



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.

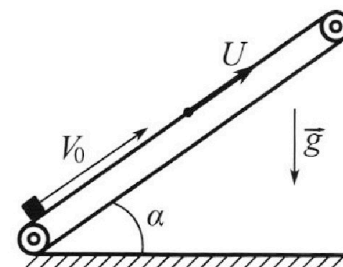
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>. 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.

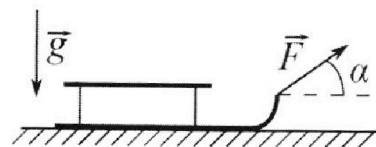
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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  $\mu$  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.



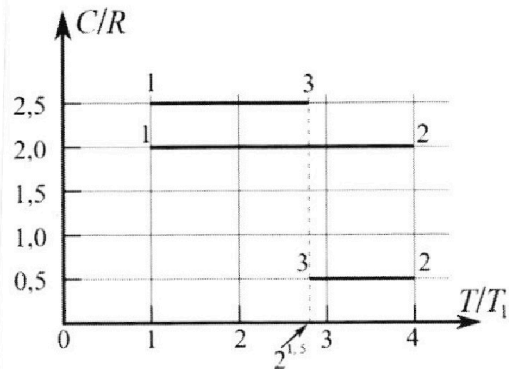
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

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



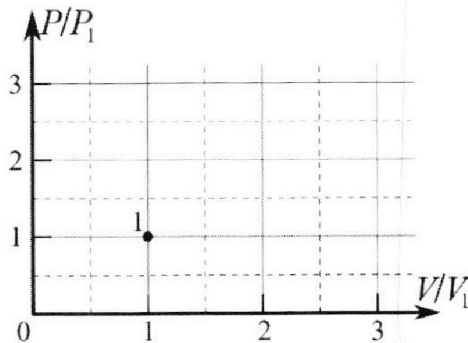
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



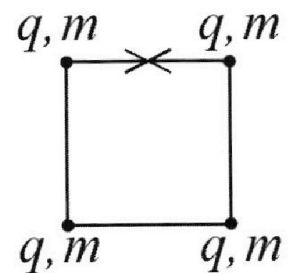
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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

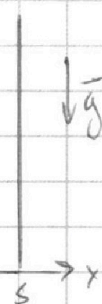
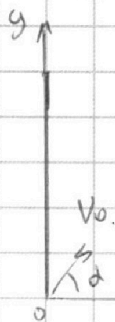
МФТИ

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  $\alpha$  — угол к горизонту, по которому был брошен.

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

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

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

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

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

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

$$y(t_{max}) = s \cdot \text{tg} \alpha - \frac{s^2}{2 g T^2 \cos^2 \alpha}$$

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

~~Итак, требуется найти~~

максимальную зависимость высоты удара  $h = y(t_{max})$  от  $\text{tg} \alpha$

Зависимость квадратная  $\Rightarrow$  максимальное значение при  $h$  достигается

$$\text{tg} \alpha = - \frac{s}{-\frac{s^2}{2 g T^2}} = \frac{g T^2}{s} = \frac{10 \cdot 2^2}{20} = 2$$

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

$$= 15 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $V_0 = 20 \frac{m}{c}$

2)  $h_{max} = 15 \text{ м}$

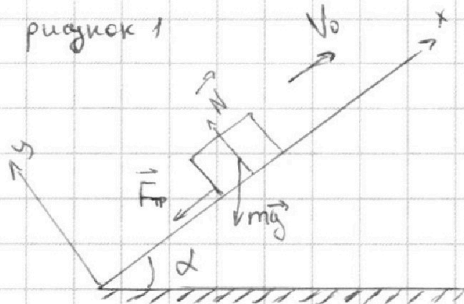
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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  $Ox$  вдоль элемента транспортера, 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 скольжения коробки по ленте,  $N$  - сила реакции опоры.

$$F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos d$$

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

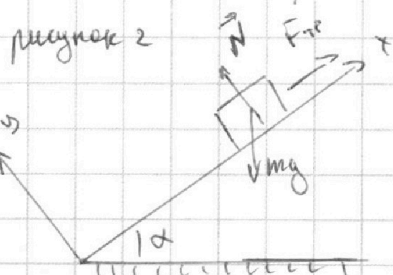
$$x_1(t) = v_0 t + \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$x_2(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

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  $S - x_1 = 0,2 m$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<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!

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:

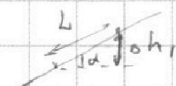
Пока скорость коробки изменяется от  $v_0 > U$  до  $U$ , сила направлена как на рисунке 1, ~~тогда~~

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

$\Delta E_k$  и  $\Delta E_p$  - изменения кинетической и потенциальной энергии,

$A_{тр}$  - работа силы трения.

