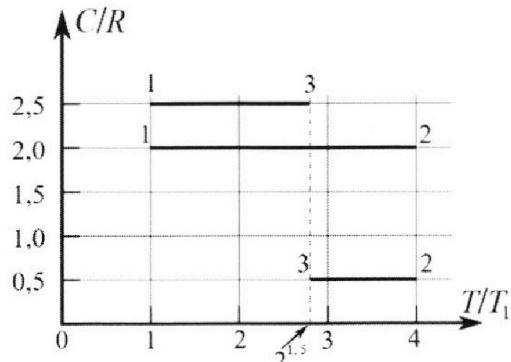


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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

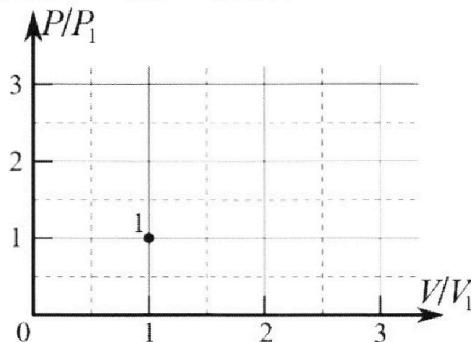
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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

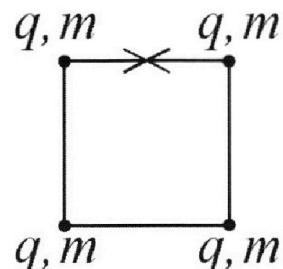
1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

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.





# 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.

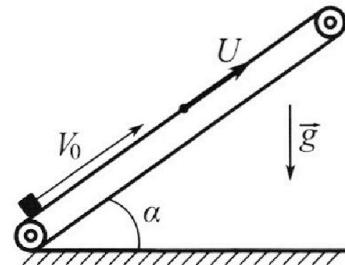
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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. 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 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  $S = 1$  м?

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

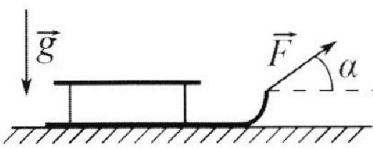
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2 \text{ м/с}$ ?

- 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.

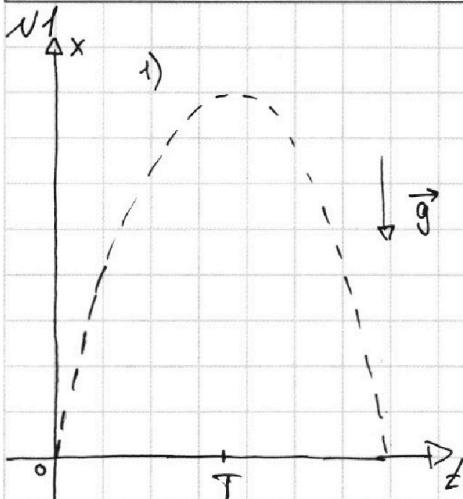
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

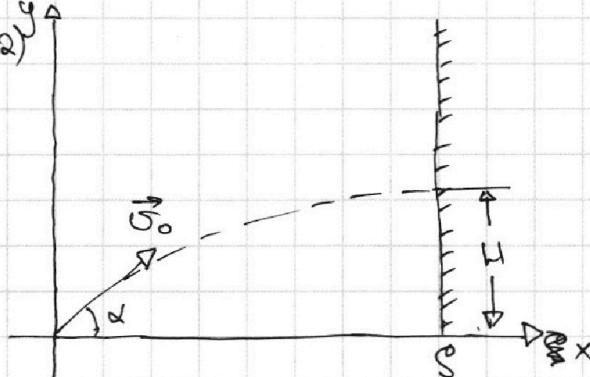
**МФТИ**

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



Дано: ~~воздух~~  $H_{\max}$  за  $T = 2c$ ,  $S = 20m$

Найти: 1)  $v_0$ ; 2)  $H$  - максимальная высота



Решение:

