



# 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.

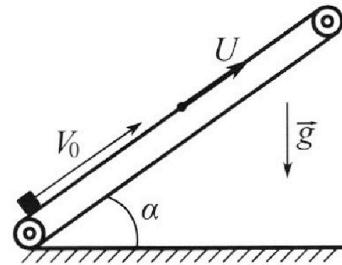
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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  $S = 1 \text{ м}$ ?

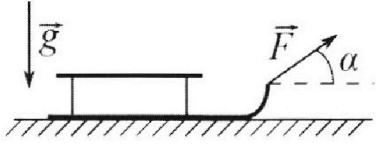
*Во втором опыте* коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2 \text{ м/с}$ , и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ .

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.



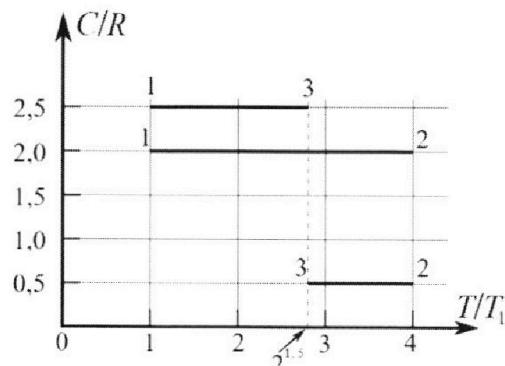
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 10-01**

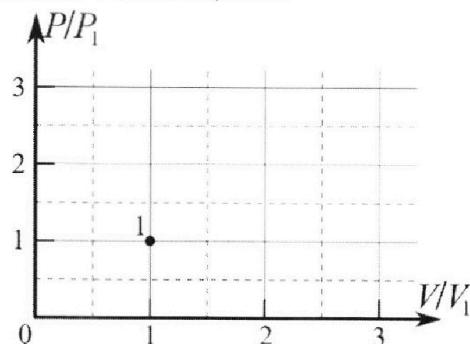


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.

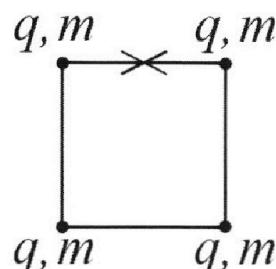


5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

- 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.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

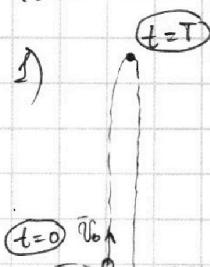
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

№1.

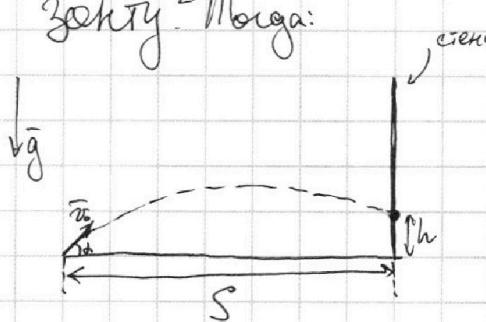


На максимальной высоте скорость мяча:

$$V=0 = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT$$

$$V_0 = 10 \frac{m}{s^2} \cdot 2s = 20 \frac{m}{s}$$

2) Пусть теперь мяч полетел под углом  $\alpha$  к горизонту. Тогда:



h - высота, на которой мяч  
ударился о стену,  $T$  - время полета  
мяча.  $\Rightarrow$

$$\begin{cases} S = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot T \\ h = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot T - \frac{g T^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} T = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha} \\ h = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \end{cases}$$

Рассмотрим отдельно  $h$ :

$$h = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

T.k.  $\operatorname{tg}^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$ , то:

$$h = S \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$

В салагре  $h = h_{\max}$ :  $h' = 0$  (~~найдем~~), где  $h_{\max}$  - максимальная высота, на которой мяч ударился о стену  $\Rightarrow$

Задача:  $x = \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow h = S \cdot x - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot x^2 - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$

$$h' = S - \frac{g S^2}{V_0^2} \cdot x = 0 \Rightarrow S = \frac{g S^2}{V_0^2} \cdot x \Leftrightarrow \frac{g S}{V_0^2} \cdot x = 1 \Leftrightarrow x = \frac{V_0^2}{g S} \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_0^2}{g S} \Rightarrow \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{(g S)^2}{V_0^4} = \frac{g^2 T^2}{S^2} = \frac{10^4 \frac{m}{s^2} \cdot (2s)^2}{20 m} = 2 \Rightarrow$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$h = h_{\max} \text{ при } \operatorname{tg} d = 2 \Rightarrow S = \frac{gT^2}{2}$$
$$h = h_{\max} = S \cdot 2 - \frac{gS^2}{2v_0^2} = S \cdot \frac{g^2}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \left(\frac{gT^2}{S}\right)^2 =$$
$$= gT^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{g^3 T^4}{2v_0^2} = \cancel{gT^2} \cdot \cancel{\left(10 \frac{m}{c^2} \cdot (2c)^2\right)} = \cancel{10 \frac{m}{c^2} \cdot (2c)^2} \cdot \cancel{\left(\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{(10 \frac{m}{c^2})^3 \cdot (2c)^4}{2}\right)\right)}$$
$$h_{\max} = gT^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{g^3 T^4}{(gr)^2} = gT^2 - \frac{1}{2} \cdot gT^2 = \frac{1}{2} gT^2$$
$$h_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot (2c)^2 = 20 \text{ м.}$$

