

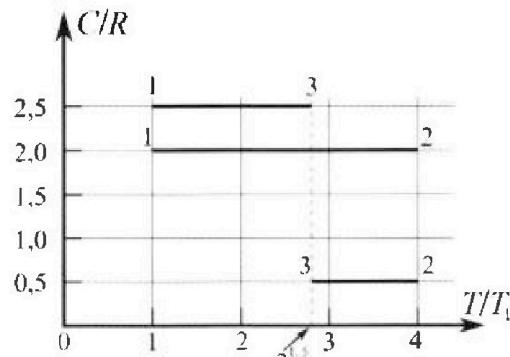
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**

**Вариант 10-01**

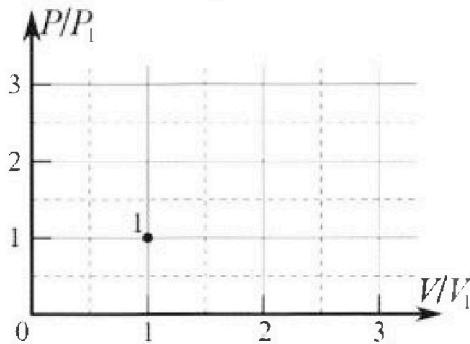


*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

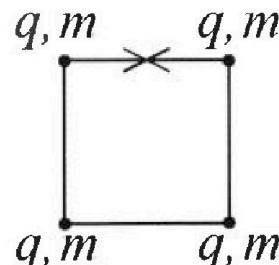
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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

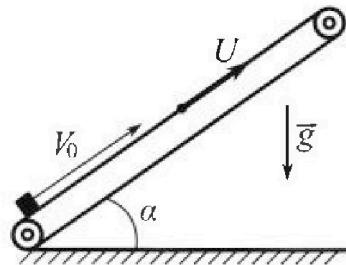


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.
  - Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.
  - 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.

- 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.



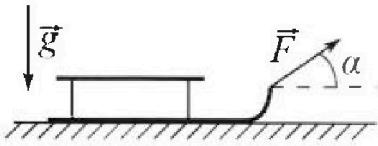
- За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в *первом опыте* путь  $S = 1 \text{ м}$ ?

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

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

- 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.

- Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 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!

### Задача № 1

Дано:

$$T = 2 \text{ с}$$

$$V_0 - ?$$

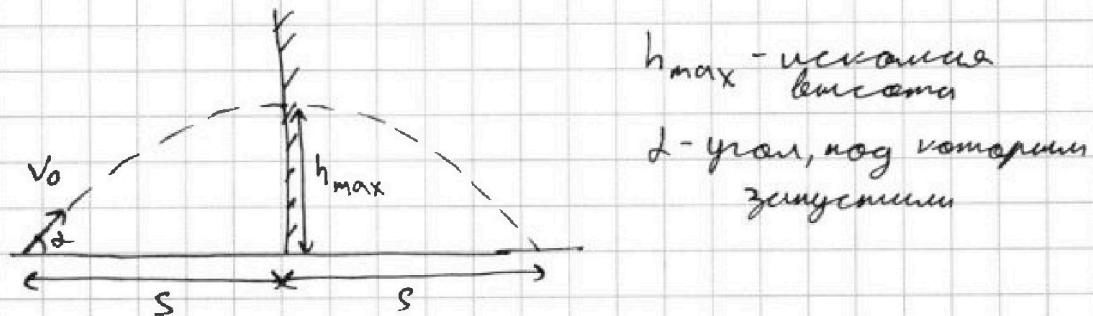
$$h_{\max} - ?$$

Требование:

1) При на максимальной высоте скорость мяча будет равна 0, то:  $V_0 = g T$

$$V_0 = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ с} = 20 \text{ м/с}$$

2) Предположим, что мяч запущен так, что стена пересечет его верхнюю точку полета.



$h_{\max}$  - максимальная высота

$\alpha$  - угол под которым запущен мяч

Получаем: 1)  $V_0 \cos \alpha \cdot T = s$ , где  $T$  - время полета до стены

$$2) V_0 \sin \alpha \cdot T = g T$$

$$3) V_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{g T^2}{2} = h_{\max}$$

$$\text{Учитывая 1 и 2: } V_0^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = \frac{s^2}{T^2} + g^2 T^2$$

$$20^2 = \frac{20^2}{T^2} + 100 T^2$$

$$T^4 - 4T^2 + 4 = 0$$

$$T^2 = \sqrt{2}$$

$$\text{Получаем } \cos \alpha = \frac{s}{V_0 T} = \frac{20}{20 \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$h_{\max} = V_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{g T^2}{2} = 20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} - \frac{10}{2} \cdot 2 = 10 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } V_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$2) h_{\max} = 10 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

