



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

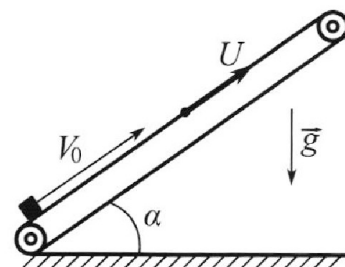
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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.



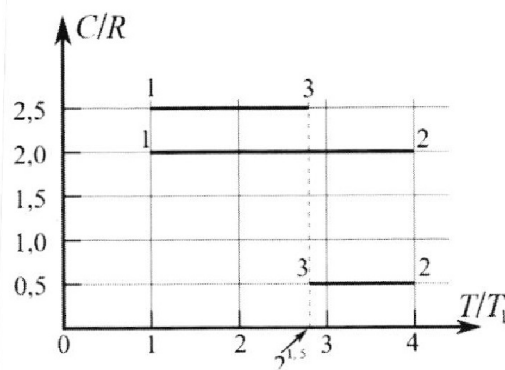
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



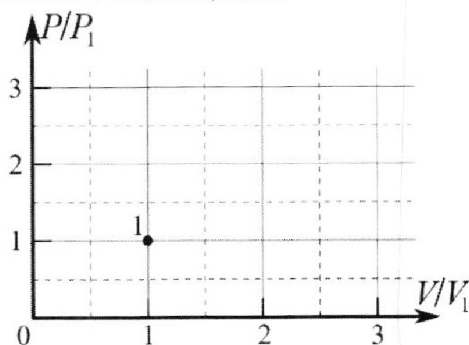
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



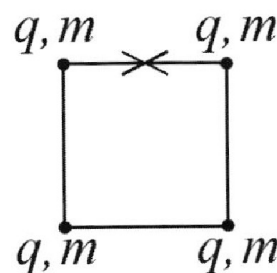
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

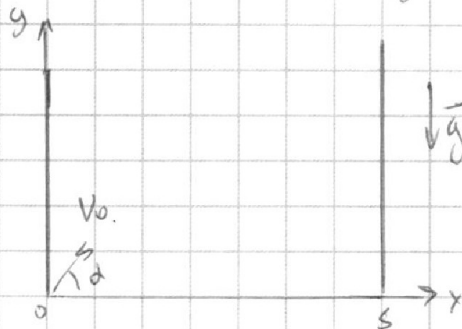
МФТИ

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



Тело, брошенное вертикально вверх, поднимается на максимальную

высоту за время $t = \frac{V_0}{g} \Rightarrow T = \frac{V_0}{g} \Rightarrow V_0 = Tg = 20 \frac{m}{c}$



Пусть угол α — угол к горизонту,
по которому маятник запущен.

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

$$y(t) = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

$S = V_0 \cos \alpha \cdot t_{max}$, где t_{max} — время полета мая до удара о стену

$$t_{max} = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$y(t_{max}) = V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{\cos \alpha \cdot V_0} - \frac{1}{2} g \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{g}{V_0^2} = \frac{g}{g^2 T^2} = \frac{1}{g T^2}$$

$$y(t_{max}) = S \cdot \tan \alpha - \frac{S^2}{2 g T^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1} \Rightarrow y(t_{max}) = S \cdot \tan \alpha - \frac{S^2}{2 g T^2 \tan^2 \alpha} - \frac{S^2}{2 g T^2}$$

~~или через дифференцирование~~

ма найдем зависимость высоты удара $h = y(t_{max})$ от $\tan \alpha$

Зависимость квадратная $\Rightarrow$ максимальное значение при h достигается

$$\tan \alpha = - \frac{\frac{S}{2 g T^2}}{- \frac{S^2}{2 g T^2 \cdot 2}} = \frac{g T^2}{S} = \frac{10 \cdot 2^2}{20} = 2$$

$$h_{max} = 20 \frac{m}{c} \cdot 2 - \frac{(20 \frac{m}{c})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot (2)^2} - \frac{(20 \frac{m}{c})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot (2)^2} = 40 \text{ м} - 20 \text{ м} - 5 \text{ м} =$$

$$= 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) $V_0 = 20 \frac{m}{c}$

