



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.

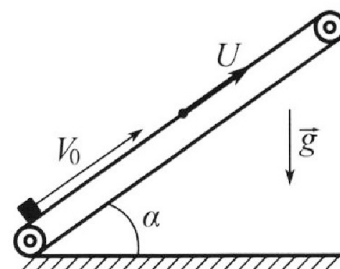
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

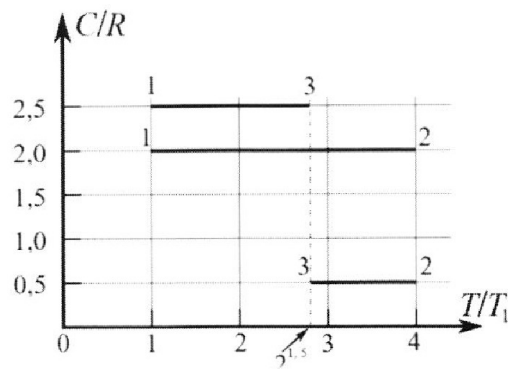


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

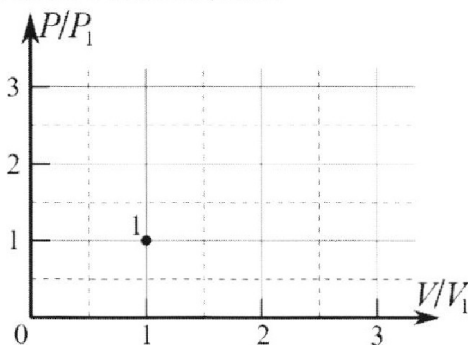
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



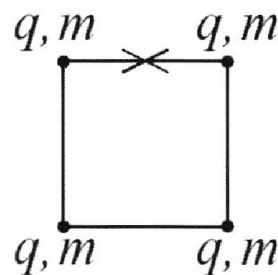
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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:

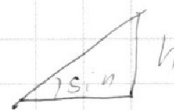
1	2	3	4	5	6	7
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

МФТИ

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

№2

$$2) \quad \frac{v^2}{2} = mgh$$



$$\sin \alpha = \frac{h}{L}$$

$$L = 2m$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$

$$v_0 = at_1$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

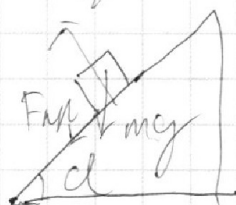
$$v = 0,2 \text{ с}$$

$$v = v_0 - at_1$$

$$L_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 4 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2}$$

$a = \text{const}$

$$= 1,6 - 0,8 = 0,8 \text{ м}$$



$$S = v_0 T + \frac{aT^2}{2}$$

$$v = v_0 + aT$$

$$aT^2 + 2v_0 T - 2S = 0$$

$$T = -\frac{v_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$D_1 = v_0^2 + 2Sa < 0$$

$$S_1 = 4 \cdot 0,4 + \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 0,8 \text{ м}$$

$$S_2 = 0,2 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{aT_2^2}{2}$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{0,4}{10}} = \sqrt{0,04} = 0,2 \text{ с}$$

$$T = T_1 + T_2 = 0,6 \text{ с}$$

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

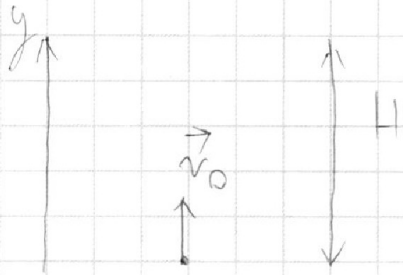
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

I.



Мы знаем, что при
вертикальной броске
время полёта вверх равно
времени полёта вниз,

значит:

$$t_0 = T + T_0 = 2T$$

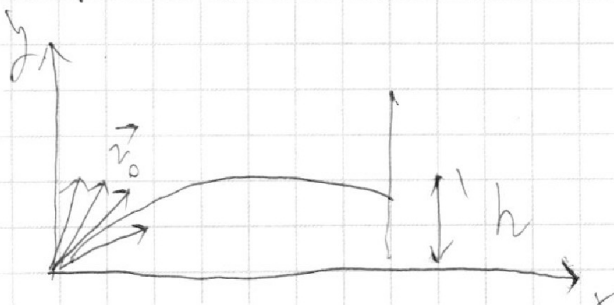
Запишем уравнение движения:

$$0 = v_0 \cdot 2T - \frac{g(2T)^2}{2}$$

$$2gT = 2v_0$$

$$v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

II.