Дано:

$$\sin \theta = 0,8$$

$$V_0 = 4 \text{ м/с}$$

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

$$S = 1 \text{ м}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

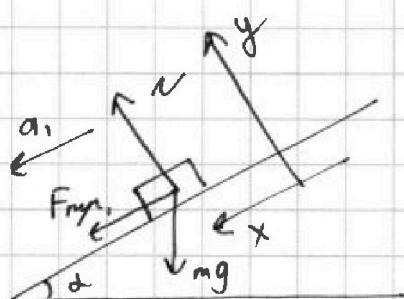
$$T - ?$$

$$L - ?$$

$$H - ?$$

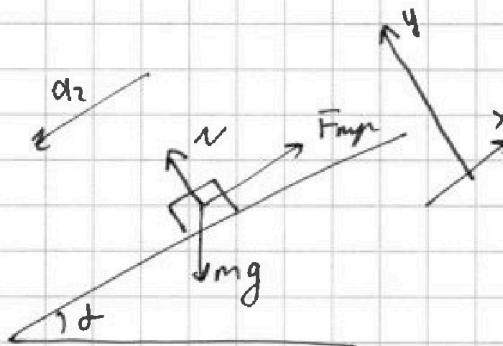
Температура:

при движении  
коробки вверх отн.  
земли:



т- масса коробки

при движении  
коробки вниз отн. земли:



2-й Закон Ньютона:

$$O_y: N = mg \cos \theta$$

$$O_x: m a_1 = \mu N + mg \sin \theta$$

$$m a_1 = \mu mg \cos \theta + mg \sin \theta$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \mu g \cos \theta + g \sin \theta = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,8 = \\ &= 10 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

2-й Закон Ньютона:

$$O_y: N = mg \cos \theta$$

$$O_x: m a_2 = mg \sin \theta - \mu N$$

$$m a_2 = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta$$

$$\begin{aligned} a_2 &= g \sin \theta - \mu g \cos \theta = \\ &= 10(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) = \\ &= 6 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

1) Предположим, что скорость коробки не меняла своего направление, т-е она направлена только вверх.

$$\text{По формуле: } V_0 T - \frac{a_1 T^2}{2} = S$$

$$4T - 5T^2 = 1$$
$$2 < 0$$

значит коробка изменила свое направление движения.



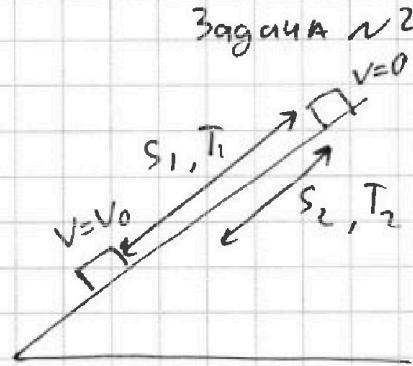
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



Пусть  $S_1; T_1$  - ~~путь и время движения вверх~~,  
 $S_2; T_2$  - путь и время движения вниз.

$$\text{Положи: } S_1 + S_2 = S$$

$$T_1 + T_2 = T$$

$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 = \frac{a_1 T_1^2}{2} \\ S_2 = \frac{a_2 T_2^2}{2} \end{array} \right.$$

$$V_0 = a_1 T_1 \rightarrow T_1 = \frac{V_0}{a_1} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

$$S_2 = \frac{a_2 T_2^2}{2}$$

$$\frac{a_1 T_1^2}{2} + \frac{a_2 T_2^2}{2} = S$$

$$\frac{10}{2} \cdot 0,4^2 + \frac{6}{2} T_2^2 = 1$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{1-0,8}{3}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$$

$$T = T_1 + T_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

2) Перенесем В СО ленты, тогда:

$$\Delta T_D = \frac{m(V_0-U)^2}{2} - \left( \frac{m(U-U)^2}{2} + mgx \right), \text{ где } x -$$

относительное  
перемещение  
по ленте

$$\mu mg \cos \alpha x = \frac{m(V_0-U)^2}{2} - mgx$$

$$x = \frac{m(V_0-U)^2}{2(mg + \mu mg \cos \alpha)} = \frac{2^2}{2(10 + \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6)}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$$x = \frac{1}{6}$$

Понятие:  $(v_0 - u) = a_1 t$ , где  $t$  - время до

$$t = \frac{v_0 - u}{a_1} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

исходного положения

В ИСО земли:

$$L = (v_0 + u)t - \frac{a_1 t^2}{2} = 6 \cdot 0,2 - \frac{10}{2} \cdot 0,2^2 = 1 \text{ м}$$

$$3) A_{Tp} = \frac{m(v_0 - u)^2}{2} - \left( \frac{m(0 - u)^2}{2} + mgH \right) \in \text{В ИСО ленты}$$

$A_{Tp} = (L + l) F_{Np}$ , где  $l$  - путь, который

$$\frac{H}{L-l} = \sin \alpha$$

путь груза, находящегося в верхней точке -  $u$ .  
со скоростью 0.