2) $h_{max} = 15 \text{ м}$

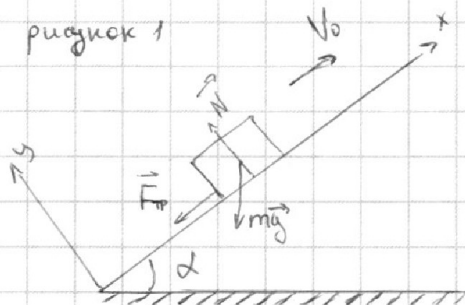
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Выберем ось Ox элемента транспорта,
а ось Oy перпендикулярно ей.

$$N - mg \cdot \cos d = 0 \quad - \text{по оси } Oy$$

$$-F_{тр} - mg \cdot \sin d = a_1 m \quad - \text{по оси } Ox,$$

где $F_{тр}$ — сила трения между коробкой и лентой, N — сила реакции опоры.

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos d$$

$$a_1 = \frac{-F_{тр} - mg \sin d}{m} = -g(\sin d + \mu \cos d) = -g(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) = -g$$

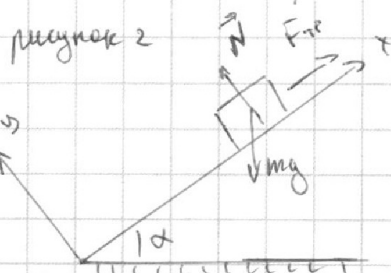
$$x_1(t) = v_0 t + \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

коробка остановится через $t_{ост} = \frac{v_0}{g} = \frac{4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2}} = 0,4 c$

За это время она пройдет расстояние $x_1 = 4 \frac{m}{c} \cdot 0,4 c - \frac{10 \frac{m}{c^2} (0,4 c)^2}{2} = 0,8 m$

После этого коробка начнет скользить вниз, т.к. $mg \sin d > F_{тр}$:



$$N - mg \cos d = 0$$

$$F_{тр} - mg \sin d = a_2 m$$

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos d = 0,2 mg$$

$$mg \sin d = 0,8 mg > F_{тр} = 0,2 mg \Rightarrow \text{коробка начнет скользить вниз}$$

$$a_2 = \frac{F_{тр} - mg \sin d}{m} = 0,6 g$$

Чтобы коробка прошла путь S , ей надо скользить вниз на $S - x_1 = 0,2 m$

$$x_2(t) = \frac{a_2 t^2}{2} = \frac{0,6 g t^2}{2} \quad (\text{время и координату от момента остановки коробки в этот момент})$$

$$\frac{0,6 g t_2^2}{2} = -0,2 (m) \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 2}{0,6 g}} = \sqrt{\frac{2}{3 \cdot 10}} = \frac{1}{\sqrt{15}} (c)$$

$$T = t_{ост} + t_2 = (0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}}) c$$

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!



Если лента транспортера движется со скоростью U , то если скорость коробки по оси Ox $v_x > U$, то сила, действующая на коробку, направлена как на рисунке 1. Если же $v_x < U$, то сила, действующая на коробку, направлена как показано на рисунке 2.

Найдем ответ на второй вопрос:

Пока скорость коробки изменяется от $v_0 > U$ до U , сила направлена как на рисунке 1, ~~тогда~~

По закону сохранения энергии $\Delta E_k + \Delta E_p = A_{тр}$

ΔE_k и ΔE_p — изменения кинетической и потенциальной энергии, $A_{тр}$ — работа силы трения.

$$\frac{m(U^2 - v_0^2)}{2} + mgh_1 = -\mu mg \cos \alpha \cdot L \quad (A_{тр} = -\mu m g \cos \alpha \cdot L, \text{ т.к. } F_{тр} \text{ направлена противоположно перемещению})$$

$$h_1 = L \cdot \sin \alpha$$

$$mgL(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{m(v_0^2 - U^2)}{2}$$

$$L = \frac{v_0^2 - U^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{18 \frac{m^2}{c^2} - 4 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot (\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8)} = 0,6 \text{ м}$$

Найдем ответ на третий вопрос.

Движение коробки можно разбить на 2 части: когда скорость коробки меньше U , и когда больше. ~~Рассмотрим~~ Часть, где скорость коробки больше U , мы уже рассмотрели, тогда искомый ответ на второй вопрос. Рассмотрим оставшуюся часть движения. Теперь сила направлена как на рисунке 2, и работа силы трения положительна.

