



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

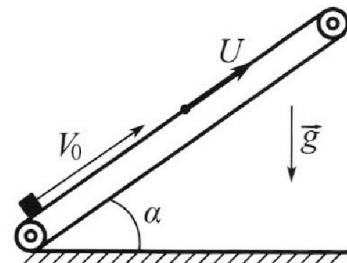


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.  
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.  
2) Теннисист посыпает 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  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Со противление 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 покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ . Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



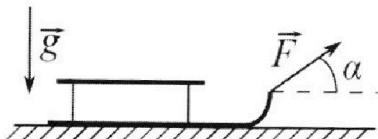
- 1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1 \text{ м}$ ?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ .

- 2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2 \text{ м/с}$ ?  
3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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**

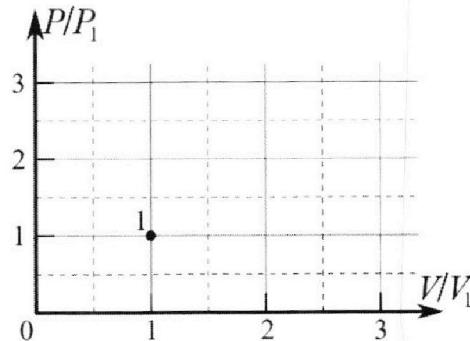
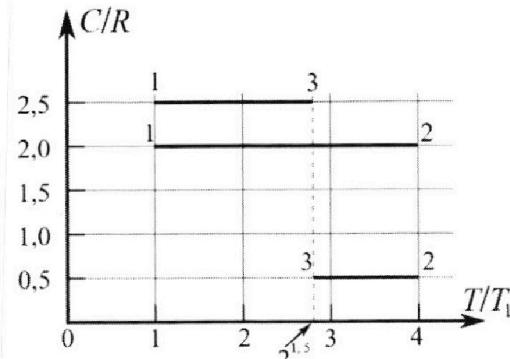
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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  $q$ .

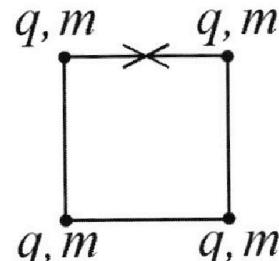
1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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

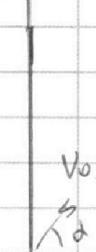
**МФТИ**

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

Тело, движущееся вертикально вверх, поднимается на максимальную

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

$y$



$\sqrt{g}$

Путь угла  $\alpha$  - угол к горизонту,  
на который тело был 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 тела до земли остановки

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

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

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

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

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

~~здесь стоят коэффициенты~~

и зависимость высоты тела от угла  $h = y(t_{\max})$  от  $\operatorname{tg} \alpha$

$h$  достигает

Зависимость параболическая  $\Rightarrow$  максимальное значение при

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

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

$$\approx 15 m$$

$$\text{Options: } 1) V_0 = 20 \frac{m}{s}$$

$$2) h_{\max} = 15 m$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

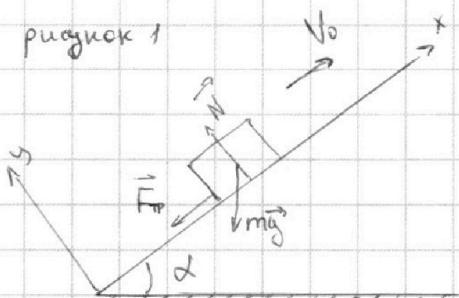


- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

рисунок 1



Начнем се  $\dot{x}$  будь лента транспортера,

а се  $\dot{y}$  перпендикулярно ей.

$$N - mg \cdot \cos \alpha = 0 \quad - \text{но се } \dot{y}$$

$$-F_{tr} - mg \cdot \sin \alpha = a_1 m \quad - \text{но се } \dot{x}$$

изе  $F_{tr}$  - сила трения скольжения коробки по ленте,  $N$  - сила реакции опоры.