$$h = h_{\max} \text{ при } \operatorname{tg} d = 2 \Rightarrow$$
$$h = h_{\max} = S \cdot 2 - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot 2^2 = 2 \left( S - \frac{gS^2}{2v_0^2} \right) =$$
$$= 2 \left( S - \frac{gS^2}{\frac{g^2 T^2}{2}} \right) = \cancel{2} \cancel{\left( S - \frac{gS^2}{g^2 T^2} \right)} = 2 \left( S - \frac{S^2}{gT^2} \right)$$
$$h_{\max} = 2 \left( 20 \text{ м} - \frac{(20 \text{ м})^2}{10 \frac{m}{c^2} \cdot (2c)^2} \right) = 2 \cdot$$

$$h = h_{\max} \text{ при } \operatorname{tg} d = 2$$
$$h = h_{\max} = 2S - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot 2^2 - \frac{gS^2}{2v_0^2} = 2S - 2,5 \cdot \frac{gS^2}{2v_0^2} =$$
$$= 2S - 2,5 \cdot \frac{gS^2}{(gr)^2} = 2S - 2,5 \cdot \frac{S^2}{gT^2}$$
$$h_{\max} = 2 \cdot 20 \text{ м} - 2,5 \cdot \frac{(20 \text{ м})^2}{10 \frac{m}{c^2} \cdot (2c)^2} = (40 - 2,5 \cdot 10) \text{ м} = (40 - 25) \text{ м} =$$
$$= 15 \text{ м.}$$

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:



- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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.

$$V_0 = 4 \frac{m}{c}$$

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

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$S = 1 \text{ м}$$

1)

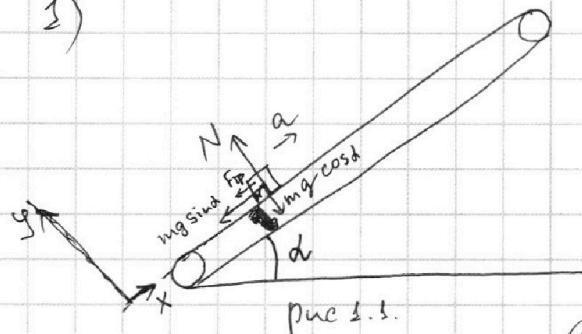
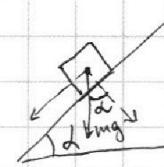


рис 1.1.



m - масса коробки  
F<sub>тр</sub> - сила трения, действующая на коробку

a - ускорение коробки на покоящейся ленте.

На Ocb O<sub>x</sub>:  
(см рис.)

$$ma = -F_{\text{тр}} - mgs \sin \alpha$$

$$ma = F_{\text{тр}} + mg \cos \alpha$$

$$\text{На Ocb Oy: } 0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow$$

$$ma = -\mu mg \cos \alpha - mgs \sin \alpha$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,8; d - \text{сторона угла} \Rightarrow \\ \cos \alpha &= \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \\ &= \sqrt{1 - (0,8)^2} = \frac{6}{5} = 0,6. \end{aligned}$$

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

Следует предположить, что коробка проехала весь S, движась только вверх

$$\text{Для коробки: } S = V_0 T + \frac{aT^2}{2} \Rightarrow aT^2 + 2V_0 T - 2S = 0$$

$$D = 4V_0^2 + 4 \cdot 2S \cdot a \Rightarrow$$

$$D = 4V_0^2 + 8aS = 4V_0^2 + 8 \cdot (-g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha))S = 4V_0^2 - 8g(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8)S =$$

$$= 4V_0^2 - 8g \cdot 1S = 4V_0^2 - 8gS = 4 \cdot (4 \frac{m}{c})^2 - 8 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 1 \text{ м} = (16 - 80) \frac{m}{c^2} = -64 \frac{m}{c^2}$$

$\Rightarrow$  коробка проехала  $S_1$  метров вверх, остановившись и проехав  $S_2$  метров, вниз по ленте

$$\text{так } S_1 + S_2 = S, T = t_1 + t_2$$

за время  $t_2$

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

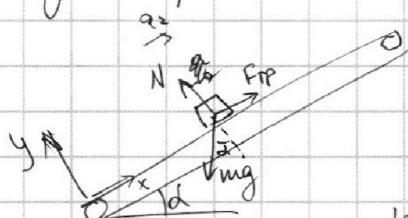
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$2aS_1 = 0 - V_0^2 \Rightarrow S_1 = \frac{-V_0^2}{2a} = \frac{-V_0^2}{2 \cdot (-g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha))} = \frac{V_0^2}{2g}$$

