



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

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



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.

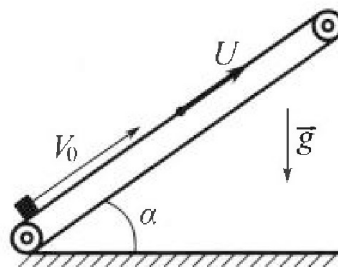
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

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

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

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости  $V_0$  за одинаковое время.

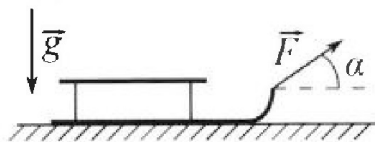
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.





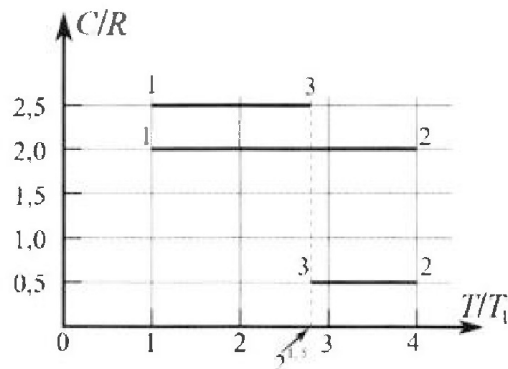
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

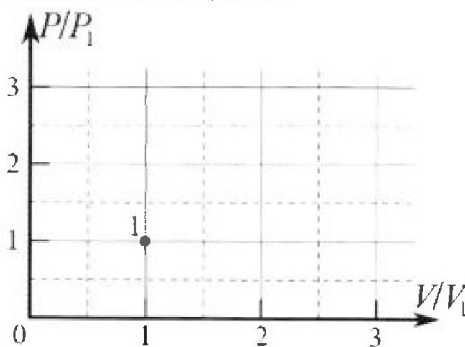
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



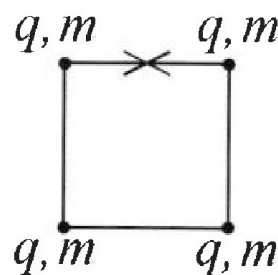
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



- 1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



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



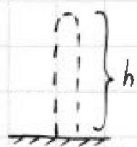
- 1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите скорость  $V$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

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

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

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

1)



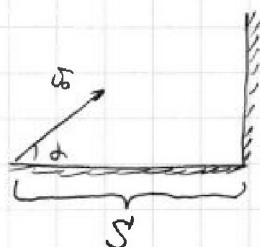
1) Так как на максимальную

высоту нис поднимается за время  $T$ :

$$v_0 = gT \quad - \text{ скорость в верхней точке } v=0$$

$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

2)



$\alpha$  - угол к горизонту

$$v_0 \cos \alpha \cdot T = S \quad ; \quad T - \text{ время полета}$$

$$T = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot T - \frac{gT^2}{2} = H \quad ; \quad H - \text{ высота удара}$$

$$v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = H \quad \text{стену}$$

$$S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = H$$

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

$$S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha = H \quad (1)$$

максимум  $H$  полученного выражения достигается

в вершине параболы: при  $\tan \alpha =$

$$\tan \alpha = \frac{S}{2gS^2} = \frac{v_0^2}{gS}$$

подставив полученный  $\tan \alpha$  в (1):

$$H_{\max} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = 15 \text{ м}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

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

 **МФТИ**

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

Ответ:

$\sigma_0 \approx 20 \text{ МПа}$  ;  $H_{max} \approx 25 \text{ м}$

52

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

При этом коробке потребуется пройти путь  $S_2 = S + S_1$   
3) время  $T_2$  : с нулевой нач. скоростью:

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

$$T_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{10(5 + S_1)}{3g}}$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{10(1 + 0,4)}{3 \cdot 10}} = \sqrt{0,6} \approx 0,77 \text{ с}$$

$$T = T_1 + T_2 \approx 1,17 \text{ с}$$

2) Скорости коробки в нач. момент в СО  
ленты:  $U = U_0 - U$

коробка будет иметь скорость  $U$  в лент.