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - (0,8)^2} = 0,6$$

$$F_{tr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

$$x_1(t) = V_0 t + \frac{a_1 t^2}{2}$$

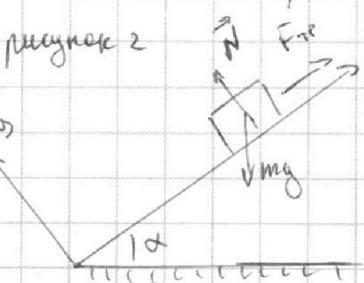
$$x_1(t) = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\text{коробка остановится через } t_{oc} = \frac{V_0}{g} = \frac{4 \frac{m}{s}}{10 \frac{m}{s^2}} = 0,4 \text{ c}$$

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

После этого коробка начнет скользить по ленте, т.к.  $mg \sin \alpha > F_{tr}$ :

рисунок 2



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

$$F_{tr} - mg \sin \alpha = a_2 m$$

$$F_{tr} = \mu N = \mu mg \cos \alpha = 0,2 mg$$

$$mg \sin \alpha = 0,8 mg > F_{tr} = 0,2 mg \Rightarrow \text{коробка начнет скользить по ленте}$$

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

Чтобы коробке промахнуться, ей надо скользить по ленте на  $S - x_1 = 0,2 \text{ m}$

$$x_2(t) = \frac{a_2 t^2}{2} = \frac{0,6 g t^2}{2} \quad \text{(считая время начиная от момента остановки)}$$

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

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



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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 шнур 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  $v_0 > U$  горизонтально, сила направлена как на рисунке 1, ~~вправо~~.

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

$\Delta E_k$  и  $\Delta E_p$  – изменение кинетической и потенциальной энергий,

$A_{tr}$  – работа силы трения.

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

направлена противоположно движению)

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

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

$$L = \frac{V_0^2 - U^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{\frac{18}{c^2} - 4 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = 0,6 \text{ м}$$

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  $U$ , что уже рассмотрели, когда ищем ответ на второй вопрос. Рассмотрим оставшуюся часть движения. Теперь сила направлена как на рисунке 2, и работа силы трения положительна.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

~~важно~~

$$m g L_2 \cdot (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{m u^2}{z}$$

$$L_2 = \frac{u^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

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

$$= \frac{224}{360} \text{ м} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

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

2)  $L_1 = 0,6 \text{ м}$

3)  $H = \frac{56}{75} \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

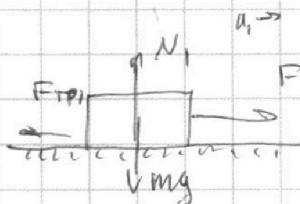
решение которой представлено на странице:



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

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

МФТИ

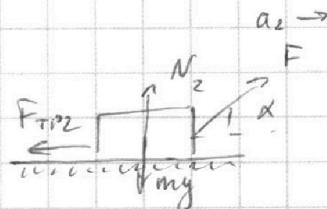


$$\begin{cases} N_1 - mg = 0 \\ F - F_{tr1} = ma_1 \end{cases}$$

$$N_1 = mg$$

$$F_{tr1} = \mu N_1 g$$

$$F - \mu mg = ma_1$$



$$\begin{cases} N_2 - mg + F \cdot \sin \alpha_2 = 0 \\ F \cdot \cos \alpha_2 - F_{tr2} = ma_2 \end{cases}$$

$$N_2 = mg - F \sin \alpha_2$$

$$F_{tr2} = \mu N_2 g = \mu (mg - F \sin \alpha_2)$$

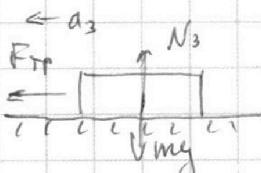
$$F \cdot \cos \alpha_2 + \mu (mg - F \sin \alpha_2) - \mu mg = ma_2$$

Скорость разгоняется со  $\alpha_1$  до  $\alpha_2$  со временем  $t$   $\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$

$$ma_1 = ma_2 \Rightarrow F - \mu mg = F \cos \alpha_2 + \mu F \sin \alpha_2 - \mu mg$$

$$F = F \cos \alpha_2 + \mu F \sin \alpha_2$$

$$1 = \cos \alpha_2 F / \mu F \sin \alpha_2 \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha_2}{\sin \alpha_2}$$



$$\begin{cases} N_3 - mg = 0 \\ -F_{tr3} = a_3 m \end{cases}$$

$$N_3 = mg$$

$$F_{tr3} = \mu N_3 g = \frac{1 - \cos \alpha_3}{\sin \alpha_3} mg$$

$$a_3 = -\frac{F_{tr3}}{m} = \frac{\cos \alpha_3 - 1}{\sin \alpha_3} g$$

$$a_3 = \frac{V_0}{t} = \frac{V_0}{\cos \alpha_3}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

Решение (лампа останавливается через)  $T = \frac{\alpha V}{a} = \frac{-V_0}{\cos \alpha - 1} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(\sin \alpha)^2 g}$

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  $C = \frac{i+2}{2} R$

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

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

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

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

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

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

$$= 8,31 \cdot 600 = 831 \cdot 6 = 4986 \text{ J/m}$$

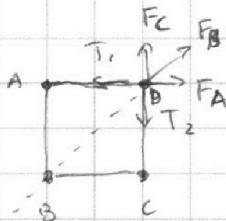
Ответ: 1)  $A_{12} = 4986 \text{ J/m}$



- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ.