$$1) x(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2} ;$$

$$x(T) = H_{\max} \Rightarrow x(2T) = 0$$

$$\ast x(2T) = 2v_0 T - \frac{g \cdot 4T^2}{2} = 2T(v_0 - gT) \Rightarrow v_0 - gT = 0 \Rightarrow v_0 = gT ;$$

$$v_0 = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 2c = 20 \frac{m}{c} .$$

$$2) x(t) = v_0 \cos \alpha t$$

$$y(t) = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

Пусть  $\tau$ - время удара мяча об стенку, тогда  $x(\tau) = S$

$$v_0 \cos \alpha \tau = S \Rightarrow \tau = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} = \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$y(\tau) = v_0 \sin \alpha \tau - \frac{g \tau^2}{2} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = H$$

$$\cancel{\frac{d}{dt} H' = S(\tan \alpha)' - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = 0}$$

$$20 \cdot (\tan \alpha)' - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = 0$$

$$-4 \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} + \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0 ; \cos \alpha \neq 0 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{4}{5} .$$

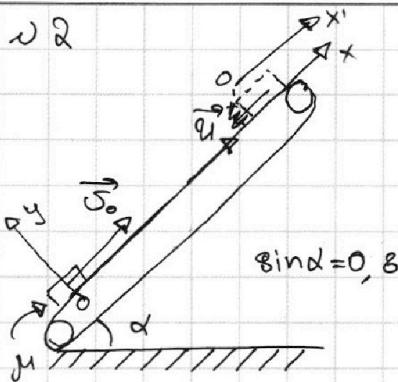
$$H = 20 \cdot \frac{1}{2} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot \frac{4}{5} = 10 - 5 \cdot \frac{4}{5} = 10 - 8,25 = 3,75 (m)$$

Ответ: 1)  $20 \frac{m}{c^2}$ ; 2)  $3,75 m$

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

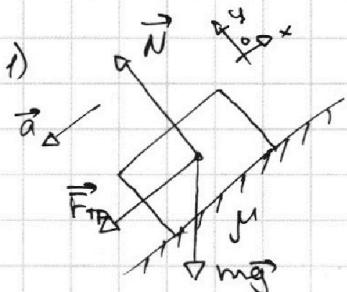
**МФТИ**

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



- 1)  $U_0 = 4 \text{ м/с}$ ,  $U = 0 \text{ м/с}$ ,  $\mu = \frac{1}{3}$ ,  $T$ :  $S = 1 \text{ м}$
- 2)  $U = 2 \text{ м/с}$ ,  $U_0 = 4 \text{ м/с}$ ,  $S = U$ : на расстоянии  $1$  от точки старта
- 3) ~~Д~~? :  $S = 0 \text{ м/с}$

Найти: 1)  $T = ?$ , 2)  $L = ?$ ; 3)  $H = ?$



Решение:

На груз действуют силы:  $N$ ,  $F_{\text{тр}}$  и  $mg$ .

Ускорение по оси  $x$  равно нулю.

$$\begin{aligned} & \text{1) } N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \\ & \text{Оx: } -F_{\text{тр}} - mg \sin \alpha = ma_x \Rightarrow a_x = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = -g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x(t) &= U_0 t + \frac{a_x t^2}{2} = U_0 t + -\frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{2} t^2 \\ x(T) &= S \Rightarrow \frac{U_0 T - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) T^2}{2} = S \end{aligned}$$

$$4T - \frac{10}{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{16}{25}} + \frac{4}{5} T^2 = 1.$$

$$4T - 2 \cdot 5 \cdot 1 T^2 = 1$$

$$5T^2 - 4T + 1 = 0;$$

$D = 16 - 20 = -4 < 0 \Rightarrow$  брускок начнет опускаться до  $T=0$ ,  
как пройдет путь  $S$ , тогда сила трения изменяется  
на противоположную.

$$max = -mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = mg(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \Rightarrow a_x = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha).$$

$$x(t) = U_0 t + \frac{a_x t^2}{2} = \frac{g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{2} t^2$$

Пусть до начала спуска груз прошел путь  $S_1$  за время  $T_1$ .