Запишем уравнения др.
в проекции на оси:

$$x: S = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

$$y: h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

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

Для максимального
горизонтального расстояния
при $\alpha = 45^\circ$

$$h = \frac{1}{2} S = 10 \text{ м}$$

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!

Будет движ. со скоростью $u = 2 \text{ м/с}$,
в $C.O$ транспортера она будет покоит.
Запишем уравнение движ. коробки до мом.
остановки в $C.O$ транспортера:

$$L_k = v_0 t_0 - \frac{a t_0^2}{2} = S_{\text{max}} = 0,8 \text{ м}$$

Но за время остановки t_0 транспортер
подвинет коробку еще на:

$$L_m = u t_0 = 0,8 \text{ м}$$

$$L = L_k + L_m = 1,6 \text{ м}$$

III. В $C.O$ земл. коробка остан. при
скорости равной u , направленной против.

Значит она разойдется от точки L до мом.
остановки в $C.O$ земл.

$$u = a t_3$$

$$t_3 = \frac{u}{a} = 0,2 \text{ с} \Rightarrow S_3 = \frac{a t_3^2}{2} = 0,2 \text{ м}$$

$$\Rightarrow L_3 = t_3 u^2 = 0,4 \text{ м (расст. на}$$

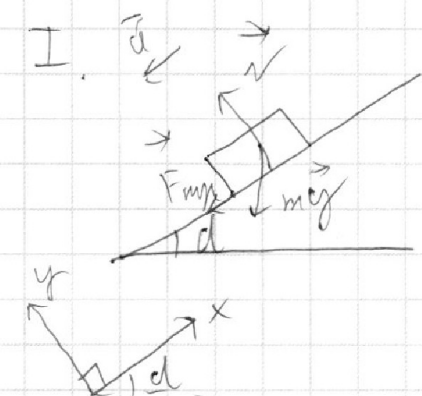
которое конв. противн. кор.)

$$L_{\text{общ}} = L + L_3 - S_3 = 1,8 \text{ м}$$

$$H = L \sin \alpha = 1,44 \text{ м}$$

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!



Возьмем второй закон Ньютона на оси:

$$x: \sin \alpha \cdot mg + F_{\text{тр}} = ma \quad | \Rightarrow$$

$$y: N = mg \cos \alpha$$

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

$$= g(\sin \alpha + \mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}) = 10 \text{ м/с}^2$$

Найдём на какую максимальную высоту поднимется коробка. Для этого найдём время остановки и подставим в уравнение движения:

$$0 = v_0 - a t_0$$

$$t_0 = \frac{v_0}{a} = 0,4 \text{ с}$$

$$S_{\text{max}} = v_0 t_0 - \frac{a t_0^2}{2} =$$

$$= 0,8 \text{ м}$$

$S_{\text{max}} < S \Rightarrow$ тело не успеет пройти $S - S_{\text{max}}$ вниз.

$$S - S_{\text{max}} = \frac{a t_0^2}{2} \Rightarrow t_0 = \frac{2(S - S_{\text{max}})}{a} = 0,04 \text{ с}$$

$$T = t_0 + t_0 = 0,4 + 0,04 = 0,44 \text{ сек}$$

II. Транспортер движет коробку с пост. скоростью, а значит ускорение a не изменится. Когда в с.о. земли коробка $\Rightarrow$