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



Так как система симметрична, то можем рассмотреть любой шарик (шарики наименее лёгкие Т работают)

Рассмотрим шарик D.  $F_A, F_B$  и  $F_C$  - это балансировочные силы для этого шарика. Т.к. зеркальные массы одинаковы, будем считать их одинаковыми.

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

В проекции на AD:

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

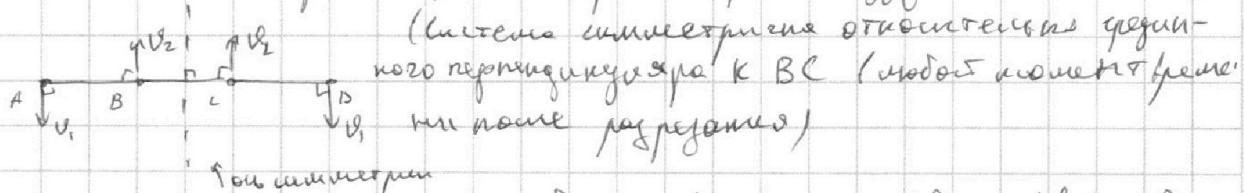
$$F_A = k \frac{q \cdot q}{b^2}$$

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

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

Найдем ответ на второй вопрос.

Поскольку зеркальные массы одинаковы, они будут вращаться группами, и путь скажется для каждого тела одинаковым. Поскольку пути пересекаются, а система симметрична, скорости шариков будут также.



Т.к. винтовое движение системы будет вектором  $\omega$ , то  $2\dot{\theta}, m - 2\dot{\theta}, m = 0$  (по закону сохранения импульса)  $\Rightarrow \dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_2 = \dot{\theta}$

Эти две балансировочные силы равны!

$$\begin{aligned} W_{\text{сум}} &= W_{AB} + W_{AD} + W_{AO} + W_{BC} + W_{BD} + W_{CD} = \\ &= kq^2 \left( \frac{4}{b} + \frac{\sqrt{2}}{b} \right) = kq^2 \left( \frac{4}{b} + \frac{\sqrt{2}}{b} \right) = \frac{kq^2}{b} (4 + \sqrt{2}) \end{aligned}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

Гравитационная  
система после?

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

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

$$4 \frac{mv^2}{2} = W_1 - W_2 \Rightarrow \cancel{\text{для}}$$

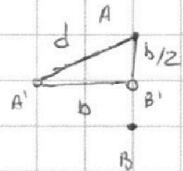
$$2mv^2 = \frac{kg^2}{b} \left( 4 + \sqrt{2} - \frac{13}{3} \right)$$

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

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

На систему не действуют внешние силы  $\Rightarrow$  Центр масс сдвигается

на величину



Тогда координаты центра масс сместились

$$\text{на } d = \sqrt{b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{4} b$$

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

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

$$3) d = \frac{\sqrt{5}}{4} b$$



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"/> |

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

**МФТИ**

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

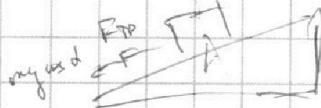


- |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ

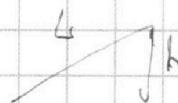
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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



$$f = \frac{\Delta V}{g a} = \frac{2 \cdot 15}{13 g} = \frac{30}{13 \cdot 16} = \frac{3}{13} \quad h = L \cdot \sin \alpha$$