$$x(T_1) = 0 \Rightarrow U_0 - g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) T_1 = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{U_0}{g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}$$

$$T_1 = \frac{4 \text{ м/с}}{\frac{4 \text{ м/с}}{(1/3) \cdot (3/5) + 4/5}} = 0,4 \text{ с};$$

$$S_1 = x(T_1) \Rightarrow S_1 = 0,8 \text{ м.} \Rightarrow S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м.}$$

$$x(T_2) = x'(T_2) = \frac{g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{2} T_2^2 = -S_2 \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{2 S_2}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$$

$$T_2 \approx 0,251 \text{ с.}$$

$$T = T_1 + T_2 = 0,4 + 0,251 = 0,651 \text{ с.}$$

См. продолжение (лист 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                        |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**МФТИ.**

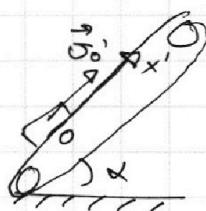
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2) Перейдём в систему отсчёта, связанную с грузом.  
грузовой лентой. Когда скорость груза  $v$  будет  
равна скорости ленты  $U$ , в этой системе отсчёта  
её скорость  $v'$  будет равна 0.

$$v_0' = v_0 - U; v_0' = 2 \text{ м/c.}$$

$$\Rightarrow v_x'(t) = v_0' + a_x \cdot t.$$

$$a_x' = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$



$$v_x'(t) = 0 \Rightarrow v_0' = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{v_0'}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}; \cancel{t = \frac{1}{3} \text{ c}} \quad T = 0,2 \text{ c}$$

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

$$x(t) = L = v_0 t - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot \frac{t^2}{2} \Rightarrow L = 0,6 \text{ m}$$

3) В той же системе отсчёта, когда скорость коробки  
равна нулю,  $v_x' = -U$

~~$$v_x'(t) = v_0' - a_x t \quad v_x'(t) = v_0' - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t = -U \Rightarrow$$~~

~~$$\Rightarrow t = \frac{v_0' + U}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \Rightarrow t = 0,4 \text{ c}$$~~

~~$$x(t) = v_0 t - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \frac{t^2}{2}; x(t) = 0,8 \text{ m}$$~~

~~$$H = x(t) \cdot \sin \alpha = 0,64 \text{ m.}$$~~

Ответ: 1) ~0,651 c; 2) 0,6 м; 3) 0,64 м.

см. продолжение (лист 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                        |
| <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!

н 2

3) В той же системе отсчёта, что и в пункте 2),  
когда скорость коробки равна нулю,  $v_{x'} = -U$ .

При этом коробка движется медленней, чем  
лента, значит сила трения направлена  
вверх и  $\alpha_x = -g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$$v_{x'}(t) = -g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)t$$

$$v_{x'}(T) = -U \Rightarrow g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)T = U \Rightarrow T = \frac{U}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} \Rightarrow T = \frac{1}{3} \text{ с.}$$

$$x(T) = L_{\max} - g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)T^2 \cdot \frac{1}{2}, \text{ где } L_{\max} = L \quad (\text{из пункта 2})$$

$$x(T) = 0,6 - 10 \cdot \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) \approx 0,62 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \approx 0,27 \text{ (м)}$$

$$H = x(T) \cdot \sin\alpha \Rightarrow H \approx 0,216 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $\approx 0,65 \text{ м}$ ; 2)  $0,6 \text{ м}$ ; 3)  $0,64 \text{ м}$

(пункт 3)

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

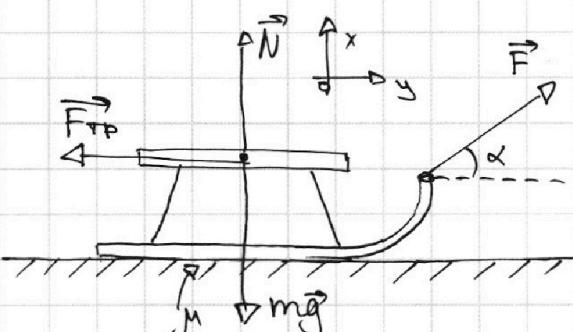


- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

№ 3



По  $O \rightarrow O_0$ ,  $F_1 = F_2 = F$ .