или СО при этом скорости истинными относительно ленты:

при этом коробка будет двигаться с ускорением

$a_1$ , найдемным в н.т

Тогда коробка пройдет:

$$L = \frac{U_0^2 - U^2}{2a_1} = \frac{U_0^2 - U^2}{2g}$$

$$L = \frac{16 - 4}{20} = 0,6 \text{ м}$$

3) скорость  $U$  коробки станет равной нулю  
в момент, когда ее скорость отн. ленты

$U_1 = 2 \text{ м/с}$  и направл. против направл. ленты:



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

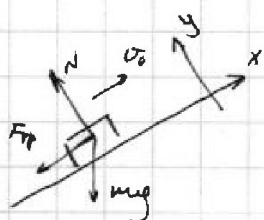
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

При этом лента скользит на  $L_2$ :

$$L_2 = U_2 \cdot t = \frac{U(U_0 - U)}{g}$$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{(U_0 - U)}{g} \left( U + \frac{U_0 - U}{2} \right) = \frac{U_0^2 - U^2}{2g}$$

$$L = \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ м.}$$



1) По II закону Ньютона:

$$x: mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma$$

$$y: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N - \text{коэффициент}$$

отсюда:

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

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

При движении вверх коробка максимум удалится

на  $S$  за время  $t_1$ :

$$S = \frac{U_0^2}{2a} = \frac{U_0^2}{2g} = 0,8 \text{ м} \quad t_1 = \frac{U_0}{a} = \frac{U_0}{g} = 0,4 \text{ с}$$

После этого коробка начнет двигаться вниз

При движении вниз:

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

$$a_2 = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) g \quad a_2 = \frac{3}{5} g - \text{напр вниз}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  
☐

2  
☒

3  
☐

4  
☐

5  
☐

6  
☐

7  
☐



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



при этом после остановки (отп. ленты) ускорение

становит равным  $a_2$

$$l = \frac{u^2}{2a_2} = 0.6 \text{ м от ленты}$$

$l$  - путь от точки  $L$

$$l = 2 \cdot \frac{4.5}{3g} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

за время  $T$ :  $u = a_2 T$   $T = \frac{u}{a_2}$

$$T = \frac{2 \cdot 5}{3g} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

лента сместится на:

$$l' = uT = \frac{2}{3} \text{ м}$$

смещен путь в лод. со:

$$\Delta L = l' - l = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$H = (L + \Delta L) \sin \alpha = 0.9 \cdot \frac{4}{5} \approx 0.72 \text{ м}$$

Ответ:  $T = 1.17 \text{ с}$ ;  $L = 0.6 \text{ м}$ ,  $H = 0.36 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

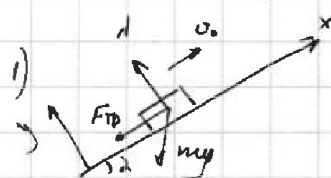
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

$\sqrt{2}$



по II 3-му Ньютону:

$$x: F_{тр} + mg \sin \alpha = ma$$

$$y: \sqrt{2} mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu N - \text{использование}$$

тогда:

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

Необходимое время для прохождения S и T:

$$v_0 T = \frac{g T^2}{2} + S$$

$$\frac{g}{2} T^2 - v_0 T + S = 0$$

$$D = \sqrt{v_0^2 - 2Sg} < 0 \Rightarrow \text{лишнюю сообщим}$$

скорости направленную вниз:

тогда по II 3-му Ньютону:

$$F_{тр} = mg \sin \alpha + ma_x$$

$$\sqrt{2} mg \cos \alpha$$

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

$$a_x = (\mu g \cos \alpha - \sin \alpha) g = -\frac{3}{5}g - \text{направлено вниз}$$

$$S = v_0 T + \frac{g T^2}{2}$$

$$8x \quad \frac{3}{10} g T^2 + v_0 T - S = 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$\Delta s = 2l = 4^2 + 4 \cdot 3 = 28$$

$$\Delta s = \frac{v_0^2 + \frac{6}{5} g s}{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + \frac{6}{5} g s}}$$

$$T = \frac{\frac{6}{5} g s}{\frac{6}{5} g}$$

$$T \approx \frac{-4 + \sqrt{28}}{10} \cdot \frac{5}{3} = \frac{-4 + \sqrt{28}}{6} \approx \frac{-4 + 5,3}{6} \approx 0,22 \text{ с}$$

2) скорость коробки в СО земли будет складываться из скорости ленты  $U = \text{const}$  и скорости коробки. Тогда в начальный момент времени  $v_0 = U + v$

Коробке сообщают скорость направленно вверх, иначе скорость  $U$  достигаться не будет.