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



$$\Delta E_k + \Delta E_p = \Delta E$$

$$m(v_2^2 - v_1^2) + mg \Delta h = -\mu m g \sin \alpha L$$

$$t_m = \frac{b}{a} = \frac{-v_0 \sin \alpha}{-g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$m(v_2^2 - v_1^2) + mg \Delta h = -\mu m g \sin \alpha L$$

$$x = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{10 \cdot 0,16} = 0,9$$

$$m(v_2^2 - v_1^2) + mg \Delta h = -\mu m g \sin \alpha L$$

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

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

$$t_L^2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{0,6g}} = \frac{2}{3 \cdot 10,5}$$

$$\Delta E_k + \Delta E_p = \frac{12}{2} \cdot 0,1 = 0,6$$

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

$$0,48 + 0,267 = 0,747$$

$$\frac{6}{10} + \frac{8}{10}$$

$$\frac{6 \cdot 8}{100} + \frac{8}{30} = \frac{184}{300}$$

$$\frac{22}{2 \cdot 10 \cdot (0,8 - 0,2)} = \frac{2}{10 \cdot 0,6}$$

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

$$\frac{2}{10 \cdot 0,6} = \frac{2}{60} = \frac{1}{30}$$

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

$$\frac{2}{30}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

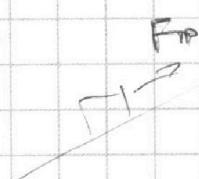
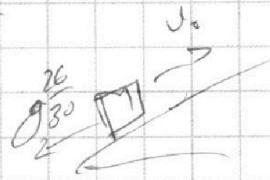
МФТИ

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

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

$$t = \frac{18}{a} = \frac{18}{\frac{26}{30} g} = \frac{9 \cdot 30}{26} = \frac{270}{26}$$

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



$$h(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

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

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

$$= \frac{1}{26} \left( 4 \cdot 12 - \frac{216 \cdot 12}{60} \right) = \frac{1}{26} (24) = \frac{12}{13} \text{ - максимальная высота}$$

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

$$\frac{gt^2}{2} = \frac{1}{13} \cdot \frac{2}{g} = \frac{1}{13} \cdot \frac{2}{g} \cdot \frac{30}{2} = \frac{30}{13^2} \quad a = g(\cos \alpha - \frac{1}{3} \sin \alpha)$$

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

$$t = t_2 + t_1 = \frac{\sqrt{30}}{13} + \frac{6}{13} = \frac{6 + \sqrt{30}}{13} = \frac{18}{30} - \frac{8}{30} = \frac{10}{30}$$

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

$$\text{надо} \rightarrow$$

$$a = g(\cos \alpha - \frac{1}{3} \sin \alpha) \\ = g(0,6 - \frac{1}{3} \cdot 0,8) = \\ = 0,6 - \frac{0,8}{3} = \\ = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$$

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

$$-\frac{b}{2a} = \frac{40 - \frac{20 \cdot 20}{240 \cdot 4} \cdot 2^2}{240 \cdot 4}$$

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

$$40 - \frac{20 \cdot 2^2}{240 \cdot 4} \cdot 2^2 - \frac{20 \cdot 4}{240 \cdot 4}$$

$$t_2^2 = \frac{6}{130} = \frac{3}{65}$$

$$40 - 20 - 5$$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

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

$$\begin{aligned} &= \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{3b} = kq^2 \left( \frac{3}{b} + \frac{2}{2b} + \frac{1}{3b} \right) \\ &= kq^2 \left( \frac{4}{b} + \frac{1}{3b} \right) = \frac{13}{35} kq^2 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

симметрия

$$\begin{aligned} \mu s \sin \alpha &= \frac{kq^2(\sqrt{2}-\frac{1}{3})}{2mb} \\ v &= \sqrt{\frac{k(\sqrt{2}-\frac{1}{3})}{2mb}} \\ v &= \sqrt{\frac{8}{30} \cdot 0,02} \\ &= \frac{2}{3} \cdot 0,02 \\ &= \frac{2}{30} = \frac{1}{15} \end{aligned}$$

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

$$F_{TQ} = \mu m g \sin \alpha$$

$$x = v_0 t - \frac{ab^2}{2} = v_0 t - \frac{g}{2} t^2 - v_0 t - \frac{g}{2} (\mu s \sin \alpha + \cos \alpha) t^2 F_{Tx} = 0,6 \text{ N}$$

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

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

$$\frac{w}{70} = \frac{1}{3}$$

$$\begin{aligned} 13t^2 - 12t + 3 &= 0 \\ 13t^2 - 12t + 3 &= 0 \\ 13t^2 - 12t + 3 &= 0 \end{aligned}$$

$$D = 14n - 4 \cdot 13^3$$

$$13 \cdot \frac{62}{13^2} = \frac{13 \cdot 12}{13^2} + 3 = 0$$