1)  $\alpha$ ; 2)  $v_0 = 0$ ,  $t_1 = t_2$ .

Разгон за одинаковое время.

1)  $\mu = ?$ ; 2)  $T = ?$ : сани остановятся.

Решение:

1) Разгоняются до  $v_0$  за одинаковое время  $\Rightarrow a_1 = a_2 = a$

1)  $Ox: N + F \sin \alpha - mg = 0 \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{tp} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$ .  
 $Oy: F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma \quad (1)$

2)  $Ox: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg \Rightarrow F_{tp2} = \mu mg$   
 $Oy: F - \mu mg = ma \quad (2)$

(2)  $\Rightarrow F = m(a + \mu g)$

Погрешность в (1):  $m(a + \mu g) \cos \alpha - \mu mg + \mu m(a + \mu g) \sin \alpha = m a$

Погрешаем (2) в (1):

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

$$\mu(F \sin \alpha - mg + mg) = F(1 - \cos \alpha)$$

$$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha)$$

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

2) После прекращения действия силы:  $a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$ .

$$v(t) = v_0 - at$$

$$v(T) = 0 \Rightarrow v_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$\text{Ответ: 1)} \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} ; 2) T = \frac{v_0}{\mu g}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

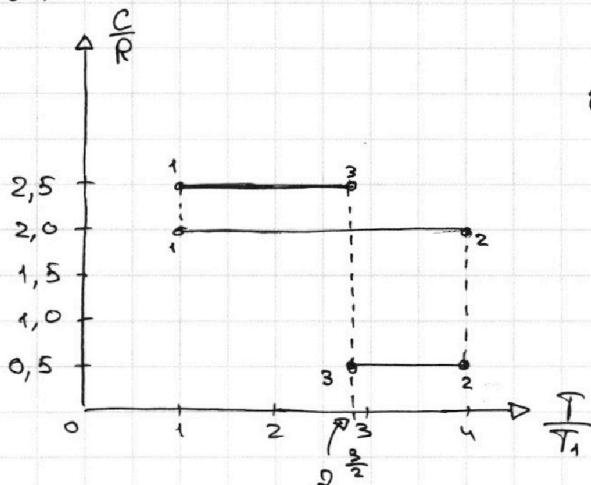


- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

№4



~~Д=1 МОЛЬ, i=3, T1=400К~~

$$1) A_{12} = ?$$

$$2) h = ?$$

$$3) \text{График в коорд. } \frac{P}{P_1} \left( \frac{V}{V_1} \right).$$

Решение:

$$1) \Delta U_{12} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) = \cancel{C_{12}(T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} VR \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) \cdot T_1 = \\ = \frac{3}{2} VRT_1 \cdot 3 = \frac{9}{2} VRT_1.$$

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

$$\frac{Q_{12}}{T_2 - T_1} = C_{12} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{T_2 - T_1} \Rightarrow A_{12} = C_{12} \cdot \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) T_1 - \frac{9}{2} VRT_1 = \\ = C_{12} \cdot T_1 \cdot 3 - \frac{9}{2} VRT_1 \Rightarrow A_{12} = 2 \cdot 400 \cdot 3 - \frac{9}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = \\ = 2400 - 14958 = -12558 \text{ (Дж)}$$

$$2) Q_{12} = C_{12} T_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 2 \cdot 400 \cdot 3 = 2400 \text{ (Дж).}$$

$$Q_{23} = C_{23} T_1 \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) = 0,5 \cdot 400 \cdot \left( 2^{\frac{3}{2}} - 4 \right) = -200 \cdot (4 - 2^{\frac{3}{2}}) = \\ = -400 (2 - \sqrt{2}) \text{ (Дж)}$$

~~$$Q_{31} = C_{31} T_1 \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_1}{T_1} \right) = 2,5 \cdot 400 \cdot \left( 2^{\frac{3}{2}} - 1 \right) = 1000 (2^{\frac{3}{2}} - 1) = 2000 \text{ (Дж)}$$~~

$$= -1000 (2^{\frac{3}{2}} - 1) \text{ (Дж)}$$

~~$$Q^+ = Q_{12}; Q^- = Q_{23} + Q_{31} = 800 - 200 \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 1000 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 1000 = \\ = 10^2 (8 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 2) = 200 (2^{\frac{5}{2}} - 1)$$~~

см. продолжение (ниже)

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!