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

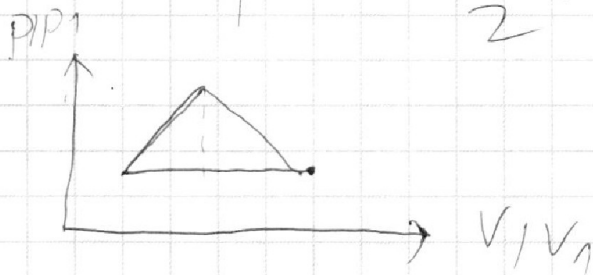
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{cases} \Delta p \cdot \Delta V = \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) \\ p_1 V_1 = \nu R T_1 \end{cases}$$

$$\frac{\Delta p \Delta V}{p_1 V_1} = 2 - \sqrt{2}$$

$$\Delta p \Delta V = 2 p_1 V_1 - \sqrt{2} p_1 V_1$$

$$\Delta p = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} \cdot p_1 = 10 \text{ V}$$



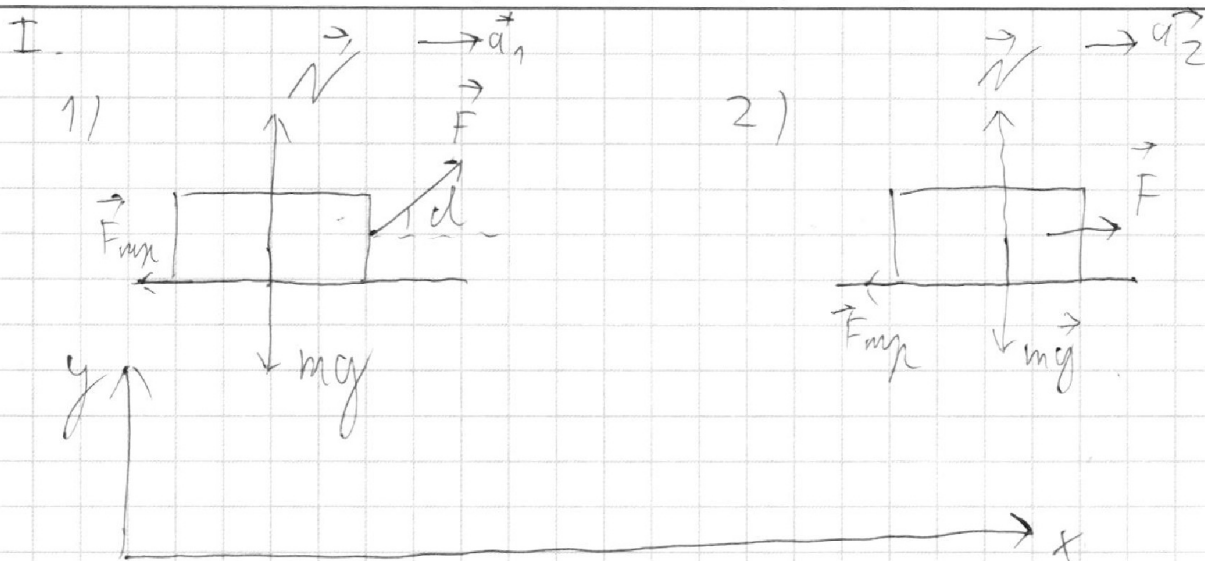
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Запишем второй закон Ньютона для
обеих случаев:

①: x: $F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma_1$

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

$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma_1$

②: x: $F - F_{\text{тр}} = ma_2$

y: $N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$

$F - \mu mg = ma_2$

Из второго закона:

$a_1 = a_2 \Rightarrow ma_1 = ma_2 \Rightarrow$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

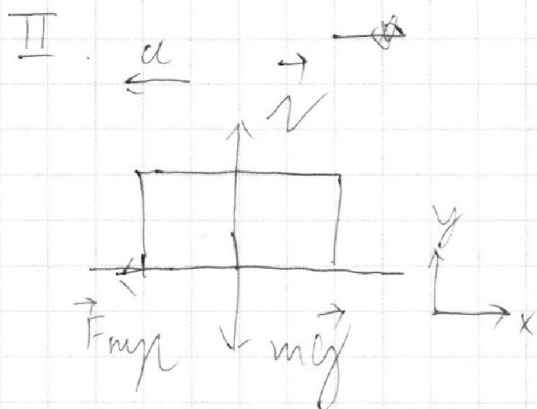
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\mu F \sin \alpha = F - F \cos \alpha$$