при этом  $t_1 = \frac{V_0}{a}$   $V_0 + at_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{-V_0}{a} = \frac{V_0}{g} = 0,4$   $c = 0,4c$

$$S_2 = S - S_1 = S - \frac{V_0^2}{2g}$$

Когда коробка несет обратно:



$a_2$  - новое ускорение.

$$N = mg \cos \alpha \Rightarrow F_p = \mu mg \cos \alpha$$

$$ma_2 = F_p - mg \sin \alpha$$

$$ma_2 = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \Rightarrow a_2 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha =$$

$$= g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = g \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 - 0,8 \right) = -0,6g$$

$$S_2 = \left( S - \frac{V_0^2}{2g} \right) = \frac{a_2 t_2^2}{2} \Rightarrow \frac{V_0^2}{2g} - S = \frac{-0,6g t_2^2}{2} = -0,3g t_2^2$$

↑  
- Т.к. нын  
б гр. сторону

$$t_2^2 = \frac{S}{0,3g} - \frac{V_0^2}{0,6g^2}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= \sqrt{\frac{20 \cdot 0,4}{0,3 \cdot 10}} - \frac{(0,4)^2}{0,6 \cdot 10} = \\ &= \sqrt{\frac{20}{3} - \frac{16}{60}} \quad c = \sqrt{\frac{20}{3} \cdot \frac{0,8}{3}} \quad c = \\ &= \sqrt{\frac{19,2}{3}} \quad c = \sqrt{6,4} \quad c = \frac{8}{\sqrt{10}} \quad c = 0,8 \sqrt{10} \\ &= 0,4 + \frac{8\sqrt{10}}{10} = (0,4 + 0,8\sqrt{10})c \end{aligned}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{S}{0,3g} - \frac{V_0^2}{0,6g^2}}$$

Ответ: 1)  $(0,4 + 0,8\sqrt{10})c$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

 МФТИ

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

№2

3) Найдите, на каком расстоянии  $S$  от старт-та скорость коробки во II случае будет равна ~~0~~ нулю; акалоничное и.2:

$$\text{Решение: } 0 = U + V_k$$

$$V_k = -U$$

$$2a\tilde{S} = (-U)^2 - V_0^2$$

$$-2g\tilde{S} = U^2 - V_0^2 \Rightarrow S = \frac{-U^2 + V_0^2}{2g}$$

$$H = S \cdot \sin \alpha \Rightarrow H = \frac{V_0^2 - U^2}{2g} \cdot \sin \alpha$$

$$H = \frac{(4 \frac{m}{s})^2 - (2 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} \cdot 0,8 = \frac{12 \cdot 0,8}{20} m = \frac{6 \cdot 0,8}{10} m =$$

$$= 0,48 m$$

Ответ: 3)  $H = 0,48 m$ .

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

Д2

2) ~~Установка~~ I cd. скорость коробки стала равна  $U = 2 \frac{m}{s}$  при ~~изменении~~ движении вверх.  $\Rightarrow$  Т.к.  $U_{\text{тв}} = U + V_k$ , где  $U$  - скорость коробки в лабораторной системе отсчета,  $V_k$  - в системе отсчета транспортера  $U_{\text{тв}} = U + V_k \Rightarrow V_k = 0$

Т.к. система транспортера инерциальная,  
то:  $V_k = 0 \Rightarrow V_k = 0 \Rightarrow U_k = 0 \Rightarrow 2ah = U_k^2 - V_0^2 = -V_0^2$

$$\cancel{\text{Задача 2}} \quad 2ah = 2ah = U_k^2 - V_0^2 = -V_0^2 \Rightarrow$$

$U_0$  н.л.  $a = -g \Rightarrow$   
(см рис 5.5)

$$-2gh = -V_0^2 \\ L = \frac{V_0^2}{2g} = \frac{(4 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$

II cd. скорость коробки стала равна  $U = 2 \frac{m}{s}$  при движении вниз  $\Rightarrow U_k = 0$  (против скорости  $U$  направлена в другую сторону)  $\Rightarrow -U = U + V_k$

$$U_k = -2U \Rightarrow 2ah = -2gh = U_k^2 - V_0^2 = 4U^2 - V_0^2$$

$$L = \frac{(4 \frac{m}{s})^2 - 4 \cdot (2 \frac{m}{s})^2}{2g} = 0 \text{ м.}$$

$$L = \frac{V_0^2 - 4U^2}{2g}$$

Ответ: 2)  $L = 0,8 \text{ м}$  и  $L = 0,8 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