н4

$$\eta = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+} = \frac{2400 - 200(2^{\frac{3}{2}} - 1)}{2400} = 1 - \frac{2^{\frac{3}{2}} - 1}{12} \approx 1 - \frac{11,28 - 1}{12} \approx 1 - 0,86 = 0,14 \Rightarrow \eta = 14\%$$

3)  $\frac{P}{P_1}$

3

2

1

•

$\frac{V}{V_1}$

$$p_1 V_1 = VRT_1 \quad (1)$$

$$p_2 V_2 = VRT_2 \quad (2)$$

$$p_3 V_3 = VRT_3 \quad (3)$$

$$PV = VRT \Rightarrow$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{1}{(V/V_1)},$$

геометрическая прогрессия.

$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 4 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 4 \cdot \frac{1}{(V_2/V_1)}; \\ \text{аналогично} \quad \frac{P_3}{P_1} = 2^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{(V_3/V_1)}$$

Ответ: 1) 12558 Дж; 2) 14%

(нагл)

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

Отметьте крестиком номер задачи,

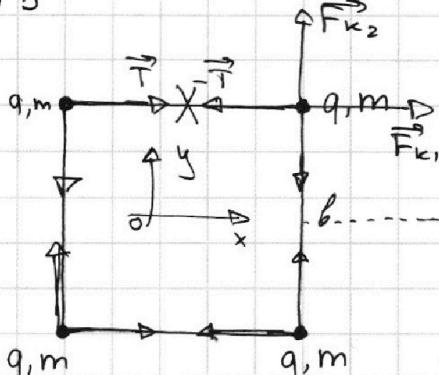
решение которой представлено на странице:

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

№ 5



Дано:  $b, q, m$

1)  $T = ?$  - сила извнешних силей

2)  $V = ?$  - любой шарик, когда ~~находится~~ <sup>относится</sup> на одной прямой.

3)  $d$  - расстояние от верхних до их точек старта.

Решение:

$$1) F_k = \frac{kq^2}{b^2}; \quad \text{Oy: } F_k - T = 0 \Rightarrow \frac{kq^2}{b^2} = T \Rightarrow T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2}.$$

$$2) \quad \begin{array}{ccccccc} & \vec{v}_1 & & \vec{v}_2 & & \vec{v}_3 & \\ \begin{array}{c} \vec{v} \\ \downarrow \end{array} & b & b & b & b & \begin{array}{c} \vec{v} \\ \downarrow \end{array} & \end{array} \quad \vec{v} - \text{скорость крайних шариков.}$$

$W_1 = \frac{kq^2}{b} (1 + 1 + \sqrt{2} + 1 + \sqrt{2} + 1) = \frac{kq^2}{b} (4 + 2\sqrt{2})$  - потенциальная энергия взаимодействия при разрезании

$$W_2 = \frac{kq^2}{b} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1 + \frac{1}{2} + 1\right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{13}{3}.$$

$$\text{ЗСЭ: } \frac{4\pi m v^2}{2} + W_2 = W_1,$$

$$2m v^2 = \frac{kq^2}{b} (4 + 2\sqrt{2} - \frac{13}{3}) = \frac{kq^2}{b} \cdot (2\sqrt{2} - \frac{1}{3}) \Rightarrow v = \sqrt{\frac{kq^2}{8m} (2\sqrt{2} - \frac{1}{3})}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{kq^2}{8m} \cdot \frac{2\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{2}} = \sqrt{\frac{kq^2}{8m} (\sqrt{2} - \frac{1}{6})}. \quad \text{Скорости шариков}$$

будут такими по закону сохранения импульса.