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



$$\mu mg = ma$$

$$a = \mu g$$

Запишем Энергетич. закон.
Условие:

$$x: F_{\text{тр}} = ma$$

$$y: N = mg$$

$$0 = v_0 - aT$$

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

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

7. Запишем второе уравнение термодинамики:

$$\triangleright U = Q - A$$

$$B_{12} = Q_{12} - A_{12}$$

$$A_{12} = Q_{12} - I_2 V_{12} = C_{12} V_{12} T_{12} - \frac{3}{2} V R_{12} T_{12} =$$

$$= 2R \sqrt{15} T_1 - \frac{3}{2} \sqrt{15} R T_2 = \sqrt{15} R (2T_1 - T_2) = \sqrt{15} R (2 - \frac{3}{2}) =$$

$$= \frac{3\sqrt{12} T_1}{2} = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400 \text{ K} = 4886 \text{ J}$$

II $\eta = \frac{A}{Q_n}$; Измерения с Q - шкалы:

$$Q_{12} = C_{12} v_D T_{12} = 2R \cdot v \cdot 3T_1 = 6vRT_1$$

$$Q_{23} = C_{23} V_b T_{23} = \frac{R}{\omega} \sqrt{1} (2\sqrt{2} - 4) = -\sqrt{2} R \sqrt{1} (2 - \sqrt{2})$$

$$Q_{31} = C_{31} \sqrt{10} T_{31} = \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot 5 \sqrt{2} T_1 (1 - 2\sqrt{2}) = -2,5 \sqrt{2} T_1 (2\sqrt{2} - 1)$$

$$Q_n = Q_{1,2}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = \frac{6 \sqrt{RT_1}}{\sqrt{RT_1}} \left(\frac{6 - 2 + \sqrt{2} + 2,5 - 5\sqrt{2}}{6} \right) =$$

$$= \frac{G_1 + 4\sqrt{2}}{G} \approx 9.15 = 15\%$$



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!

III. Найти все работы:

$$A_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{RT_1}$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{R}{2} \sqrt{\Delta T_{23}} - \frac{3R}{2} \sqrt{\Delta T_{23}} =$$

$$= \sqrt{R} \sqrt{\Delta T_{23}} \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right) = -\sqrt{R} \sqrt{\Delta T_{23}} (2) =$$

$$= -2\sqrt{RT_1} (2 - \sqrt{2})$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = 2,5 R \sqrt{\Delta T_{31}} - \frac{3}{2} R \sqrt{\Delta T_{31}} =$$

$$= R \sqrt{\Delta T_{31}} (2,5 - 1,5) = R \sqrt{\Delta T_{31}} (1) = R \sqrt{T_1} (1 - 2\sqrt{2})$$

Заменим:

$$A_{12} \approx \frac{1}{4} A_{23} \approx \frac{1}{6} A_{31}$$

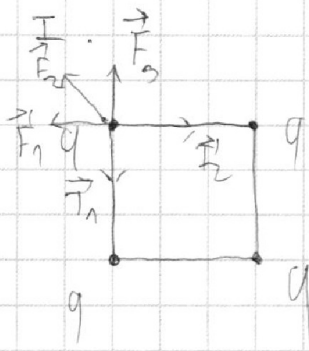
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Запишем второй закон Ньютона:

$$x: T_2 - F_1 - F_2 \cos d = 0$$

Заметим, что сила F_2

действует по диагонали

квадрата, а знаем $d = 45^\circ$

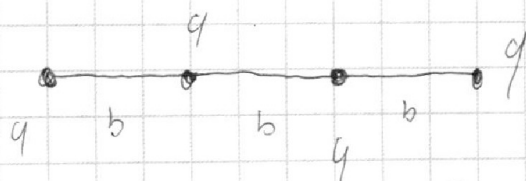
$$T_2 = F_1 + F_2 \cos d = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

$$y: T_1 - F_3 - F_2 \cos d = 0$$

$$T_1 = F_3 + F_2 \cos d, \text{ Заметим, что } F_3 = F_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 = T_2 = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

II.