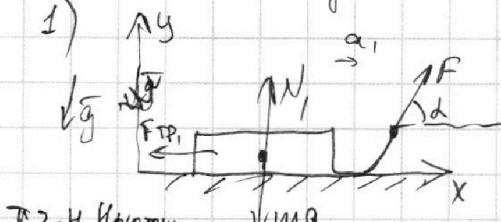


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№3

$$F_{\text{тр}} = \mu N_1, F_{\text{тр}} = \mu \cdot N_2$$

I санки



II-3-Н Известно:

$$Oy: \mu_1 = mg / F \cdot \sin \alpha$$

$$Ox: m a_1 = F \cos \alpha - F_{\text{тр}1}$$

$$m a_1 = -\mu (mg / F \cdot \sin \alpha) + F \cos \alpha$$

m - масса санок;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - ускорения санок в I и II сд.  
сопровождаются, F - сила, с которой тянут,  $N_1, N_2$  -  
сила реакции опоры;  $F_{\text{тр}1}$  и  $F_{\text{тр}2}$  - силы трения,  
действующие на санки

Т.к. санки разъединились со одинаковой скоростью  
за одинаковое время, то  $a_1 = a_2 \Rightarrow m a_1 = m a_2 \Rightarrow$

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

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

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

$$\cos \alpha - \mu \sin \alpha = 1 \quad \mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

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

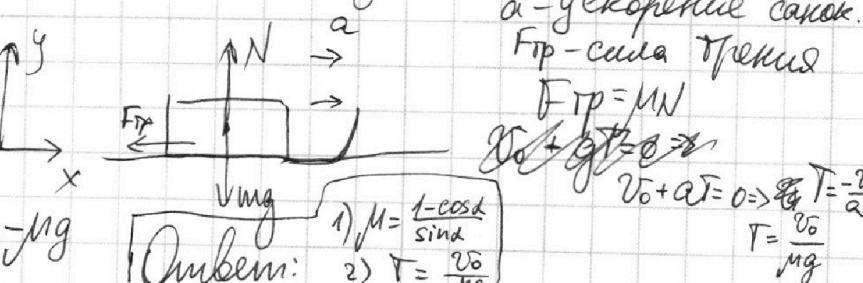
2) Требуется, как санки отдали:

II-3-Н Известно:

$$Ox: m a = -F_{\text{тр}}$$

$$Oy: N = mg$$

$$m a = -\mu mg \Rightarrow a = -\mu g$$



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

$\Delta = \text{моль} - \text{кал/бо газа}$

1)  $Q_{12}$  - теплое, изображённое ~~газ~~ в процессе 1-2,

$C_{12}$  - теплопроводность газа в процессе 1-2

$\Delta T_{12}$  - изменение температуры в процессе 1-2.

$$\Delta T_{12} = T_2 - T_1 = 4T_s - T_s = 3T_s$$

↑  
температура  
в точке 2

$C_{12} = 2 R$  из графика

$$Q_{12} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} \cdot \Delta = 2R \cdot 3T_s \cdot \Delta = 6RT_s \Delta$$

т.к.  $C_{12}$  не меняется  
в процессе

$$Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} \Delta R_s T_{12} \Rightarrow A_{12} = Q_{12} - 1,5 \Delta R_s \cdot 3T_s = Q_{12} - 4,5 \Delta R_s T_s$$

↑  
т.к. газ однотипный

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 498,6 \end{array}$$

$$A_{12} = 6RT_s \Delta - 4,5 \Delta R_s T_s = 1,5 \Delta R_s T_s$$

$$A_{12} = 1,5 \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К} = 600 \cdot 8,31 \text{ Дж} =$$

$$= 4986 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) 4986 Дж

2)  $\eta = \frac{A}{Q_+}$ , где  $A$  - работа газа за цикл,  
 $Q_+$  - теплота, ~~изображённого газу~~  
за цикл.  $Q_+ > 0$

Аналогично и 1 найдём ~~такое~~ изображённое теплое  $Q_{ij}$  и работу, совершающую газом  $R_{ij}$  на участке  $i-j$ .  
 $\Delta T_{ij}$  - изменение температуры на участке  $i-j$ .

$T_i$  - температура в точке  $i$ .

$C_{ij}$  - теплопроводность на участке  $i-j$ .

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 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!

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{4,5 \text{ Дж}}{10(3,5 + 5\sqrt{2}) \text{ Дж}} = \frac{4,5}{3,5 + 5\sqrt{2}} = \frac{9}{7 + 10\sqrt{2}} \quad \boxed{\text{Ответ: 2) } \eta = \frac{9}{7 + 10\sqrt{2}}}$$

3)  $P_2, P_3$  и  $V_2, V_3$  - давления в состояниях  
2 и 3, соответственно

Ур-е состояния идеального газа:

$$P_1 V_1 = J R T_1$$

$$P_2 V_2 = J R T_2$$

$$P_3 V_3 = J R T_3$$

$\Delta C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta(PV)}{\Delta T} + \frac{3}{2}JR$  - формула для общего случая,

где  $Q$  - подведенное тепло,  $\Delta T$  - изменение температуры

$$C = \frac{\Delta(PV)}{\Delta T} + \frac{3}{2}R \Rightarrow \text{Если } C = \text{const}, \text{ то } \frac{\Delta(PV)}{\Delta T} = \text{const}$$

$J R S T = \frac{PV - P_0 V_0}{\Delta T}$ , где  $P_0 V_0$  - изначальные давление и  
объем;  $P, V$  - конечные.