По закону сохранения энергии

$$\frac{m(v^2 - U^2)}{2} + mgh_2 = \mu mg \cos \alpha \cdot L_2 \quad ; \quad h_2 = L_2 \cdot \sin \alpha$$



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!

~~mg/L₂~~

$$mg L_2 \cdot (\sin d - \mu \cos d) = \frac{mv^2}{2}$$

$$L_2 = \frac{v^2}{2g(\sin d - \mu \cos d)} = \frac{1}{3} \text{ (m)}$$

$$H = \Delta h_1 + \Delta h_2 = L_1 \cdot \sin d + L_2 \cdot \sin d = 0,6 \text{ m} \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,8 \text{ m} =$$

$$= \frac{224}{300} \text{ m} = \frac{56}{75} \text{ m}$$

Ответ: 1) $T = \left(0,4 + \frac{1}{15}\right) \text{ c}$

2) $L_1 = 0,6 \text{ m}$

3) $H = \frac{56}{75} \text{ m}$

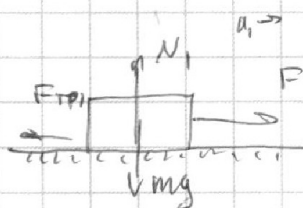
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

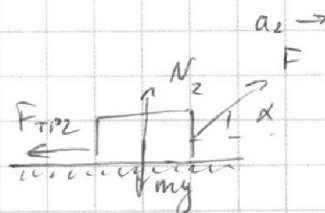


$$\begin{cases} N_1 - mg = 0 \\ F - F_{\text{тр}1} = ma_1 \end{cases}$$

$$N_1 = mg$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu mg$$

$$F - \mu mg = ma_1$$



$$\begin{cases} N_2 - mg + F \sin \alpha = 0 \\ F \cos \alpha - F_{\text{тр}2} = ma_2 \end{cases}$$

$$N_2 = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

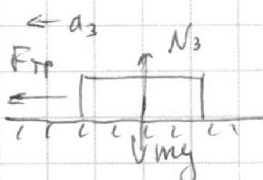
$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu mg = ma_2$$

Таким образом, так как V_0 за один период $\Rightarrow a_1 = a_2$

$$ma_1 = ma_2 \Rightarrow F - \mu mg = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu mg$$

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

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



$$\begin{cases} N_3 - mg = 0 \\ -F_{\text{тр}} = a_3 m \end{cases}$$

$$N_3 = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} mg$$

$$a_3 = -\frac{F_{\text{тр}}}{m} = -\frac{\cos \alpha - 1}{\sin \alpha} g$$

$$t = \frac{V_0}{a_3} = \frac{V_0}{\cos \alpha - 1}$$



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!

Для задачи описанной выше $T = \frac{\Delta V}{a} = \frac{-V_0}{\frac{\cos \alpha - 1}{\sin \alpha} g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)g}$

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

2) $T = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)g}$



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!

В изобарическом процессе молярная теплоемкость $C = \frac{i+2}{2} R$

$\Rightarrow$ процесс $3 \rightarrow 1$ изобарический ($C = \frac{3+2}{2} = 2,5$)

$$T_2 = 4 T_1 = 1600 \text{ K}$$

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

~~$$2R \cdot (T_2 - T_1) = A_{12} + \frac{3}{2} R \cdot (T_2 - T_1)$$~~

$$2R \cdot (T_2 - T_1) = A_{12} + \frac{3}{2} R \cdot (T_2 - T_1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} R \cdot (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 10 \cdot (1600 \text{ K} - 400 \text{ K}) =$$

$$= 8,31 \cdot 600 = 831 \cdot 6 = 4986 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

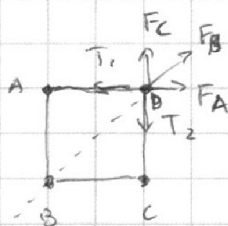
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Так как система симметрична, мы можем рассмотреть только марки (или натяжения нитей T равны)

Рассмотрим марки D. F_A, F_B и F_C - силы взаимодействия с другими шариками. Т.к. заряд шариков одинаков, будем считать их абсолютными.