~~$$L = L - \frac{H}{\sin \alpha}$$~~

$$\left( L + L - \frac{H}{\sin \alpha} \right) \mu mg \cos \alpha = \frac{m(v_0 - u)^2}{2} - \frac{m u^2}{2} - mgH$$

$$\text{Ответ: 1) } T = 0,4 + \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$2) L = 1 \text{ м}$$

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"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

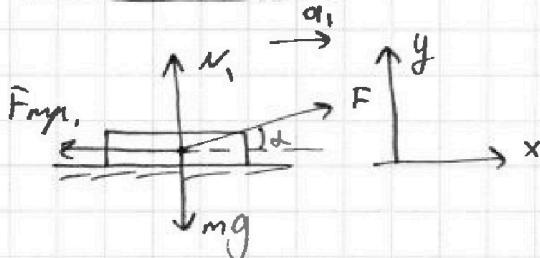
МФТИ



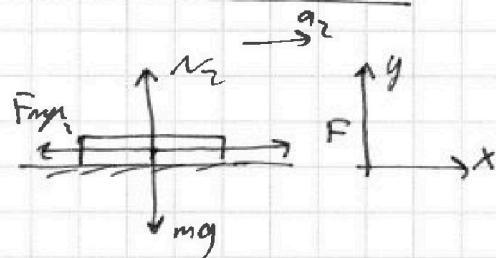
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

### Задача №3

в первом случае:



в втором случае:



1) 2-й закон Ньютона:

$$\begin{aligned} Oy: N_1 + FS \sin \alpha_1 &= mg \\ Ox: ma_1 &= F \cos \alpha_1 - F_{f1} \end{aligned}$$

$$N_1 = mg - FS \sin \alpha_1$$

$$ma_1 = F \cos \alpha_1 - \mu(mg - FS \sin \alpha_1)$$

$$a_1 = \frac{F \cos \alpha_1 - \mu(mg - FS \sin \alpha_1)}{m}$$

2-й закон Ньютона:

$$Oy: N_2 = mg$$

$$Ox: ma_2 = F - F_{f2}$$

$$ma_2 = F - \mu mg$$

$$a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$$

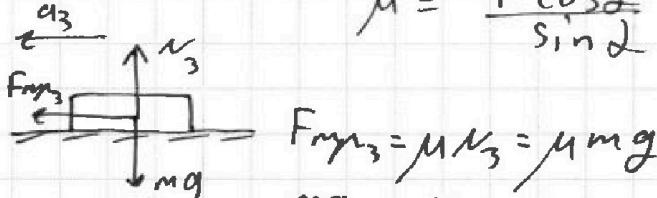
При разгоне до одинаковой скорости проходит  
за одинаковое время, то:  $a_1 = a_2$

$$F \cos \alpha_1 - \mu(mg - FS \sin \alpha_1) = F - \mu mg$$

$$F \cos \alpha_1 + \mu FS \sin \alpha_1 = F$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha_1}{\sin \alpha_1}$$

2)



$$F_{f3} = \mu N_3 = \mu mg$$

$$ma_3 = F_{f3} \Rightarrow a_3 = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$$

$$V_0 = a_3 T = \mu g T$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha_3}{1 - \cos \alpha_3}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha_3}{\sin \alpha_3}$$

$$2) T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha_3}{1 - \cos \alpha_3}$$

$$2) T = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha_3}{1 - \cos \alpha_3}$$

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 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!

### Задача №4

$$1) Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$C_{12}(T_2 - T_1) = \frac{i}{2} \Delta n(T_2 - T_1) + A_{12}$$

$$A_{12} = 2n(T_2 - T_1) - \frac{i}{2} n(T_2 - T_1) = 0,5 \Delta n(4T_1 - T_1) = \\ = 1,5 \Delta n T_1$$

$$A_{12} = 1,5 \cdot 1 \cdot 8,34 \cdot 400 = 4986 \text{ дж}$$

$$2) Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

т.к.  $Q_{23} < 0 \rightarrow \text{тепло отводится}$

$$C_{23}(T_3 - T_2) = \frac{i}{2} \Delta n(T_3 - T_2) + A_{23}$$

$$0,5 n(2^{1,5} T_1 - 4 T_1) = 1,5 \Delta n(2^{1,5} T_1 - 4 T_1) + A_{23}$$

$$(4 - 2^{1,5}) T_1 = A_{23}$$

$$3) Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$$

т.к.  $Q_{31} < 0 \rightarrow \text{тепло отводится}$

$$C_{31}(T_1 - T_3) = \frac{i}{2} \Delta n(T_1 - T_3) + A_{31}$$

$$2,5 \Delta n(T_1 - 2^{1,5} T_1) = \frac{i}{2} \Delta n(T_1 - 2^{1,5} T_1) + A_{31}$$

$$\Delta n T_1 (1 - 2^{1,5}) = A_{31}$$

$$\text{КПД} \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}, \text{ т.к. тепло подводится только на } T_2.$$

$$\eta = \frac{1,5 \Delta n T_1 + (4 - 2^{1,5}) \Delta n T_1 + (1 - 2^{1,5}) \Delta n T_1}{6 \Delta n T_1} =$$

$$= \frac{6,5 - 2 \cdot 2^{1,5}}{6} \cancel{\frac{3,68}{6}} \cancel{\approx 0,6} \approx 0,14$$

$$4) P_2 V_2 - P_1 V_1 = \Delta n(T_2 - T_1) = 3 \Delta n T_1 = 3 P_1 V_1$$

$$P_2 V_2 = 4 P_1 V_1$$

$$P_3 V_3 - P_2 V_2 = \Delta n(T_3 - T_2) = (2^{1,5} - 4) T_1 = (2^{1,5} - 4) P_1 V_1$$