В изобарном процессе:  $\frac{\Delta(PV)}{\Delta T} = \frac{P \Delta V}{\Delta T} = \frac{P V - P_0 V_0}{\Delta T} = JR$

$$\Rightarrow C_p = JR + \frac{3}{2}JR = \frac{5}{2}JR = C_{31} \Rightarrow \text{Процесс 3-1 изобар-} \\ \text{ический}$$

изобарном  
процессе

$$\text{Новый} \Rightarrow P_3 = P_1 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{P_1}{P_3} =$$

$$= \frac{2^{1,5} T_1}{T_1} = 2^{1,5} = 2\sqrt{2} \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2} V_1$$

$$\text{Тогда } A_{23} = P_1 \cdot (V_3 - V_2) = (2\sqrt{2} - 1) V_1 = JR T_1 (2\sqrt{2} - 1) \Rightarrow \text{Согласно}$$

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 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!

№1 Процесс 2-3:

$$Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta T_{23}$$

не меняется

$$Q_{23} = A_{23} + \frac{3}{2} \Delta R \cdot T_{23}$$

$$A_{23} = Q_{23} - 1,5 \Delta R \cdot T_{23}$$

$$\begin{aligned} A_{23} &= \frac{1}{2} (2^{\frac{3}{2}} - 4) T_3 \Delta R - 1,5 \Delta R \cdot (2^{\frac{3}{2}} - 4) T_2 = \\ &= \cancel{\Delta R} (2^{\frac{3}{2}} - 4) - \Delta R T_3 (2^{\frac{3}{2}} - 4) = (4 - 2\sqrt{2}) \Delta R T_2. \end{aligned}$$

№2 Процесс 3-1:

$$Q_{31} = C_{31} \cdot \Delta T_{31} \quad \text{---}$$

$$Q_{31} = 2,5 \Delta R (2^{1,5} - 1) T_1 > 0$$

$$\Delta T_{31} = T_3 - T_1 = (2^{\frac{3}{2}} - 1) T_1 > 0$$

$$C_{31} = 2,5 R - \text{const}$$

$$\begin{aligned} Q_{31} &= A_{31} + \frac{3}{2} \Delta R \cdot T_{31} \Rightarrow A_{31} = Q_{31} - 1,5 \Delta R \cdot \cancel{T_{31}} = \\ &= 2,5 \Delta R T_1 (2^{1,5} - 1) - 1,5 \Delta R \cdot (2^{1,5} - 1) T_1 = \end{aligned}$$

$$= \cancel{\Delta R} T_1 (2^{1,5} - 1) \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---} \quad \text{---}$$

$$T \cdot k \quad Q_{31} > 0, Q_{23} < 0, Q_{12} > 0, \text{то: } Q_+ = Q_{31} + Q_{12}$$

$$A = A_{12} + A_{31} + A_{23} = 1,5 \Delta R T_1 + \Delta R T_1 (2^{1,5} - 1) + (4 - 2\sqrt{2}) \Delta R T_2 =$$

$$= 1,8 \Delta R T_1 (1,5 + 2\sqrt{2} - 1 + 4 - 2\sqrt{2}) = 4,5 \Delta R T_1$$

~~$$Q_+ = 6 \Delta R T_1 + 2,5 \Delta R T_1 (2\sqrt{2} - 1) = \Delta R T_1 / (6 - 2,5 + 5\sqrt{2}) =$$~~

$$= (3,5 + 5\sqrt{2}) \Delta R T_1 \Rightarrow$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

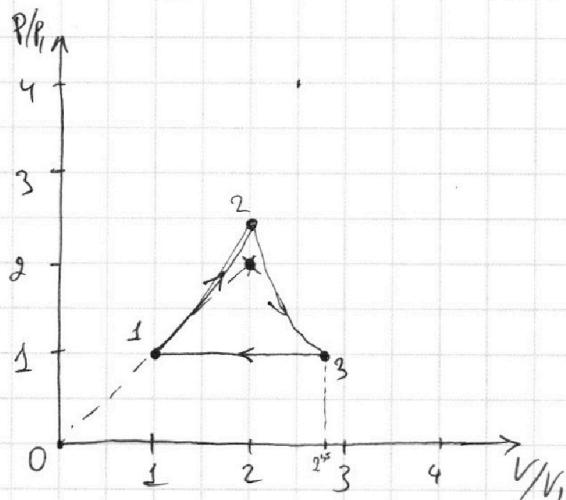
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

3). изображение.

$$C_p = \frac{\Delta(PV)}{\Delta T} = \frac{\Delta(PV)}{T} = \frac{1}{T}(P)$$
$$C_{12} = \frac{\Delta(PV)_{12}}{\Delta T_{12}}$$



$$C_V = C_p + R = 3,5 \text{ K}$$

Т.к.  $C_{12}$  и  $C_{23}$  - const, то  
 $C_{12} \neq C_V$  и  $C_{23} \neq C_V$ , т.к.  
 $C_V$  - теплоёмкость  
в изохорическом  
процессе,

в процессе 1-2:

$PV$  растёт линейно.