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

$$h_1 = L \cdot \sin d$$


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

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

Найдем ответ на третий вопрос.

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

По закону сохранения энергии

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

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!



~~mg/L2~~

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

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

$$H = \Delta h_1 + \Delta h_2 = L_1 \cdot \sin d + L_2 \cdot \sin d = 0,6 \text{ m} \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,8 \text{ m} =$$
$$= \frac{224}{300} \text{ m} = \frac{56}{75} \text{ m}$$

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

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

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

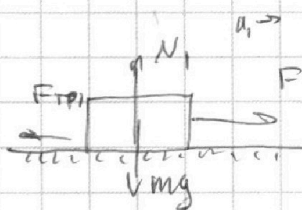
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

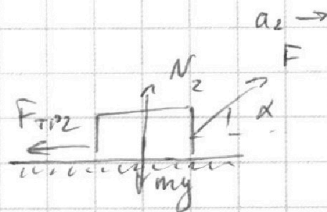


$$\begin{cases} N_1 - mg = 0 \\ F - F_{\text{тр}1} = ma_1 \end{cases}$$

$$N_1 = mg$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu mg$$

$$F - \mu mg = ma_1$$



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

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

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

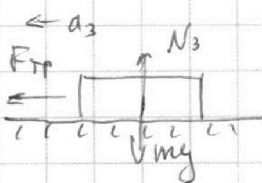
$$F \cdot \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu mg = ma_2$$

Линии разговора с координатой  $x$  за один период  $\Rightarrow a_1 = a_2$

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

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

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



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

$$N_3 = mg$$

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

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

$$a_3 = \frac{v_0}{\cos \alpha}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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

Для камня останется угол  $T = \frac{\Delta v}{a} = \frac{-V_0}{\frac{\cos \alpha - 1}{\sin \alpha} g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$

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
<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!

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: 1)  $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

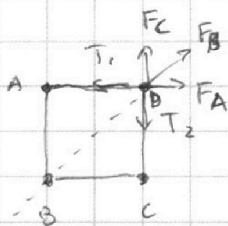
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 любой шарик (шары нажимаются штырей  $T$  равнов.)

Рассмотрим шарик D.  $F_A, F_B$  и  $F_C$  - силы взаимодействия шариков. Т.к. заряды шариков одинаковые, будем считать их абсолютными.

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

В проекции на AD:

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

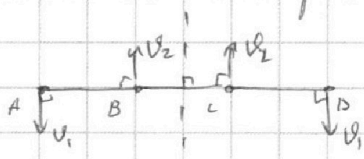
$$F_A = k \frac{q \cdot q}{b^2}$$

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

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

Найти ответ на второй вопрос.

Поскольку заряды шариков одинаковы, они будут отталкиваться друг от друга, и штыри станут ~~равно~~ натянутыми. Поскольку штыри перпендикулярны, а система симметрична, ~~то~~ скорости шариков будут такими:



(система симметрична относительно среднего перпендикуляра к BC (любой момент времени) или поше разрезания)

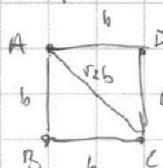
тогда симметрично

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 шаров системы вначале:

$$W_1 = W_{AB} + W_{AC} + W_{AD} + W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} =$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

Наименее энергия  
энергии системы после:

$W_2 = W_{AB} + W_{AC} + W_{AD} + W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} =$   
 $= kq^2 \left( \frac{3}{b} + \frac{2}{2b} + \frac{1}{3b} \right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{13}{3}$

$\Delta E_k = -\Delta W$

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

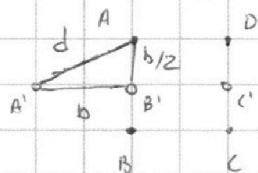
$2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left( 4 + \sqrt{2} - \frac{13}{3} \right)$

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

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

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

на месте:



Тогда кривые шарик сместился

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

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



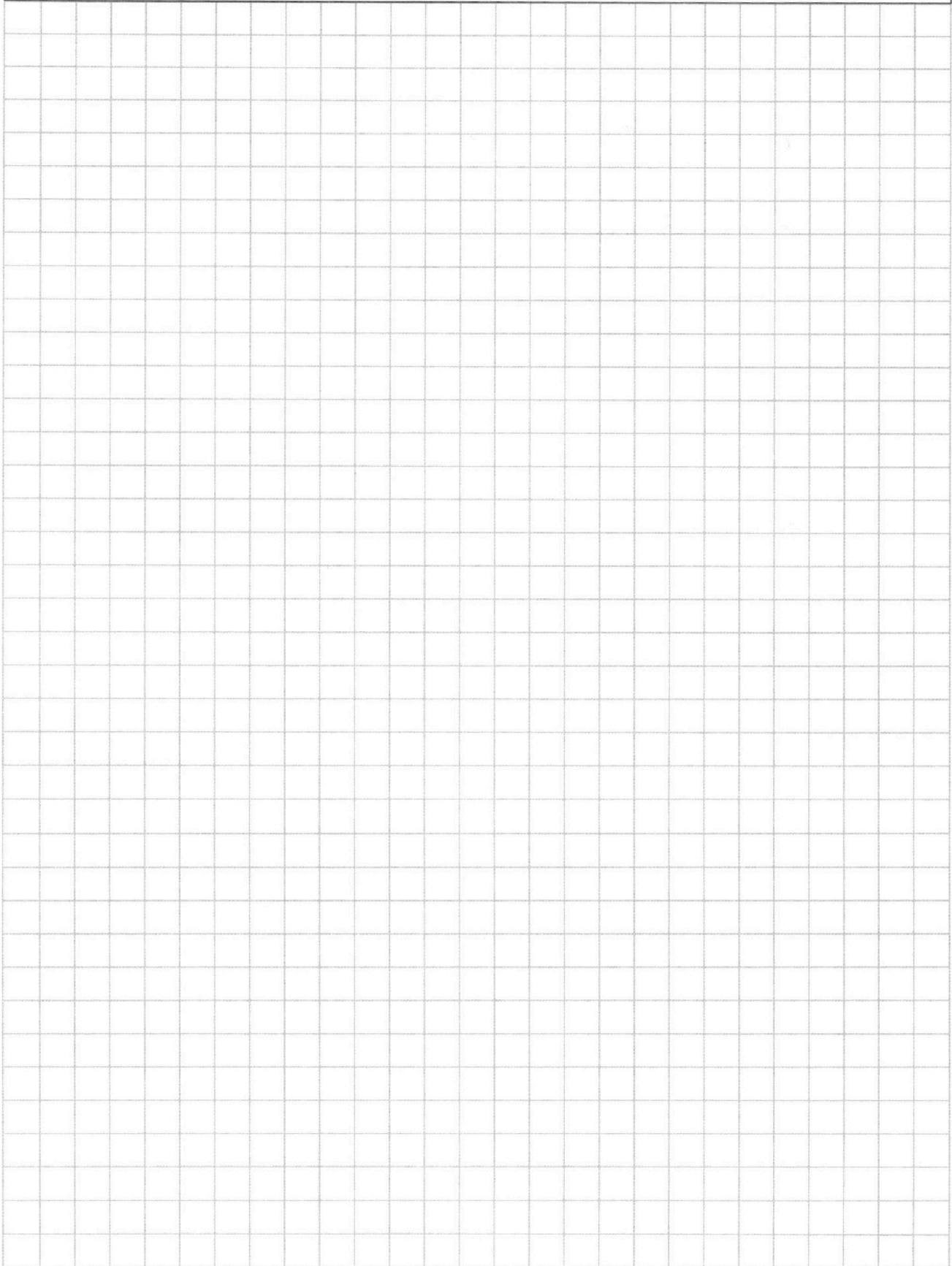
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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





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

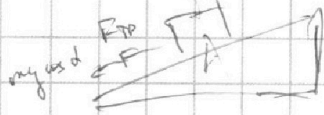
Отметьте крестиком номер задачи,

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!

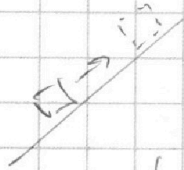
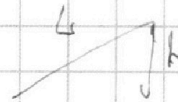


$$a = \frac{26}{30}g = \frac{13}{15}g$$

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

$$h = L \cdot \sin \alpha$$

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



$$\Delta E_k + \Delta E_p = A$$

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

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

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

$$\frac{-5 t^2}{2} = -0,2$$

$$t^2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{0,5g}}$$

$$\frac{0,4}{9,8} = \frac{2}{3 \cdot 10^5}$$

$$\Delta E_k + \Delta E_p = 12,6 \cdot 10^{-1} = 0,6$$

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

$$\mu \cdot 3 = 144$$



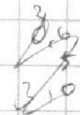
$$\frac{6 \cdot 8^{102}}{100} + \frac{8^{110}}{30} = \frac{154}{300}$$

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

$$\frac{144}{300} + \frac{80}{300} =$$

$$= \frac{1}{5 \cdot 0,6}$$

$$\approx \frac{224}{300} = \frac{112}{150} = \frac{56}{75}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



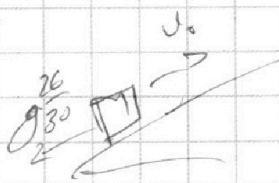
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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



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

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

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

$$= \frac{1}{26} \left( 4 \cdot 12 - \frac{2 \cdot 12 \cdot 12}{2 \cdot 30} \right) = \frac{1}{26} (24) = \frac{12}{13} \text{ - максимум достигается}$$