Запишем закон сохранения энергии:

и для любого участка:

$$\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} - \frac{kq^2}{2b} - \frac{kq^2}{3b} \Rightarrow v = q \sqrt{\frac{k}{mb} \left(\frac{1+3\sqrt{2}}{3}\right)}$$

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!

III Выделим левую пару шариков.
Т.к. между ними натянута нить, (а шарик
стремится разлететься), то расстояние между
ними равно b ($b = \text{const}$). Результирующая
векторная сумма сил верхнего шарика нашей пары
направлена вверх и ~~вправо~~ влево. Вверх
он двигаться не может а значит пойдет
влево по дуге окружности радиуса b с
центром в нит. шарике нижней пары.
$$d = \frac{2\pi b}{4} = \frac{\pi b}{2}$$
 (длина окружности d

длина на 4 т.к шарик пройдет $1/4$ окруж.
то ~~до~~ до момента столкновения на дугу
нижнего с нижним "постаринкам")

Ответ: $\frac{\pi b}{2}$

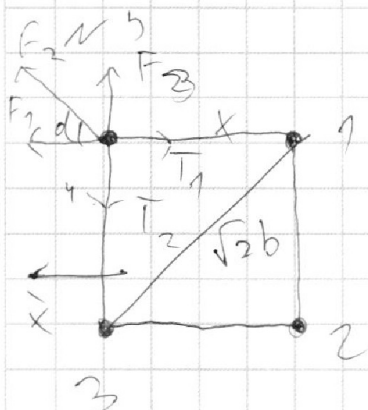
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

МФТИ

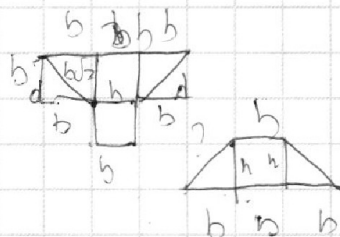
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$F_1 = F_3 = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_{13} = \sqrt{\left(\frac{kq^2}{b^2}\right)^2 + \left(\frac{kq^2}{b^2}\right)^2} = \frac{k\sqrt{2}q^2}{b^2}$$

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



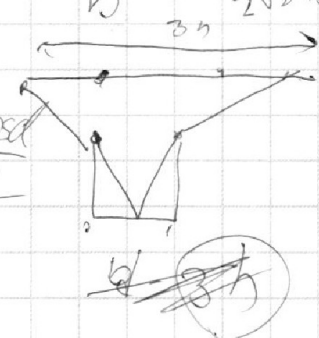
$$F = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$x: F_1 + \cos \alpha F_2 = T_1$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2}$$

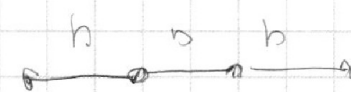
$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{2\sqrt{2}kq^2 + kq^2}{2\sqrt{2}b^2} = T_2$$



$$y: F_3 + F_2 \cos \alpha = T_2$$

$$2) \quad 3(7) \quad S(1 - 2 \cos \alpha)$$



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

$$\frac{\sqrt{2}kq^2}{b\sqrt{2}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{5kq^2}{6b}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{6\sqrt{2}kq^2 - 5kq^2}{6b}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq^2(6\sqrt{2} - 5)}{6b}$$

$$v = \sqrt{\frac{kq^2}{m}} = q\sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

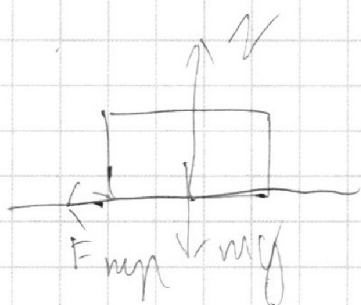
МФТИ

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



$$F \cos \alpha - \cancel{\mu mg} + \mu F \sin \alpha = F - \cancel{\mu mg}$$

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



$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$0 = v_0 - \mu g T$$

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

✓

$$\cancel{Q} = C \sqrt{v} T \quad \Delta T_{12} = 3T_1$$

$$Q_{12} = C_{12} \sqrt{v} T_{12} = 3T_1 C_{12} \sqrt{v} \quad \Delta T_{31} = T_1 \sqrt{2} T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \sqrt{v} T_{23} = \cancel{2.5 T_1 C_{23} \sqrt{v}} \quad \Delta T_{23} = \cancel{1.5 T_1 \sqrt{v}} =$$