3) Скорости шариков в любой момент времени будут одинаковыми  $\Rightarrow$  ~~по~~ правой верхний шарик расположается в точке А.  $d = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + b^2} = b \sqrt{\frac{5}{2}}$ .

$$\text{Ответ: 1) } T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b^2}; \quad 2) v = \sqrt{\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 b m} (2\sqrt{2} - \frac{1}{3})}; \quad 3) d = b \sqrt{\frac{5}{2}}.$$



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.

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)' = \frac{f'g - g'f}{g^2} \quad P_1V_1 = VRT_1 \quad P_2V_2 = VRT_2 \quad \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1}$$

$$\frac{\sin d}{\cos d} \cdot \left( \frac{\sin d}{\cos d} \right)' = \frac{(\sin d)'\cos d - (\cos d)'\sin d}{\cos^2 d} = \frac{\cos d + \sin^2 d}{\cos^2 d} = \frac{1 + \sin^2 d}{\cos^2 d}$$

$$\left(\frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha}\right)' = \frac{(\sin \alpha)' \cos \alpha - (\cos \alpha)' \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{P_1}{P_1^2} = \frac{V_1}{V_1^2} = T_1$$

$$1) U=0, \zeta_0 = 4 \text{ m/s}, \mu = \frac{1}{3}, S = 1 \text{ m} \quad \frac{x}{10 \cdot \left(\frac{4}{5} - \frac{1}{3}\right)} = T = ?$$

$$y(t) = 15 \sin \omega t - \frac{g t^2}{2}.$$

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = 20$$

$$c^2 - v^2 = 1 \quad \text{or} \quad c^2 = v^2 + 1$$

$$S^2 = x^2 + y^2 = \cos^2 t + \sin^2 t = 1$$

$$= U_0^2 t^2 + \frac{g U_0^4}{4} - U_0 \sin \alpha g t^3. \quad \frac{2}{10 \left( \frac{4}{5} + \frac{1}{5} \right)} = 0,2$$

$$001 = 16 + \frac{1}{4} - 4 \cdot 0,6 \cdot 0,2 =$$

beginning

$$f = 167 + 25T^n - 32T^3$$

$$f) U=0, \Delta_0 = 4, \mu = \frac{1}{3}, S = 1/4, m = mg \sin \alpha + f \cos \alpha \\ = 0, 8 - 0, 2 = 0$$

$$y(t) = 0 \quad \text{and} \quad a = g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)$$

$$x(t) = x_0 t - \frac{g \sin \alpha}{2} t^2 \quad x(t) = 10t - \frac{1}{2}.$$

$$x(t) = C \quad \text{and} \quad 4t - \frac{10t^2}{2} = 1$$

$$4T - \frac{0,8T^2}{2} = 1 \quad | \quad 5T^2 - 4T - 2 = 0$$

$$= kT - qT^2 = 1 \quad \text{ke emosket 10.1}$$

$$(2T - 1) = 0 \quad U = 0 \text{ at } t = 0$$

$$T = \frac{1}{2}, \quad H = x \cdot \sin \alpha = \frac{y}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = y \cdot \tan \alpha = 4 \cdot 0,4 = \underline{\underline{1,6}}$$

$$\frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{\frac{3}{5} + \frac{1}{3}}{2} = 1,6 - 0,8 = 0,8.$$

$$\frac{9}{15} - \frac{5}{15} = \frac{4}{15} \rightarrow 0,2 \quad 4 \cdot 0,4 = 16,1.$$

$$= \frac{0,4}{8} = \frac{4}{80} = \frac{1}{15}. \quad \frac{10 \cdot \frac{4}{5}}{1} = 1,6 - 1$$

$$10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} = L = 4 \cdot \frac{1}{3} - 10 \cdot \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{5} \right) \cdot \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{10} \cdot \frac{3}{5} \cdot T^2 = 0,2 \quad \Rightarrow \quad \frac{4}{3} - \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{T^2}$$

$$\therefore T^2 = \emptyset, 2 \quad G \cdot T^2 = \emptyset, 4 \quad = \frac{3}{3} = 1_M$$

$$T = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

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!