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

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

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

$$t = t_2 + t_1 = \frac{\sqrt{30}}{13} + \frac{2}{13} = \frac{6 + \sqrt{30}}{13} = \frac{18}{30} - \frac{9}{30} = \frac{9}{30} = \frac{3}{10}$$

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

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

$$g t_2^2 = \frac{6}{13}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{6}{65}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{3}{65}}$$

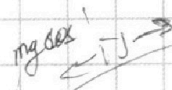
$$-\frac{b}{2a} =$$

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

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

$$40 - 20 - 5$$

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



$$a = g(\cos \alpha - \frac{1}{3} \sin \alpha)$$

$$= g \left( \frac{26}{30} - \frac{1}{3} \cdot \frac{10}{30} \right) =$$

$$= \frac{18}{30} - \frac{10}{30} = \frac{8}{30} = \frac{4}{15}$$

$$= \frac{1}{3} g$$

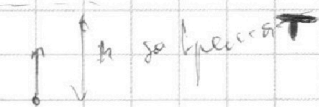
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$v = gt \quad V_0 = gT = 20 \frac{m}{s}$$

$$\frac{V_0^2}{g}$$

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

$$S \cdot \frac{1}{g} = \frac{S^2}{gT^2} \Rightarrow \frac{S^2}{gT^2} = h$$

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

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

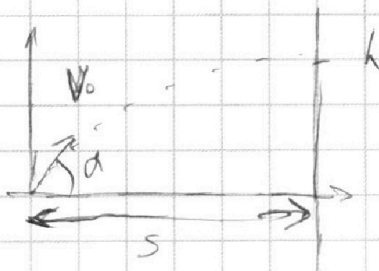
$$= \frac{S}{2 \frac{S^2}{gT^2}} = \frac{S g T^2}{2 S^2} = \frac{g T^2}{2 S} = \frac{10 \cdot 4}{2 \cdot 20} = 1 \text{ м}$$

$$h_{\max} + 2 = \frac{S^2}{gT^2} + S \cdot 1 = \frac{S^2}{gT^2} + \frac{S}{gT} = 10 + 20 = 30$$

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

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

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



$$V_0 \cos \alpha \cdot t_{\text{max}} = S$$

$$V_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{max}} - \frac{g t_{\text{max}}^2}{2} = h$$

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

$$V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = h$$

$$S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = h$$

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

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

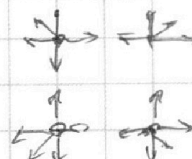
$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{2}{1 - \cos^2 \alpha} \Rightarrow 1 - \cos^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha \Rightarrow 1 = 3 \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 3$$

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

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\frac{1}{\cos^2 \alpha} + 1} = \frac{1}{3 + 1} = \frac{1}{4}$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7



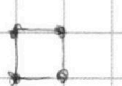
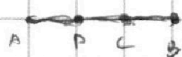
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$W_2 = W_{k1} + W_{k2} + W_{k3} + W_{el1} + W_{el2} + W_{el3} =$$

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

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



$$W_1 = kq^2(4 + \frac{1}{3})$$

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



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

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

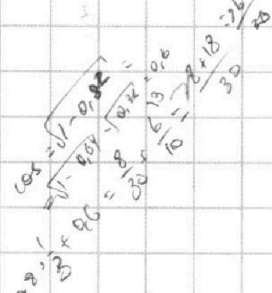
$$4 \cdot \frac{mv^2}{2} = -(W_2 - W_1) = W_1 - W_2$$

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

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

$$v^2 = \frac{kq^2 \left( \frac{1}{3} - \frac{13}{3} \right)}{2mb}$$

$$\Rightarrow v = \frac{q}{\sqrt{2mb}} \sqrt{k \left( \frac{1}{3} - \frac{13}{3} \right)}$$

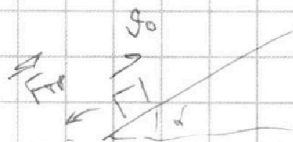


$$\mu \sin \alpha =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 0.6 = \frac{2}{30} = 0.06$$

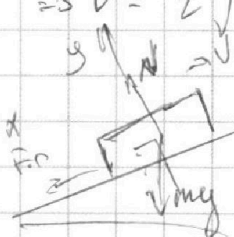
$$= \frac{8}{30} + \frac{6}{30} = \frac{14}{30}$$

$$N = mg \cdot \sin \alpha$$



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

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



$$F_{p0} = \mu mg \sin \alpha$$

$$x = v_0 t - \frac{at^2}{2} = v_0 t - \frac{g(\mu \sin \alpha + \cos \alpha)t^2}{2} \quad F_{rx} = 0.6 mg$$

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

$$\frac{26}{2} = \frac{13}{10}$$

$$\frac{10}{70} = \frac{1}{7}$$

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

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

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

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

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

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