то  $PV \propto T$

$$P \propto \frac{T}{V}$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} = \frac{V_3}{V_2} \cdot \sqrt[3]{2}$$

~~$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{V_3}{V_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} = \frac{V_3}{V_2} \cdot \sqrt[3]{2}$$~~

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_1}{V_2} \cdot \sqrt[3]{4}$$

$$A_{12} = 1,5 \text{ J K}^{-1} = 1,5 P_1 V_1$$

Предположим, что процесс изоизобарический. Тогда

$$A_{23} = (4 - \sqrt[3]{2}) \text{ J K}^{-1} = (4 - \sqrt[3]{2}) P_1 V_1$$

Подберем это значение найдём  $T$  для 2.

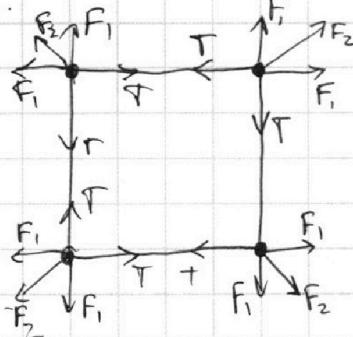


- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

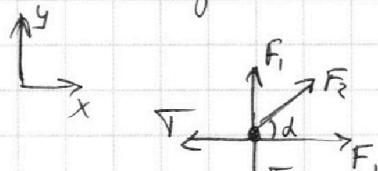
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№5.



1)

Т.к. картинка симметрична,  
то  $\angle = 45^\circ$  и все силы ~~одинаковые~~  
одинаковы:



$$\angle = 45^\circ$$

II 3-й Ньютона:

$$Q_x: F_1 + F_2 \cdot \cos \angle = T$$

$$Q_y: F_1 + F_2 \sin \angle = T$$

$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

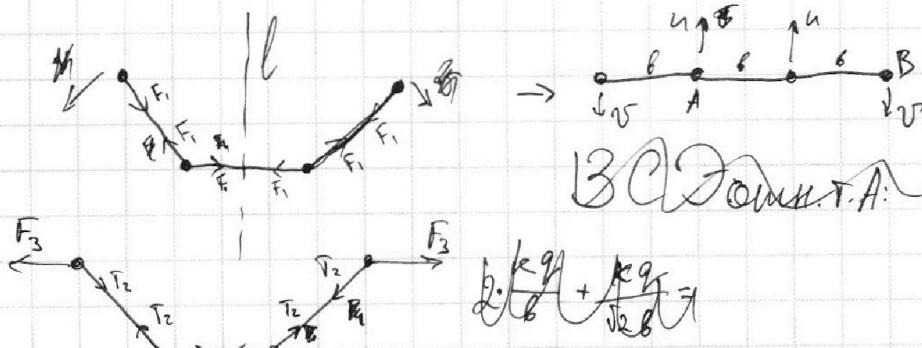
$$\text{Ответ: 1) } T = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

$F_1$  - сила, действующая  
на шарик со стороны  
соседнего,  $F_2$  - со стороны  
 дальнего

$$F_1 = k \cdot \frac{q \cdot q}{b^2} = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{q \cdot q}{b^2 + b^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

2) Т.к. картинка симметрична, то все шары  
будут двигаться с одинаковым  
ускорением  $a$ :



ВСДомн.т.а:

$$2 \cdot \frac{kq}{l} + \frac{kq}{\sqrt{2}b} = T$$

$$\Omega = 2 \frac{m_1 v^2}{l} + \frac{2m_2 v^2}{2l} + \left( \frac{kq}{b^2} - \frac{kq}{l^2} \right)$$

ЗСИ:

$$0 = m_1 u - m_2 v$$

$u = v$   
одинаково  
все  
коэффициенты  
для  
трех  
шаров.



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

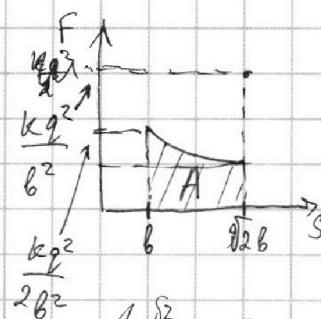
МФТИ

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

ЗС9: ~~реш.~~

$$2 \cdot \frac{mv^2}{2} + 2 \cdot \frac{m\omega^2}{2} = \cancel{2 \cdot m \omega^2 / k_2} \cdot \cancel{\frac{k_2 \omega^2}{2}} \cdot A$$