$$Q_{31} = C_{31} \sqrt{v} T_{31} =$$

$$= T_1 C_{31} \sqrt{v} (2\sqrt{2} - 1)$$

$$\Delta U = Q + A_{\text{ext}} \Rightarrow 0 - A$$

$$= T_1 \sqrt{2} - 4T_1 =$$

$$= T_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒

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

МФТИ



$$\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} = 0$$

$$3T_1\sqrt{C_{12}} - A_{12} + 2T_1\sqrt{C_{23}(\sqrt{2}-2)} - A_{23} + T_1\sqrt{C_{31}(2\sqrt{2}-1)} - A_{31} = 0$$

$$T_1\sqrt{C_{12} + 2C_{23}(\sqrt{2}-2) + C_{31}(2\sqrt{2}-1)} - A_{12} - A_{23} - A_{31} = 0$$

$$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \sqrt{RT_1} - \sqrt{RT_1} = 3\sqrt{RT_1}$$

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

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 3T_1\sqrt{C_{12}} - 3T_1\sqrt{R} =$$

$$= 3T_1\sqrt{(2R-R)} = 3T_1\sqrt{R}$$

$$P_1 U_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = 1 - \frac{Q_1}{Q_0} = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0}$$

$$A_{23} - Q_{23} - \Delta U_{23} =$$

$$\eta = \frac{T_1\sqrt{C_{12} + 2C_{23}(\sqrt{2}-2) + C_{31}(2\sqrt{2}-1)}}{T_1\sqrt{C_{12} + 2C_{23}(\sqrt{2}-2) + C_{31}(2\sqrt{2}-1)}}$$

$$T_1\sqrt{C_{12} + C_{31}(2\sqrt{2}-1)}$$

$$= \frac{6R + R\sqrt{2} - 2R + 5R\sqrt{2} - 2,5R}{6R + 5R\sqrt{2} - 2,5R}$$

$$= \frac{1,5 + \sqrt{2} + 5\sqrt{2}}{4,5 + 5\sqrt{2}}$$

$$= \frac{1,5 + \sqrt{2} + 5\sqrt{2}}{4,5 + 5\sqrt{2}} = \frac{1,5 + 6\sqrt{2}}{4,5 + 5\sqrt{2}} \approx \frac{9,9}{11,5} \approx \frac{100}{115} \approx 0,87$$

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!

$$2) \quad \tau_0 = \tau_1 \quad L_1 = S_1$$

$$L_2 = \tau_1 u = 0,4 \cdot 2 = 0,8$$

$$L = L_1 + L_2 = S_1 + 0,4 u = 1,6 \text{ м}$$

$$3) \quad a \tau_3 = u \quad \tau_3 = \frac{u}{a} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$S_3 = \frac{a \tau_3^2}{2}$$

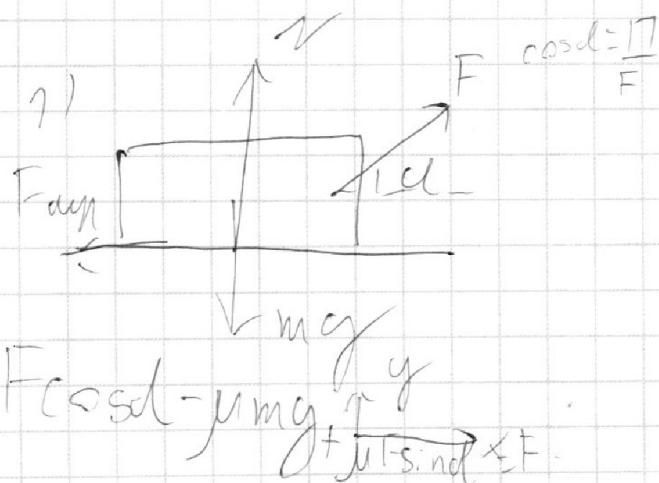
$$H = h_1 - h_2 =$$

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{L_1} \Rightarrow h_1 = \sin \alpha L_1; \quad \sin \alpha = \frac{h_2}{S_3} \Rightarrow$$

$$H = \sin \alpha (L - \frac{a \tau_3^2}{2}) = 0,8 \quad (1,6 - \frac{10 \cdot 0,04}{2}) = 1,4 \text{ м}$$