$$P_3 V_3 = 2^{1,5} P_1 V_1$$

1 2 3 4 5 6 7МФТИ

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

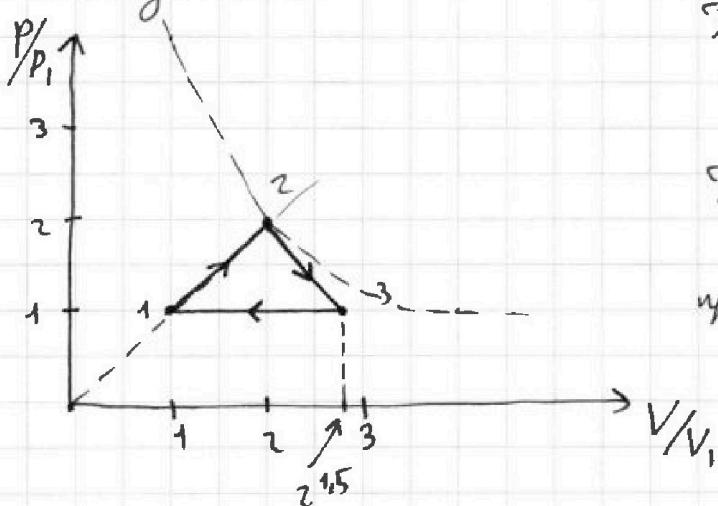
### Задача №4

$$P_1 V_1 - P_3 V_3 = \text{Дж} (T_1 - T_3) = \text{Дж} (1 - 2^{1,5}) T_1 = (1 - 2^{1,5}) p_1 V_1$$

Поскольку газ однокомпонентный, а  $C_{1,3} = 2,5$ , что соответствует изодарному процессу, то  $p_1 = p_3$ .

Поскольку температура в исходном и промежуточном состояниях постоянна, то температура в начальном состоянии неизвестна.

Получаем:



$$\text{Т.к. } p_1 = p_3, \text{ то: } p_1 V_3 = 2^{1,5} p_1 V_1 \\ V_3 = 2^{1,5} V_1$$

Поскольку  $P_2 V_2 = 4 p_1 V_1$ , то из 2 линии на проведенной изотерме

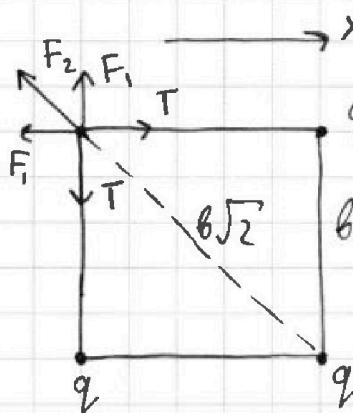
Однако: 1)  $A_{12} = 49,86 \text{ дж}$

2)  $\eta = 0,14$

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

**Задача №5**

1) Тесимулярні сили, дієствуєщі на один із шариков.

$$F_1 = K \cdot \frac{q^2}{B^2}$$

$$F_2 = K \cdot \frac{q^2}{2B^2}$$

2-й закон Ньютона по  $O_x$ :

$$T = F_1 + F_2 \cdot \cos 45^\circ = K \frac{q^2}{B^2} + K \frac{q^2}{2B^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{Kq^2}{B^2} \left( \frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2) После того, как мы убедимся одну шарик, шарики вистроят в ряд — одну шарик. Тесимулярні прямі сили, дієствуєщі на них.



поскольку фигура симетрична, то изменение у системы не будет, что говорит нам о том что все шарики будут обладать одинаковой скоростью.

3С7:

$$4 \cdot K \cdot \frac{q^2}{B} + 2 \cdot K \cdot \frac{q^2}{\sqrt{2}B} = 4mV^2$$

$$\frac{2Kq^2}{B} + \frac{Kq^2}{\sqrt{2}B} = mV^2$$

$$V^2 = \frac{Kq^2}{mB} \left( \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$V = \sqrt{\frac{Kq^2}{mB} \left( \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right)}$$

Ответ: 1)  $T = \frac{Kq^2}{B^2} \left( \frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}} \right)$ ; 2)  $V = \sqrt{\frac{Kq^2}{mB} \left( \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right)}$



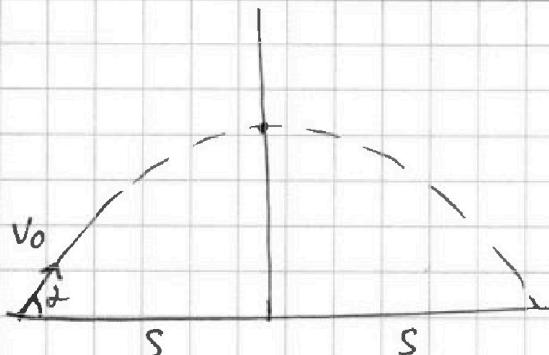
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 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!