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F}_C + \vec{F}_B + \vec{F}_A = 0$$

В проекции на AD:

$$-T_1 + F_A + F_B \cdot \cos 45^\circ = 0$$

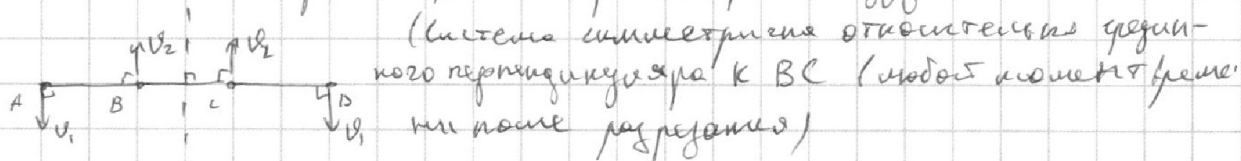
$$F_A = k \frac{q \cdot q}{b^2}$$

$$F_B = k \frac{q \cdot q}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{k q^2}{2b^2}$$

$$T = T_1 = F_A + F_B \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{k q^2}{b^2} + \frac{k q^2 \sqrt{2}}{2b^2 \cdot 2} = k \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

Найти ответ на второй вопрос.

Поскольку заряд шариков одинаков, они будут отталкиваться друг от друга, и нити станут ~~длиннее~~ натянутыми. Поскольку нити нерастяжимы, а система симметрична, ~~то~~ скорости шариков будут такими:



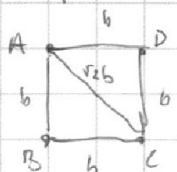
(система симметрична относительно фиксированного перпендикуляра к BC (любой момент времени) или поперечного сечения)

тогда симметрично

Т.к. внешние импульсы системы были равны 0, то $2v_1 m - 2v_2 m = 0$
(по закону сохранения импульса) $\Rightarrow v_1 = v_2 = v$

Энергия взаимодействия системы в начале:

$$\begin{aligned} W_1 &= W_{AB} + W_{AC} + W_{AD} + W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} = \\ &= k q^2 \left(\frac{4}{b} + \frac{2}{\sqrt{2}b} \right) = k q^2 \left(\frac{4}{b} + \frac{\sqrt{2}}{b} \right) = \frac{k q^2}{b} (4 + \sqrt{2}) \end{aligned}$$





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

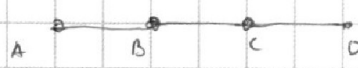
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Наименьшая
энергия системы после:



$$W_2 = W_{AB} + W_{AC} + W_{AD} + W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} =$$

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

$$\Delta E_k = -\Delta W$$

$$4 \frac{mv^2}{2} = W_1 - W_2$$

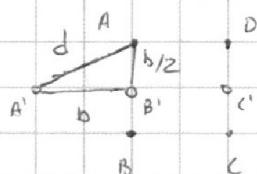
$$2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \sqrt{2} - \frac{13}{3} \right)$$

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

$$v = q \sqrt{\frac{k(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}$$

На шарик не действуют внешние силы $\Rightarrow$ центр масс остался

на месте!



