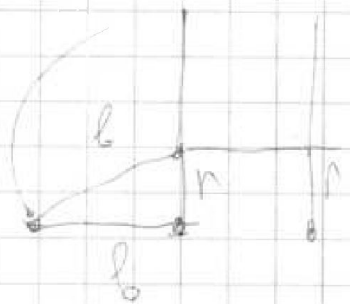
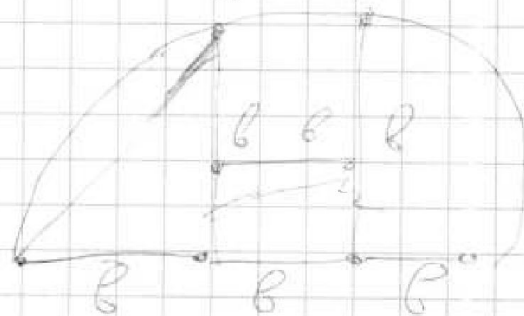
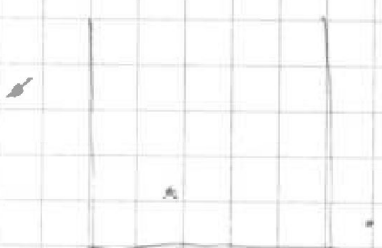
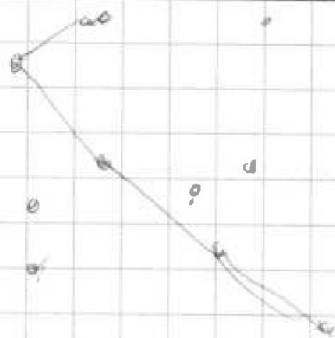
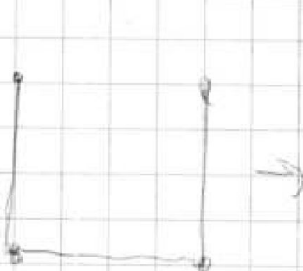
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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