В СО транспортера скорость коробки в нач. момент  $v = v_0 - U$

При этом ускорение коробки будет равно ускорению в н.с (для  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости)

Коробка затормозит от лент за время  $T$ :

$$a_T = a \quad a = g$$

$$T = \frac{v_0 - U}{g}$$

пройдя от лент при этом  $L = \frac{v_0^2}{2g}$

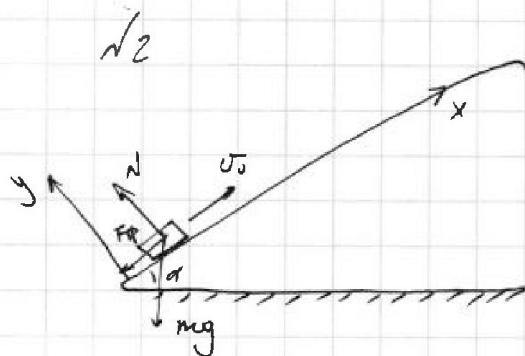
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



$m$  - масса коробки

$$O_x: ma = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha$$

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

коробка скользит  $\Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N$

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

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

1) Тогда путь  $S$  коробка пройдет за  $T$ :

$$O_0 T = \frac{a T^2}{2} = S$$

$$O_0 T = \left( \frac{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}{2} \right) g T^2 = S$$

$$\mu \cos \alpha + \sin \alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} = 1$$

$$O_0 T = \frac{g}{2} T^2 = S$$

$$\frac{g}{2} T^2 - O_0 T + S = 0$$

$$D = O_0^2 - 2gS$$

$$T = \frac{O_0 \pm \sqrt{O_0^2 - 2gS}}{g}$$

$D < 0 \Rightarrow$  коробка остановится somewhere до  $S = 1\text{м}$

2) Скорость коробки относительно земли

будет равна:  $O_k = O + U$

$O_k$  - скорость коробки  
отн. земли в  
некоторый момент

$O$  - скорость коробки  
отн. ленты в тот же  
момент.

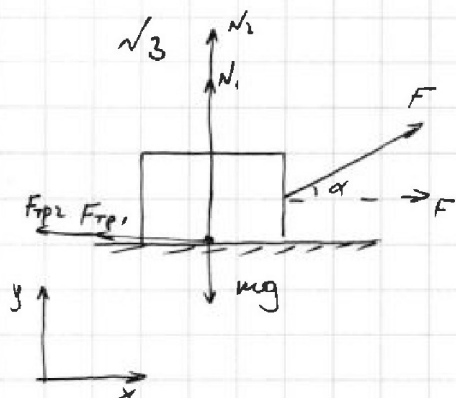
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



для случая, когда  $\vec{F}$  под

углом к горизонту:

$$O_x: F \cos \alpha - F_{тр1} = ma,$$

$$O_y: F \sin \alpha + N_1 = mg$$

$$F_{тр1} = \mu N_1 \quad - \text{скольжение}$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = ma,$$

для второго случая,  $\vec{F}$  - напр. горизонтально:

$$O_x: F - F_{тр2} = ma_2$$

$$O_y: N_2 = mg$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 \quad - \text{скольжение}$$

1) т.к. в обоих случаях скорость  $v_0$  достигается  
за одинаковое время (пусть  $T$ ):

$$a_1 T = a_2 T = v_0 \Rightarrow a_1 = a_2 = a$$

$$\begin{cases} F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma \\ F - \mu mg = ma \end{cases}$$

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

2) После прекращения действия  $F$  в обоих случаях?