Тогда кр. шарик сместился

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

Ответ! 1) $T = k \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$

2) $v = q \sqrt{\frac{k(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}$

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



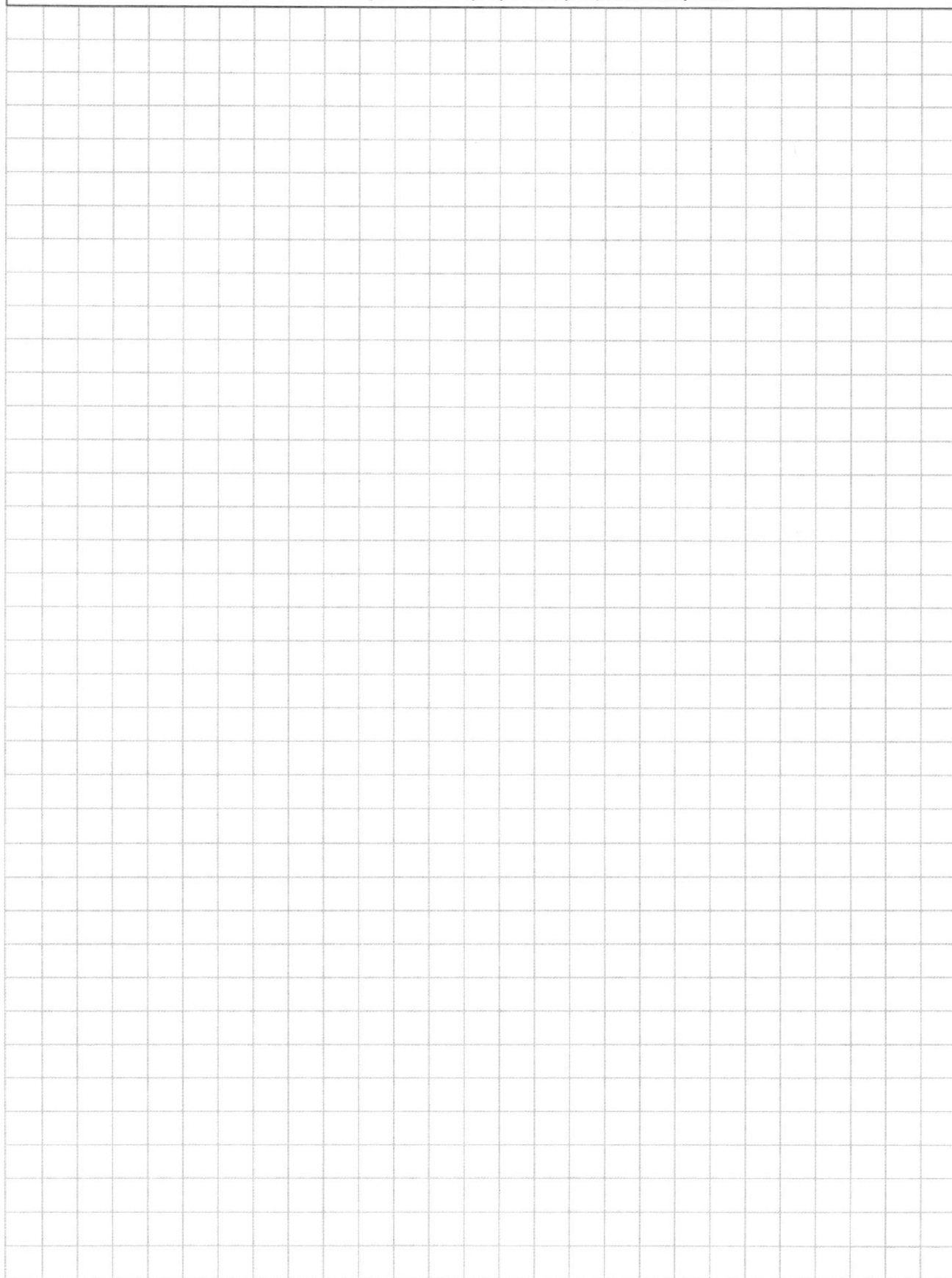
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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





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

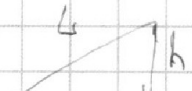
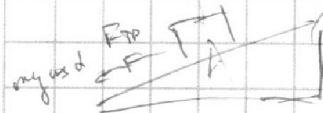
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$a = \frac{26}{30}g = \frac{13}{15}g$

$t = \frac{\Delta v}{ga} = \frac{2 \cdot 15}{13g} = \frac{30}{13 \cdot 10} = \frac{3}{13}$

$x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

$h = L \cdot \sin \alpha$



$\Delta E_k + \Delta E_p = A$

$t_m = \frac{h}{a} = \frac{-v_0}{-a}$

$\frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2} + mgh = -\mu mgs \sin \alpha \cdot L$

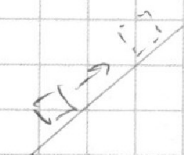
$\frac{m(v_2^2 - v_1^2)}{2} + mgh \sin \alpha = -\mu mgs \sin \alpha$

$mgL(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = \frac{m(v_1^2 - v_2^2)}{2}$

$-\frac{gt^2}{2} = -0,2$

$t^2 = \frac{2 \cdot 0,2}{0,6g}$

$\frac{0,4}{0,6} = \frac{2}{3 \cdot 105}$



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

$x_m = 4,04 - \frac{10 \cdot (0,4)^2}{2} = 1,6 - \frac{10 \cdot 0,16}{2} = 0,8$

$\Delta E_k + \Delta E_p$

$0,6 \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,8$

$\frac{6 \cdot 8}{100} + \frac{8}{30} = \frac{154}{300}$

$\frac{144}{300} + \frac{80}{300} = \frac{224}{300} = \frac{112}{150} = \frac{56}{75}$