н3

не перегружай
машину



$$x: F \cos \alpha - F_{\text{frp}} = ma$$

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

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

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

$$x: F - F_{\text{frp}} = ma \quad | \quad F - \mu mg = ma$$

$$y: N = mg$$

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

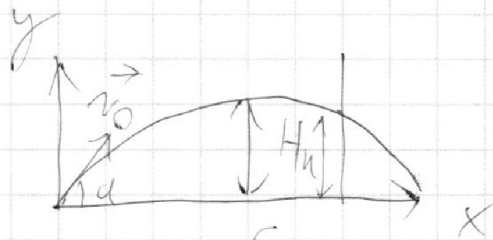
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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
 $r = 2c$
 $_{max}$



$$0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g(2t)^2}{2}$$

$$2gt^2 = 2v_0 \sin \alpha \cdot t$$

$$gt = v_0 \sin \alpha$$

$$0 = 2v_0 t - 2gt^2$$

$$1) \quad v_0 = gt = 20 \text{ м/с}$$

$$2) \quad S_{max} = v_0 \cos \alpha \cdot t$$

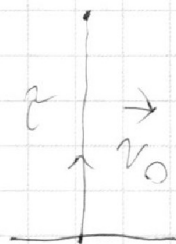
$$S = v_0 \cos \alpha \cdot t \Rightarrow$$

$$h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

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

$$= S \cdot \frac{gd}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S \sin \alpha \cdot v_0^2 \cos \alpha - gS^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

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



$$\frac{gt^2}{2} = h$$

$$2gt^2 = 2h$$

$$gt = h$$

$$\cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha =$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

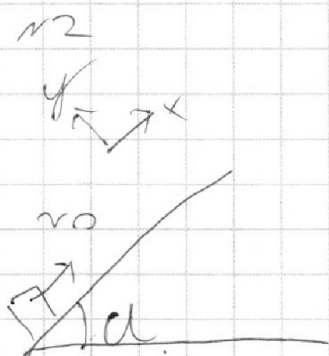
1	2	3	4	5	6	7
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

МФТИ

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



$$h = \frac{S(v_0^2 \frac{\sin 2d}{2} - gS)}{v_0^2 \cos^2 d}$$



$$S_x = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$

~~max~~



$$x: ma = -(F_{np} + \sin d mg)$$

$$y: N = mg \cos d$$

$$a = -(\mu g \cos d + g \sin d) = -g(\mu \cos d + \sin d) = -10 \text{ м/с}^2$$

$$2S_x = v_0 t - a t^2$$

$$a t^2 - 2v_0 t + 2S_x = 0$$

$$D_1 = v_0^2 - 2S_x a = 16 + 20 = 36$$

$$t_0 = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2S_x a}}{a} \Rightarrow t_1 = \frac{4 - \sqrt{36}}{-10} = 0,2$$

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!



$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 12 \\ \hline 1662 \\ 831 \\ \hline 9972 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,7 \\ - 5,6 \\ \hline 9,9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 4 \\ \hline 56 \end{array}$$

$$A_{23} = Q_{23} - p_{23} V_{23}$$

$$\frac{9,9}{6} = \frac{9}{60} = \frac{3}{20} = 0,15$$

$$= -vRT_1(2-\sqrt{2})$$

$$= vRT_1(2-\sqrt{2})$$

$$A_{31} = Q_{31} - p_{31} V_{31} = -2,5 vRT_1(2\sqrt{2}-1)$$

$$vRT_1 = p_1 V_1$$

$$4vRT_1 = 4p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad 2\sqrt{2} vRT_1 = p_3 V_3$$