$$a: F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$g: \mu = mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu v$$

$$a = \mu g$$

Тогда:

$$aT = v_0$$

$$T = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g}$$

$$T = \frac{v_0 \sin d}{(1 - \cos d)g}$$

$$\text{Ответ: } \mu = \frac{1 - \cos d}{\sin d}; \quad T = \frac{v_0 \sin d}{(1 - \cos d)g}$$

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

1) Для процесса 12:

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

$$Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12}$$

$C_{12}$  - молярная теплоемкость в процессе 12,  $C_{12} = 2R$  - из графика

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \Delta T_{12} - \text{табл. формулы}$$

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

$$A_{12} = \Delta T_{12} \left( C_{12} - \frac{3}{2} R \right)$$

$\Delta T = T_2 - T_1$ , пользуясь графиком

$$A_{12} = 3 \Delta T_1 \left( C_{12} - \frac{3}{2} R \right) = \frac{3}{2} \Delta T_1$$

$T_2 = 4T_1$   
 $\Delta T = 3T_1$

$$A_{12} = 3 \Delta T_1 \left( 2 - 1.5 \right) = 3 \cdot 1.8, 31 \cdot 400 \cdot \frac{1}{2} = 881.6 \text{ Дж}$$

$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A}{Q}$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \Delta T_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} R \Delta T_{23}, \quad C_{23} = \frac{1}{2} R \text{ из граф.}$$

$$A_{23} = - \Delta T_{12}$$

$$\Delta T_{12} = -4T_1 + 2^{1.5} T_1 - \text{из графика}$$

$$A_{23} = \Delta T_1 (4 - 2^{1.5})$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$$

$$C_{31} = 2.5 R - \text{из графика}$$

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!

$$A_{31} = \frac{5}{2} R \Delta T_{31} - \frac{3}{2} R \Delta T_{31} = R \Delta T_{31}$$

$$\Delta T_{31} = T_1 - 2^{1.5} T_1 \quad \text{из графика}$$

$$A_{31} = R T_1 (1 - 2^{1.5})$$

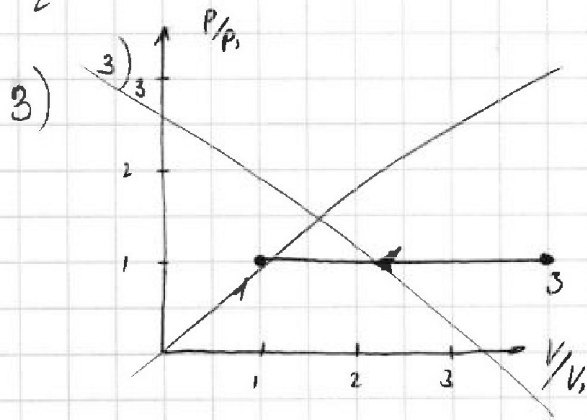
$$A = A_{31} + A_{23} + A_{12} = \frac{3}{2} R T_1 + R T_1 (1 - 2^{1.5}) + R T_1 (4 - 2^{1.5})$$

$$A = R T_1 \left( \frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1.5} \right)$$

$$Q = Q_{12} = 8 R T_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1.5}}{8} \approx \frac{13}{12} - \frac{2 \cdot 2^{1.5}}{6} \approx \frac{13}{12} - \frac{2 \cdot 4}{3} \approx 1.08 - 0.913 = 0.17$$

$$\eta \approx 17\%$$



процесс 31 - изобарный

$$\text{т.к. } C_{31} = C_p = \frac{5}{2} R$$

$$P_1 = P_3$$

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3}$$

$$V_3 = \frac{T_3}{T_1} V_1 = 2^{1.5} V_1$$

т.к.  $C(T)$  - линейная зависимость

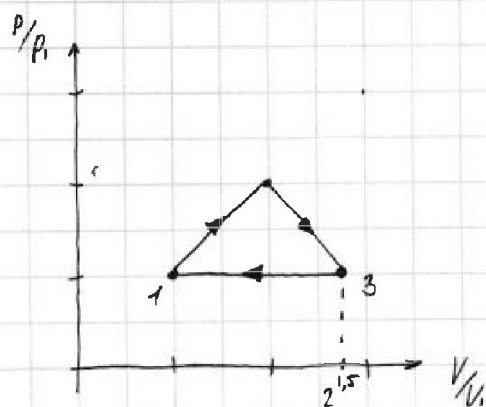
все участки графика - отрезки

прямых. Тогда работа на

участках 12 и 23:

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)$$

$$A_{23} = \frac{P_2 + P_3}{2} (V_3 - V_2)$$





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 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!