$\frac{2^2}{2 \cdot 10 \cdot (0,8 - 0,2)} = \frac{2^2}{2 \cdot 10 \cdot 0,6} = \frac{1}{5 \cdot 0,6} = \frac{1}{3}$



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

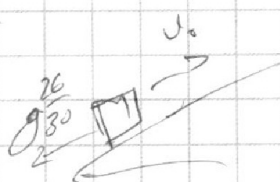
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$a = \frac{26}{300} g$$

$$t = \frac{v}{a} = \frac{4 \cdot 30}{26}$$

$$\frac{4 \cdot 30}{26 \cdot 10} = \frac{12}{26}$$



$$x(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g \frac{26}{30} t^2$$

$$x_{\max} = 4 \cdot \frac{12}{26} - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \frac{26}{30} \cdot \frac{12^2}{26^2} = \frac{1}{26} \left(4 \cdot 12 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \frac{26}{30} \cdot 12^2 \right) =$$

$$= \frac{1}{26} \left(4 \cdot 12 - \frac{2 \cdot 12 \cdot 12}{2} \right) = \frac{1}{26} (24) = \frac{12}{26} = \frac{6}{13} \text{ - максимум достигается}$$

$$x_1(t) = \frac{g t^2}{2} = \frac{1}{13}$$

$$t_1 = \frac{1}{13} \cdot \frac{2}{g} = \frac{1}{13} \cdot \frac{2}{26 \cdot 13} = \frac{30}{13^2}$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{30}}{13}$$

$$t = t_2 + t_1 = \frac{\sqrt{30}}{13} + \frac{6}{13} = \frac{6 + \sqrt{30}}{13}$$

$$x_1(t) = \frac{g t^2}{2} = \frac{1}{13}$$

$$\frac{1}{2} g t_2^2 = \frac{1}{13}$$

$$g t_2^2 = \frac{2}{13}$$

$$t_2^2 = \frac{2}{130} = \frac{1}{65}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{65}}$$

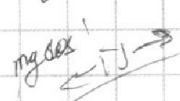
$$-\frac{b}{2a} =$$

$$40 - \frac{20 \cdot 10}{2 \cdot 10 \cdot 1} \cdot 2^2$$

$$40 - \frac{20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2} \cdot 2^2 - \frac{20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2}$$

$$40 - 20 - 5$$

$$T = \frac{6}{13} + \sqrt{\frac{3}{65}}$$



$$a = g \left(\cos 30 - \frac{1}{3} \sin 30 \right)$$

$$= g \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{6} \right) = \frac{g}{6} \left(\sqrt{3} - \frac{1}{2} \right)$$

$$= \frac{10}{30} - \frac{1}{30} = \frac{9}{30} = \frac{3}{10}$$

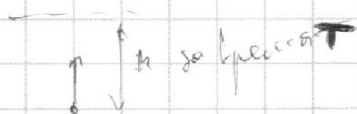
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$v_0 = gT = 20 \frac{m}{s}$$

$$\frac{v_0^2}{2}$$

$$\frac{g}{v_0^2} = \frac{g}{g^2 T^2} = \frac{1}{gT^2}$$

$$S \cdot \lg h = \frac{S^2}{gT^2} \lg^2 h - \frac{S^2}{gT^2} = h$$

$$f(\lg h) = -\frac{S^2}{gT^2} \lg^2 h + S \lg h - \frac{S^2}{gT^2} = 0$$

$$\lg h_{max} = -\frac{b}{2a} = +\frac{S}{2 \cdot (-\frac{S^2}{gT^2})} =$$

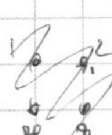
$$= \frac{S}{2 \cdot \frac{S^2}{gT^2}} = \frac{S g T^2}{2 S^2} = \frac{g T^2}{2 S} = \frac{10 \cdot 4}{2 \cdot 20} = 1$$