$$20 \cdot \left( \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' - \frac{16 \cdot 400}{2 \cdot 400} \cdot \frac{1}{(\cos^2 \alpha)'} = 0 \quad (\cos \alpha)' = -\sin \alpha. \quad 1,41$$

$$20 \cdot \frac{(\sin \alpha)' \cos \alpha - (\cos \alpha)' \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} - 5 \cdot \frac{1 \cdot \cos^2 \alpha - (\cos^2 \alpha)' \cdot 1}{\cos^4 \alpha} = \frac{0,41}{1,41} = \frac{1}{3,51}$$

$$20 \cdot \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} - 5 \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} + \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0 \quad 1,41 \times \frac{1}{3,51}$$

$$\cancel{\frac{\partial U_{12} + A_{12}}{T_2 \cdot 3} = C_{12}} \quad \cos \alpha \neq 0. \quad \alpha = 128 \quad 1,51$$

$$\Delta U_{12} = \frac{g}{2} \cdot J R T_1 \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = \frac{2 \sin \alpha}{\cos \alpha} = 0 \Rightarrow \tan \alpha = -\frac{1}{2}. \quad X. = 2802 \approx 8 \cdot 1,41 \\ = \frac{g}{2} \cdot 1 \cdot 6,31 \cdot 400 \cdot 3 \quad (\sin \alpha)' = -\cos \alpha. = 6(400 - 9 \cdot 831) = 6(400 - 742) \\ (\cos^2 \alpha)' = 2 \cos \alpha \sin \alpha$$

$$4. \left( \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} \right)^2 - 8 \left( \frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' = 0. \quad \frac{831}{7479} \times \frac{7479}{523573} \times \frac{141}{504} \times \frac{6(400 - 9 \cdot 831)}{19881} =$$

$$4. \frac{(\sin \alpha)' \cos \alpha - (\cos \alpha)' \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} - \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0 \quad \frac{1}{3 - 6 \cdot 7079} \times \frac{9}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = \frac{141}{2479} \times \frac{7079}{8}$$

$$4. \frac{-\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0. \quad = 2 \cdot 9 \cdot 831 \times \frac{8}{1428}$$

$$-4 \cdot \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{2 \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = 0 \quad \frac{7079}{42474} \times \frac{831}{6648} \times \frac{831}{2479} \times \frac{7479}{64958} =$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad \frac{9}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = \frac{1}{2479} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{\tan^2 \alpha + 1} = \frac{1}{\frac{1}{4} + 1} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$Q_{12} < 0 \quad P_2 V_2 = 0 \quad \Rightarrow \cos \alpha$$

$$P_1 V_1 = URT_1$$

$$\frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = C_{23} \quad \frac{2}{\alpha \left( \frac{4}{5} - \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right)} = \frac{1}{5 \cdot \frac{3}{8}} = \frac{1}{3}$$

$$Q_{23} = C_{23} \left( \frac{T_3}{T_1} - \frac{T_2}{T_1} \right) \cdot T_1 = \frac{14958}{2400} \times \frac{2400}{12558}$$

$$\geq T_1 C_{23} \cdot \left( 2^{\frac{3}{2}} - 4 \right) = T_2 = 4T_1 = 1600k$$

$$\frac{P_1 V_1}{400} = \frac{P_2 V_2}{1600} \quad P_1 V_1 = \frac{P_2 V_2}{4}$$

$$\eta = \frac{Q^+ + Q^-}{Q^+} = \frac{2400 - 1600}{2400} = \frac{2400 - 800 + 200 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 1000 \cdot 2^{\frac{3}{2}}}{2400} =$$

$$= \frac{1600 - 600 - 800 \cdot 2^{\frac{3}{2}}}{1600} = \frac{6 - 8 \cdot 2^{\frac{3}{2}}}{80 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 2} =$$

$$= \frac{3 - 4 \cdot 2^{\frac{3}{2}}}{4 \cdot 2^{\frac{3}{2}} - 1} = \frac{3 - 2^{\frac{3}{2}}}{2^{\frac{3}{2}} - 1}$$

$$\frac{26}{24} \times \frac{14}{15} \times \frac{25}{25} = \frac{1028112}{80846660}$$