$$V_0 \cos \alpha \cdot t = S \rightarrow V_0 \cos \alpha = \frac{S}{t}$$

~~$V_0 \sin \alpha \cdot t$~~

$$V_0 \sin \alpha \cdot t = g t$$

$$\begin{array}{l} 8,7 \\ \times 1,600 \\ \hline 148600 \end{array}$$

$$V_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{S^2}{t^2}$$

$$V_0^2 \sin^2 \alpha = \frac{g^2 t^2}{t^2}$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot t = S$$

$$V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} = h_{\max}$$

$$V_0 \sin \alpha = g t \rightarrow t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

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

$$400 = \frac{400}{t^2} + 100 t^2$$

$$4 = \frac{4}{t^2} + t^2$$

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

$$400 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha = 2$$

$$\cos \alpha \cdot \sin \alpha = \frac{2}{400} = \frac{1}{200} = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot \sqrt{2}}$$

$$4t^2 = 4 + t^4$$

$$t^4 - 4t^2 + 4 = 0$$

$$\Delta = 16 - 16 = 0$$

$$t^2 = \frac{+4-0}{2} = 2$$

$$t = \sqrt{2}$$

$$\frac{\sin 2\alpha}{2} = \frac{1}{200} \quad \text{б/р} - \cancel{(\text{5164})}$$

$$\sin 2\alpha = \frac{2}{200} = \frac{1}{100} = \frac{0,86}{16} = 0,05375$$

$$20 \cos \alpha \cdot t = ?$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ 39 \\ \times 2 \\ \hline 39 \end{array}$$

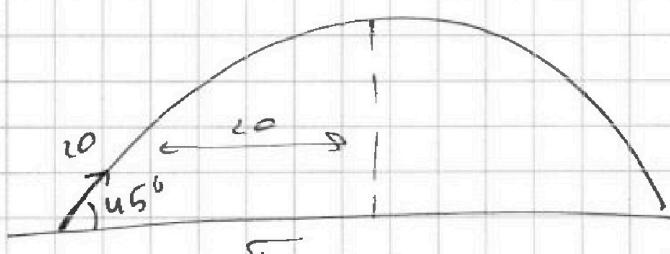
$$\cos \alpha \cdot \sqrt{2} = ?$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 7 \\ \times 2 \\ \hline 7 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} +35 \\ 117 \\ \hline 1921 \end{array}$$

$$20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} - \frac{10 \cdot 2}{2} = 10$$



$$20 \cos 45^\circ \cdot t = 20 \rightarrow t = \sqrt{2}$$

$$20 \sin 45^\circ \cdot t - \frac{g t^2}{2} = h_{\max}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

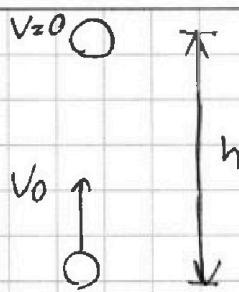
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

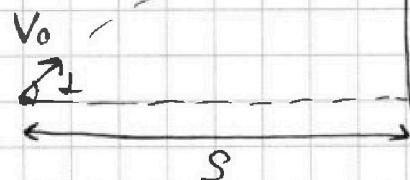


$$gt = V_0 \quad 1) \quad V_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \quad \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \frac{1}{2}$$

$$g t^2 \quad V_0 t - \frac{gt^2}{2} = h \quad 5. \quad \frac{400}{400}$$

$$\frac{2\sin(2\alpha)-1}{1-\sin^2\alpha} = \frac{20t \tan \alpha - \frac{5}{\cos^2 \alpha}}{S} = h_{max}$$

$$\frac{2\sin(2\alpha)-1}{\cos^2 \alpha} =$$



$$S - \frac{g}{4} \cdot \frac{S^2}{V_0^2} = h_{max}$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot T = S \rightarrow T = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$V_0 \sin \alpha - gT$$

$\cos 45^\circ$

$$V_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{gT^2}{2} = h_{max}$$

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

$$\tan \alpha \cdot S - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = h_{max}$$

$$\frac{1}{\cos \alpha} \left( \sin \alpha \cdot S - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \right) = h_{max}$$

$V_0 \cos 45^\circ$

$$V_0 \sin 45^\circ \cdot \frac{S}{V_0 \cos 45^\circ} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = h_{max}$$

$$10 \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{5}{\cos^2 \alpha} = h_{max}$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot T = S \rightarrow T = \frac{S}{V_0 \cos \alpha} \quad \frac{5}{\cos \alpha} \left( \sin \alpha - \frac{T}{\cos \alpha} \right)$$

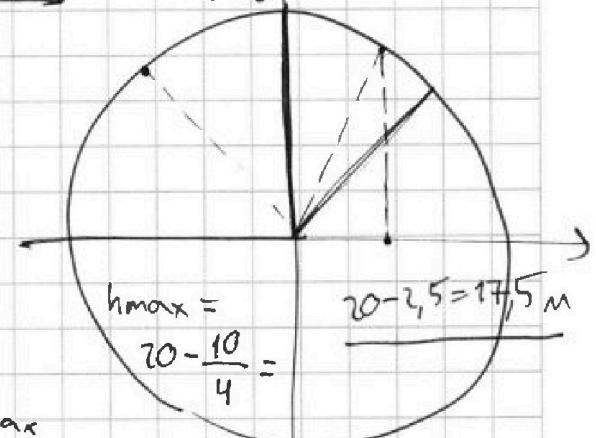
$$V_0 \cos \alpha \cdot V_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{gT^2}{2} = h_{max}$$

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

$$\frac{f'g - g'f}{f^2}$$

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

$$\frac{4 \sin \alpha \cos \alpha - 1}{\cos^2 \alpha}$$



$$h_{max} = \frac{20 - 10}{4} =$$

$$20 - 2,5 = 17,5 \text{ m}$$

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 проявляется. Порча QR-кода недопустима!