$$h_{max} + 2 = \frac{S^2}{gT^2} \cdot 1^2 + S \cdot 1 - \frac{S^2}{gT^2} =$$

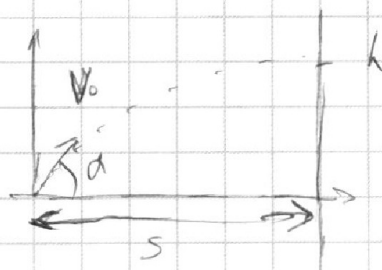
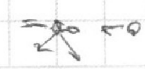
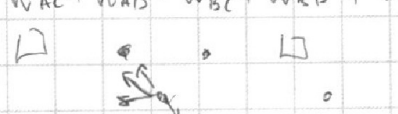
$$= -\frac{20^2}{10 \cdot 4} + 20 - \frac{20^2}{10 \cdot 4} = -10 + 20 - 10 = 0$$

$$h_2 = -\frac{20^2}{10 \cdot 4} \cdot \frac{1}{4} + 20 \cdot \frac{1}{2} - \frac{20^2}{10 \cdot 4} = -2,5$$

$$F = k \frac{q^2}{r^2} \quad W_1 = \frac{k q^2}{r}$$



$$W_1 = W_{AB} + W_{AC} + W_{AD} + W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} = k q^2 \left(\frac{1}{b} + \frac{2}{\sqrt{2}b} \right) = k q^2 \left(\frac{1}{b} + \frac{\sqrt{2}}{b} \right)$$



$$v_0 \cos \alpha \cdot t_{max} = S$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot t_{max} - \frac{g t_{max}^2}{2} = h$$

$$t_{max} = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

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

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

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1} = \frac{1}{\frac{g S^2}{2 v_0^2 \tan^2 \alpha} + 1}$$

$$\frac{1}{\tan^2 \alpha} = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}{g S^2} = \frac{\cos^2 \alpha}{1 - \cos^2 \alpha}$$

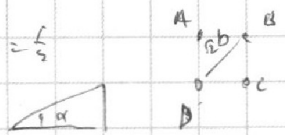
$$\tan^2 \alpha = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1$$

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

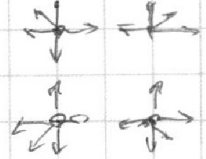
$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1}$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{2}$$



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





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!

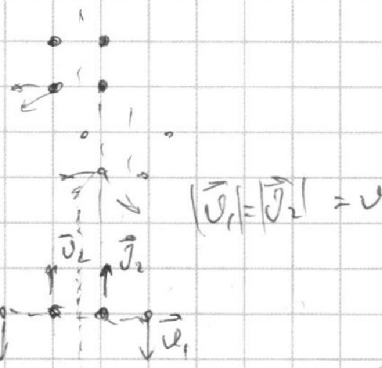
$W_2 = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} = W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} =$

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

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

$W_1 = \frac{kq^2(4+8)}{b}$

$d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \sqrt{\frac{5}{4}b} = \frac{\sqrt{5}}{2}b$



$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$

$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$
 $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$
 $\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{5}} = 0,447$
 $\sin \beta = \frac{2}{\sqrt{5}} = 0,894$

$\Delta E_k = -\Delta W$

$4 \cdot \frac{mv^2}{2} = -(W_2 - W_1) = W_1 - W_2 =$

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

$\Delta mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$

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

$v = q \sqrt{\frac{k \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)}{2mb}}$

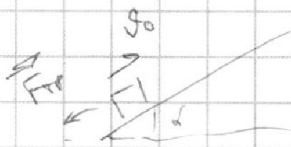
$\mu \sin \alpha =$

$T = \frac{1}{3} \cdot 0,2 = \frac{2}{30} = 0,06$

$K = \frac{8}{30} + \frac{6}{10} = \frac{26}{30}$

$N = mg \cdot \sin \alpha$

$F_{\text{тр}} = \mu mg \sin \alpha$



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

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



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

$0 = \frac{1}{2}g(\mu \sin \alpha + \cos \alpha)t^2 - v_0 t + x = 0$

$\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \frac{26}{30} t^2 - 4t + 1 = 0$

$13t^2 - 12t + 3 = 0$

$D = 144 - 4 \cdot 13 \cdot 3$

$15 \frac{62}{132} - 12 \frac{62}{132} + 3 = 0$

$\frac{13}{3} t^2 - 4t + 1 = 0 / \cdot 3$
 $13t^2 - 12t + 3 = 0$