$$vRT_1 2\sqrt{2} - vRT_1 \cdot 4 = 2vRT_1(\sqrt{2}-2)$$

$$A_{12} = 3T_1 vR = 3vRT_1 = p_1 \Delta V_{12} = p_1(V_2 - V_1)$$

поэтому $p_1 = p_2$ и $V_1 = V_2$

$$V_2 = 4V_1$$

$$\frac{1}{2} R$$

$$\frac{kg^2}{3} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) =$$

$$mv^2 = \frac{kg^2}{6} \left(\frac{1+3\sqrt{2}}{3} \right) = \frac{kg^2 + 3\sqrt{2}kg^2}{36}$$

$$\frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{6} = \frac{6\sqrt{2}+6-3\sqrt{2}-3}{6\sqrt{2}} =$$

$$v = \sqrt{\frac{k(1+3\sqrt{2})}{6mb}}$$

$$= \frac{\sqrt{2}+1}{6\sqrt{2}} = \frac{1+3\sqrt{2}}{6} = \frac{mv^2}{3m}$$

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!



$$x: \sin \alpha mg + F_{\mu} = ma$$

$$y: mg \cos \alpha = N$$

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

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

$$0 = v_0 - at$$

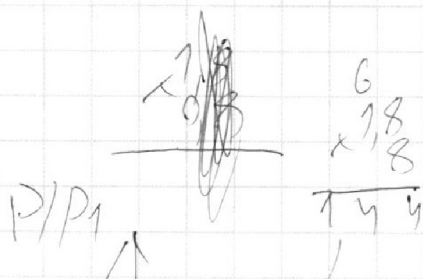
$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{u}{a} = 0.4 \text{ c}$$

$$S_{\max} = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 1.6 - 0.8 = 0.8 \text{ m}$$

$$= 0.4 - 0.2 = 0.2 \text{ m}$$

$$\frac{H}{L} = \sin \alpha$$

$$0.4 \cdot 5 = 0.2 \text{ m}$$



$$A_{12} = \frac{3}{2} n_1 V_1 R = p_1 V_1$$

$$p_1 V_2 - p_1 V_1 = 3 n_1 R T_1$$

$$p_1 V_1 = n_1 R T_1$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} n_1 R T_1 = p_1 V_2 - p_1 V_1 = p_1 V_2 - p_1 V_1$$

$$A_{23} = p_2 V_2 - p_2 V_1 = n_2 R T_2 - n_2 R T_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = C_V n_2 T_2 - C_V n_2 T_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒

МФТИ

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

I. $\Delta U = Q - A$ — эмпирическое начало термодинамики

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

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \sqrt{\Delta T_{12}} - U_2 + U_1 =$$

$$C_{12} \sqrt{4T_1 - T_1} - \nu R \cdot 4T_1 + \nu R T_1 = 3T_1 \nu \cdot 2R -$$

$$- 3T_1 \nu R = 3T_1 \nu R = 3 \cdot 400 \text{ K} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} =$$

$$= 9972 \text{ Дж}$$

$$\begin{array}{r} \times 600 \\ \times 831 \\ \hline 9972 \end{array}$$

II.

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_0}{Q_n} = 1 - \frac{Q_0}{Q_n}$$

Узнаем, какие Q относятся к Q_0 или Q_n :

$$Q_{12} = C_{12} \sqrt{\Delta T_{12}} = 2R \cdot \nu \cdot 3T_1 = 6\nu R T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \sqrt{\Delta T_{23}} = \frac{R}{2} \nu (2\sqrt{2} - 4) = -\nu R T_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$Q_{31} = C_{31} \sqrt{\Delta T_{31}} = 2,5R \nu T_1 (1 - 2\sqrt{2}) = -2,5\nu R T_1 (2 - 1)$$

$$\downarrow$$

$$Q_0 = Q_{23} + Q_{31}, \quad Q_n = Q_{12}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{6\nu R T_1 - 2\nu R T_1 + \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) + 2,5\nu R T_1 (2 - 1)}{6\nu R T_1} =$$

$$= \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx 0,15$$