$F_{\text{нр}} = \mu mg$      $\sin \alpha = 0,8$

$\mu = \frac{1}{3}$      $\cos \alpha = 0,6$

$mg \sin \alpha = ma$      $N = mg \cos \alpha$

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

$a = (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g = \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8\right) 10$

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

$V_0 T - \frac{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g}{2} T^2 = S$

$4T - \frac{\left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8\right) \cdot 10}{2} T^2 = 1$

$4T - 5T^2 = 1$

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

$V_0 T = 5T^2 = 1$

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

$D = 16 + 20 = 36 = 6^2$

$T_1 = \frac{4+6}{10} = 1$  ~~(не корень)~~

$T_2 = \frac{4-6}{10} = -0,2$  (не корень)

$V_0 - at + u = u$

$V_0 - at + u = -u$

$\begin{cases} V_0 = at \rightarrow t_1 = \frac{V_0}{a} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ c} \\ V_0 - at = -2u \rightarrow t_2 = \frac{V_0 + 2u}{a} = \frac{4+4}{10} = 0,8 \text{ c} \end{cases}$

$\begin{array}{r} \cancel{0,16} \\ \times 5 \\ \hline 0,8 \end{array}$      $1,6 + 0,8 = 0,8$

$L_1 = V_0 t_1 - \frac{at^2}{2} + ut = 4 \cdot 0,4 - 5 \cdot 0,4^2 + 2 \cdot 0,4 = 1,6$

$L_2 = V_0 t_2 - \frac{at^2}{2} + ut = 4 \cdot 0,8 - 5 \cdot 0,8^2 + 2 \cdot 0,8 = -1,6$

МФТИ



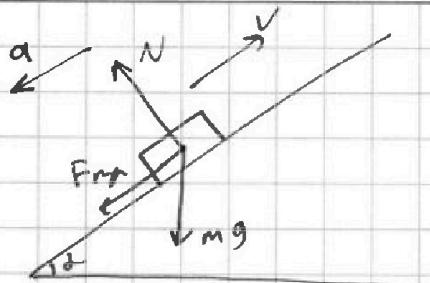
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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

МФТИ

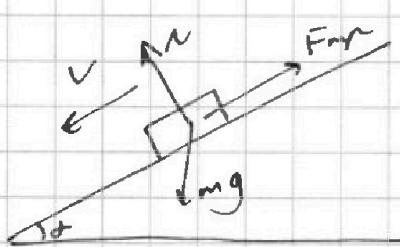
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$a_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a_1 = \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 9,8\right) \cdot 10 = 10 \text{ m/s}^2$$



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

$$a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$a_2 = 10 \left(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6\right) = 6 \text{ m/s}^2$$

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

$$\sqrt{0,0666}$$

$$\sqrt{\frac{2}{3}}$$

1) Представим, что скорость дна, так как вверх:

$$v_0 t - \frac{a_1 T^2}{2} = S$$

$$S_1 = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\frac{100}{90} \frac{100}{100,6668}$$

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

$$S_1 = \frac{14}{17}$$

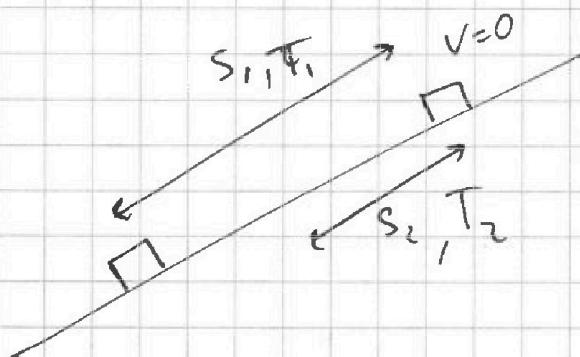
$$\frac{\sqrt{2}}{53} \text{ м.}$$

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

$$0,8 + 3T^2 = 1$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{0,2}{3}}$$

$\Delta < 0 \leftarrow$  ЗНАЧИТ ОН еще и опускался



$$S_1 + S_2 = S$$

$$\boxed{V_0 = a_1 T_1} \leftarrow T_1 = \frac{V_0}{a_1} = \frac{4}{10} = 0,4$$

$$S_1 = \frac{a_1 T_1^2}{2} \leftarrow S_1 = \frac{10}{2} \cdot 0,16 = 0,8$$

$$S_2 = \frac{a_2 T_2^2}{2}$$

$$0,2 = \frac{a_2 T_2^2}{2} \sqrt{\frac{0,4}{6}}$$

$$S_1 + S_2 = \frac{a_1 T_1^2}{2} + \frac{a_2 T_2^2}{2} = S$$

$$0,4 = 6 \cdot T_2^2$$

$$\boxed{\frac{a_1 T_1^2}{2} + \frac{a_2 T_2^2}{2} = 1}$$



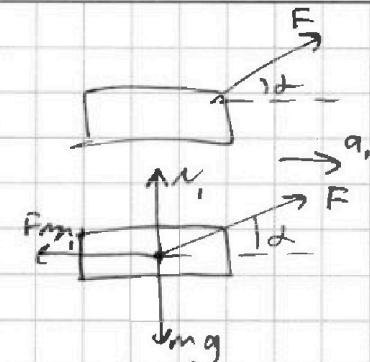
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 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!