A =



S - расстояние  
между шаром А  
и шаром В.  
F - сила, действую-  
щая на шар В

$$A = \cancel{\frac{kq^2}{s^2}} = \cancel{k} \cancel{\frac{q^2}{s^2}}$$



На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДИНУ** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

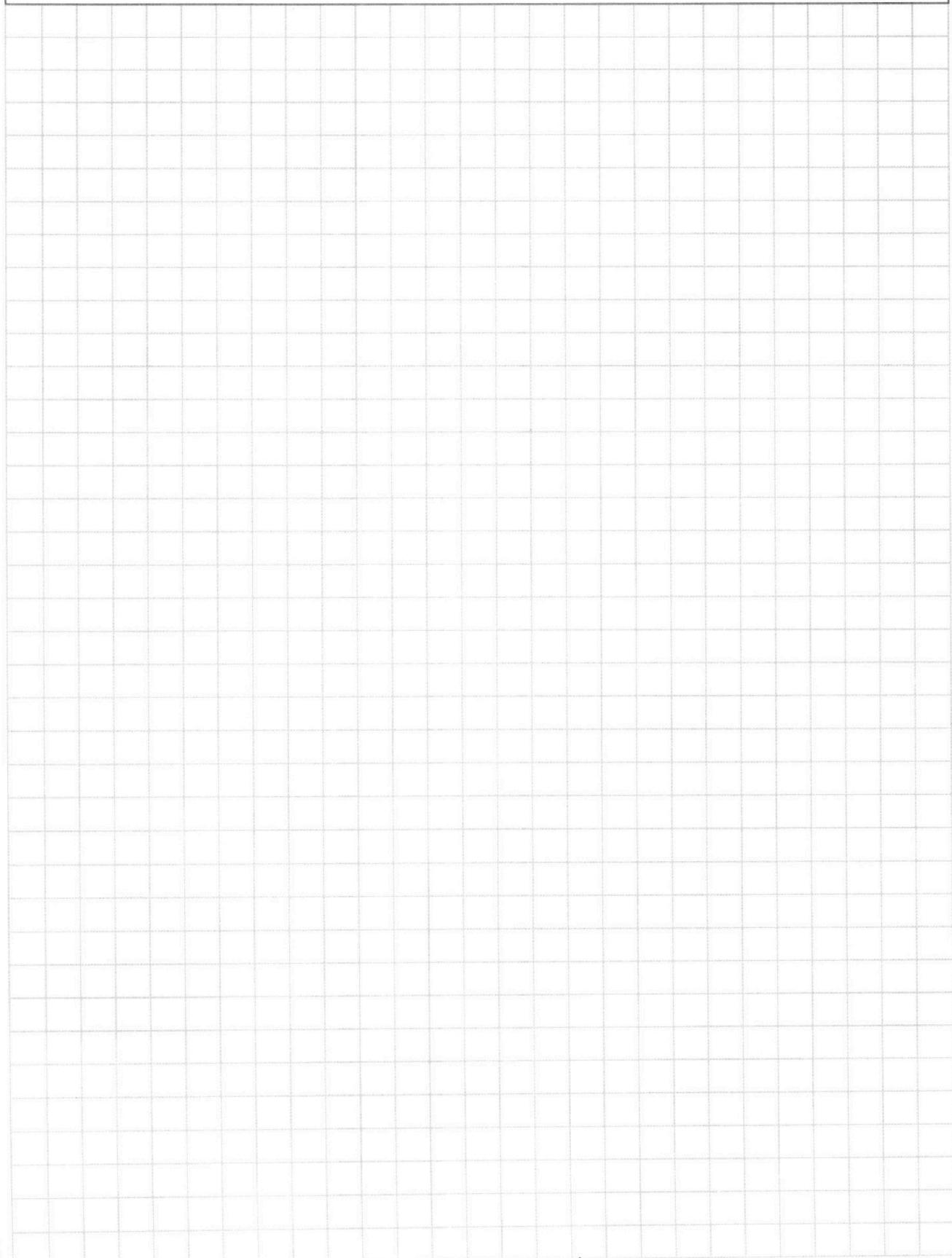
5

6

7

МФТИ

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



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!

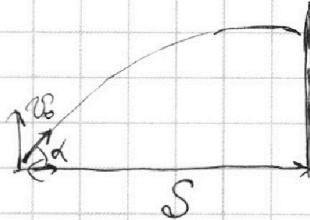
Черновик №1.

$$V_0 \cdot gT = 0$$

$$V_0 = gT$$

$$20^{\frac{m}{s}}$$

$$S \cdot \operatorname{tg} d - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot (\operatorname{tg} d + 1) = h$$



$$\frac{1}{\cos^2 d} = \operatorname{tg}^2 d + 1$$

$$V_0 \cos d \cdot t = S \Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cos d}$$

$$V_0 t \cdot \sin d - \frac{gt^2}{2} = h$$

Задана:

$$h = \operatorname{tg} d$$

~~$$S \cdot n - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot n^2 = h + \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$~~