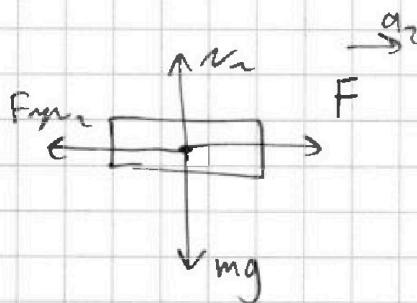
$$F_{\text{cos}\alpha} = \mu m g$$

$$N_1 = m g - F \sin \alpha$$

$$\mu g \sin \alpha = m g - N_1$$

$$m a_1 = F_{\text{cos}\alpha} - \mu N_1$$

$$m a_1 = F_{\text{cos}\alpha} - \mu (m g - F \sin \alpha)$$



$$m a_2 = F - F_{\text{fric}}$$

$$a_2 = \frac{F_{\text{cos}\alpha} - \mu m g + \mu F \sin \alpha}{m}$$

$$F_{\text{cos}\alpha} - \mu m g + F \sin \alpha = F - \mu m g$$

$$F_{\text{cos}\alpha} + F \sin \alpha = F$$

$$F_{\text{cos}\alpha} - \mu m g + \mu F \sin \alpha = F - \mu m g$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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

тот

$$T = \frac{V_0}{\mu m g}$$

$$m a_1 = F_{\text{cos}\alpha} - \mu (m g - F \sin \alpha)$$

$$m a_2 = F - \mu m g$$

$$F_{\text{cos}\alpha} - \mu (m g - F \sin \alpha) = F - \mu m g$$

$$F_{\text{cos}\alpha} - \mu m g + \mu F \sin \alpha = F - \mu m g$$

$$\frac{15}{4}$$

600

$$8,31$$

$$\times 600$$

$$4980 \text{ p. o}$$

$$\begin{array}{r} \\ 1 \\ \times 8,31 \\ \hline 6 \\ \hline 4980 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

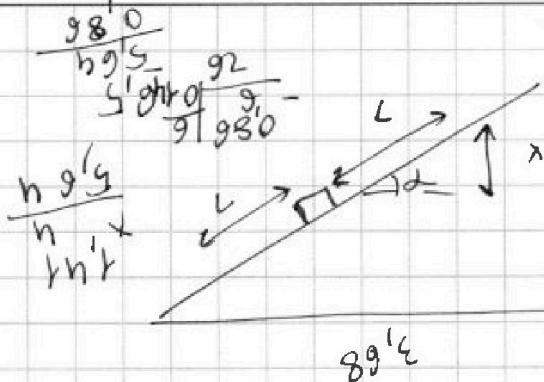
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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



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

$$\frac{m u^2}{2} + m g L \sin \alpha$$

$$\frac{x}{L} = \sin \alpha$$

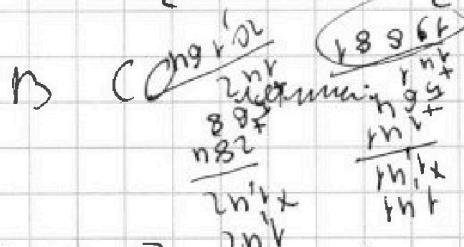
$$1,2 - u = \sin \alpha (L - e)$$

$$x =$$

$$\frac{10}{2} \cdot 0,04$$

$$10,02 = 0,02$$

$$\frac{m (v_0 - u)^2}{2} - \frac{m (u - u)^2}{2} + m g L \sin \alpha$$



$$L - e$$

$$\frac{u}{\sin \alpha} = L - e \quad e = L - \frac{u}{\sin \alpha}$$

$$\frac{v_0^2}{g} - \frac{u^2}{g}$$

$$V_0 - a_1 t_1 = 0$$

$$V_0 - a_1 t_1 - a_2 t_2 = -24$$

$$25 \cdot 2 = 50^2$$

$$25^2 = 2 \cdot \mu \cdot V$$

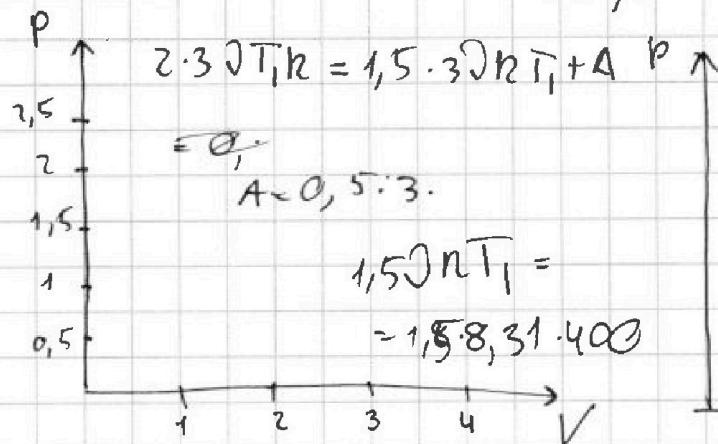
$$\left( 1 + 1 - \frac{u}{0,8} \right) \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 = -2 = -2 \cdot \mu \cdot H$$