~~$$\frac{h^2 \cdot g S^2}{2 V_0^2} - S \cdot n - h - \frac{g S^2}{2 V_0^2} = 0$$~~

~~$$D = S^2 - 4 \cdot \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$~~

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

$$S \cdot \operatorname{tg} d - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 d} = h$$

$$-\frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \operatorname{tg}^2 d + S \cdot \operatorname{tg} d - \frac{g S^2}{2 V_0^2} = h$$

$$\left( -\frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot x^2 + S \cdot x - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \right)' =$$

$$= -2 \cdot \frac{g S^2}{2 V_0^2} x + S = 0 \quad \frac{V_0^2}{2 V_0^2} = \frac{400}{10 \cdot 20} = 2 = \operatorname{tg} d$$

~~$$\frac{g S^2}{V_0^2} x = S$$~~

$$x = \frac{S V_0^2}{g S^2} = \frac{V_0^2}{g S}$$

$$\frac{16}{20} = \frac{4}{5} = 0.8$$

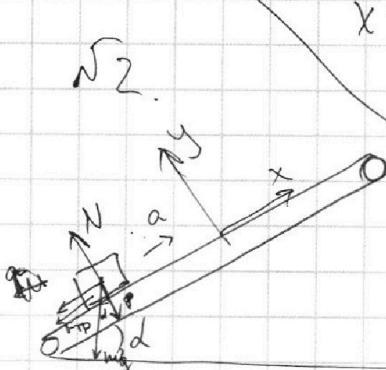
$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 2 \\ \hline 38 \\ + 36 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$h = -2 \frac{g S^2}{V_0^2} + 2S - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$

$$20 - 0.8 = 19.2$$

$$h = 2S - 2 \frac{5g S^2}{2 V_0^2}$$

$$400 - 2.5 \cdot \frac{10 \cdot 400}{400} = 150.$$



$$N = m g \cos d$$

$$F_{tp} = \mu N = \mu m g \cos d$$

$$S = V_0 T - \frac{g T^2}{2}$$

$$\frac{g T^2}{2} - V_0 T + S = 0$$

$$D = 20^2 + 16 \cdot 2 \cdot 20 = 36$$

$$m a = -F_{tp} - m g \sin d = -\mu m g \cos d - m g \sin d$$

$$a = -g (\mu \cos d + \sin d) = -g$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

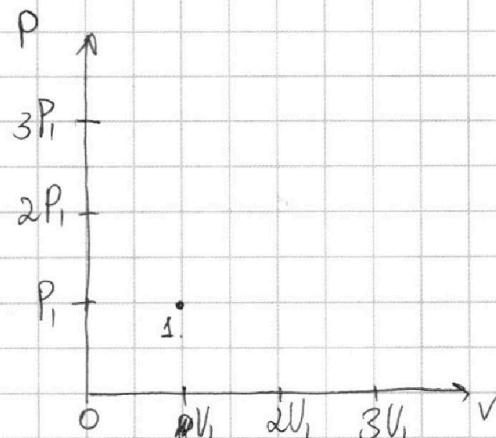
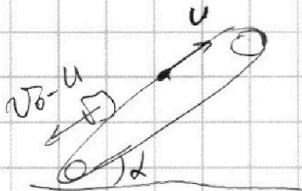
решение которой представлено на странице:



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



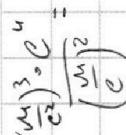
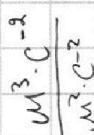
$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta PV}{\Delta T} + \frac{3}{2} \Delta R$$

$$C_p = \frac{\Delta P V}{\Delta T} + \frac{3}{2} \Delta R = \frac{5}{2} \Delta R \quad \text{Пр. 31-изобара}$$

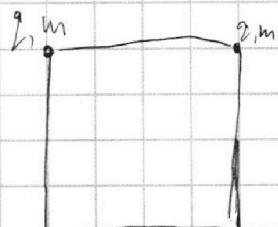
$$PV = JRT$$

$$P(N + \Delta V) = JR(T + \Delta T)$$

$$\Rightarrow P_{\Delta}V = JR_{\Delta}T$$



DS.



П р 1-3 :

$$\frac{\Delta(PV)}{\Delta T} = \text{const}$$

$$\frac{P \Delta V}{\Delta T} = \text{const}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = \text{const}$$

$$\frac{2,5}{10,5}$$

A(2G)

$$Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} \Delta R_{\Delta T_{12}}$$

$$\Delta T_{12} = 3T_3$$

$$A_{12} = C \cdot \Delta T_{12} - \frac{3}{2} \Delta R_{\Delta T_{12}} = 24,8$$

$$= 2 \Delta R_{\Delta T_{12}} - 1,5 \Delta R_{\Delta T_{12}} = 0,5 \Delta R_{\Delta T_{12}}$$

$$= 10,5 \Delta R T_3$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} > \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{P V_1}{V_2} = \frac{1}{4}$$

$$V_2 = 4 V_1$$

L

L

L

L