$$\frac{1}{2} P_{\Delta} V + P_{\Delta} V$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{u^2}{25^2 - 5^2} \quad 4 - \frac{u}{0,4} = -10H$$

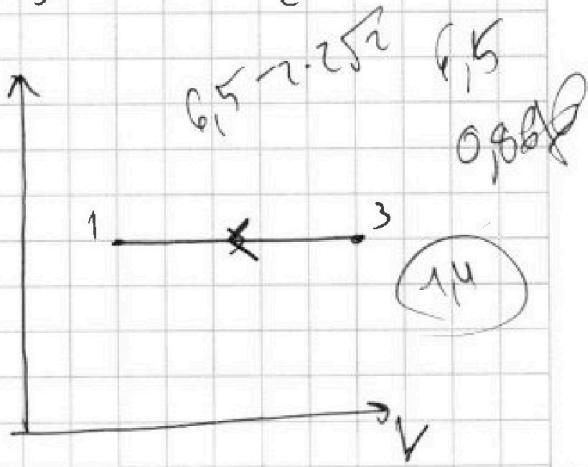
$$Q = (4T_1 - 1T_1) \Delta C = \frac{3}{2} \Delta n (4T_1 - T_1) \quad 1,6 - H = -4H$$

$$(L + e - \frac{u}{\sin \alpha}) \mu m g \cos \alpha = \frac{m v_0^2}{2} - m g H$$



$$1,5 \Delta n T_1 =$$

$$= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 400$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

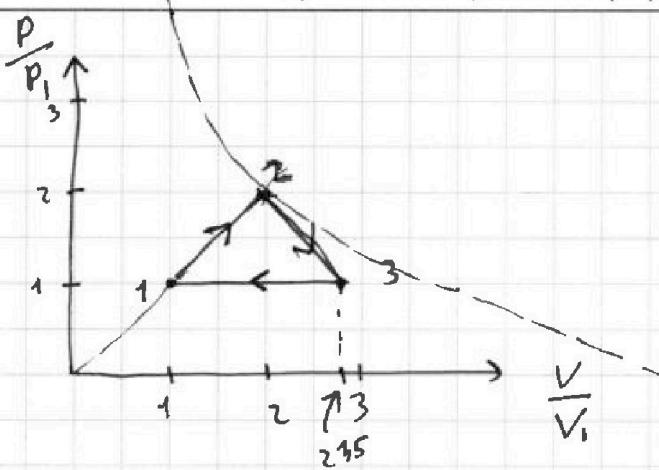
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$1,5 \text{ J} (pV - p_1 V_1) = 15$$

$$p_2 V_2 - p_1 V_1 = 0,23 T_1$$

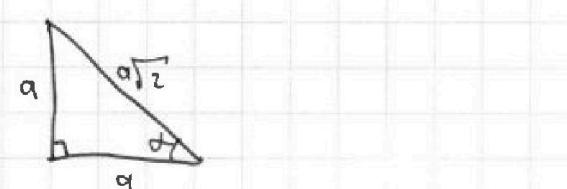
$$p_2 V_3 - p_2 V_2 = 0,2 (2^{1,5} - 4) T_1$$

$$p_1 V_1 - p_2 V_3 = 0,2 (1 - 2^{1,5}) T_1$$

$$p_1 (V_1 - V_3) = 0,2 (1 - 2)$$

$$(4 - 2^{1,5}) T_1, 0,2$$

$$(4 - 2^{1,5}) p_1 V_1$$



$$\frac{(4 - 2^{1,5} V_1)(p_2 + p_1)}{2} = (4 - 2^{1,5}) p_1 V_1$$

Т.к. теплоемкость постоянна, то  $T$  меняется линейно

$$(2^{1,5} - 2) \cdot 1,5 =$$

$$\underbrace{(2^{1,5} - 2) \cdot 1,5}_{2 \cdot 2^{1,5}}$$

$$2 \cdot 2^{1,5} = 3 + 4$$

$$2 \cdot 2^{1,5} = 7$$

$$\frac{(2^{1,5} - 2) \cdot 1,5}{4 - 2^{1,5}}$$

$$4 - 2^{1,5}$$

$$2^{1,5} + 2$$

$$\frac{1,5 \cdot 2^{1,5} - 3}{4 - 2^{1,5}}$$

$$1,5$$



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"/> |

МФТИ

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



$$2 \frac{Kq^2}{B} + K \frac{q^2}{\sqrt{2}B} = mV^2$$

$$\left( \frac{2\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}} \right) \frac{Kq^2}{mB} = V^2 = V$$