учтем, что  $p_1 = p_3$

$$A_{23} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_3 - V_2)$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} = \frac{V_3 - V_2}{V_2 - V_1} \quad V_3 = 2^{1,5} V_1$$

$$\frac{A_{23}}{A_{12}} \cdot A_{12} (2^{1,5} V_1 - V_2) = A_{23} (V_2 - V_1) : V_1$$

$$A_{12} (2^{1,5} - \frac{V_2}{V_1}) = A_{23} (\frac{V_2}{V_1} - 1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} \cdot (A_{12} + A_{23}) = 2^{1,5} A_{12} + A_{23}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{2^{1,5} A_{12} + A_{23}}{A_{12} + A_{23}}$$

$$A_{23} = \sqrt{RT_1} (4 - 2^{1,5}) \approx 831 \cdot 400 \cdot (4 - 2,75)$$

$$= 831 \cdot 5 = 4155 \text{ Дж}$$

$$\frac{V_2}{V_1} \approx \frac{2,75 \cdot 5000 + 4150}{4150 + 5000} = \frac{18200}{9150} \approx 2$$

$$A_{12} = (p_1 + p_2) \frac{V_1}{2}$$

$$p_1 \cdot \frac{2A_{12}}{V_1} = p_1$$

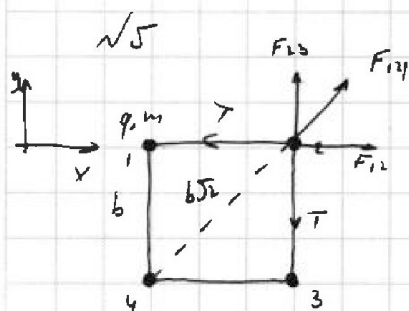
$$p_2 V_2 = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 4 \frac{V_1}{V_2} = 2$$

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

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



$F_{ij}$  - сила взаимод.  $i$  и  $j$  зарядов.

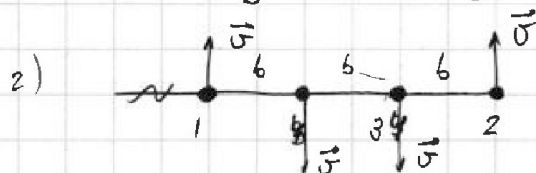
1) Из симметрии все силы натяжения равны. Тогда достаточно найти рассмотреть

один заряд:

$$A: T = F_{12} + F_{14} \cos \alpha \quad \alpha = 45^\circ$$

$$T = k \frac{q^2}{b^2} + k \frac{q^2}{2b^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$T = k \frac{q^2}{b^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$



Начальная энергия системы  $W_0$ :

$$W_0 = 4k \frac{q^2}{b} + 2k \frac{q^2}{b\sqrt{2}}$$

Энергия в момент, когда заряды на одной прямой:

$$W = 4 \cdot \frac{mv^2}{2} + 3k \cdot \frac{q^2}{b} + 2k \cdot \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{3b}$$

ЗСЭ: скорости 1 и 2, шарика в этот момент

будут одинаковы из симметрии, и направлены  
| вниз. Суммарный импульс системы = 0, тогда все  
скорости равны.

$$ЗСЭ: W = W_0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

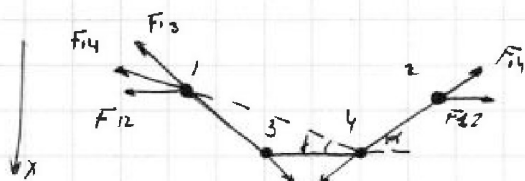
$$2m\sigma^2 + 4k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{3b} = 4k \frac{q^2}{b} + k \frac{q^2}{b\sqrt{2}}$$

$$2m\sigma^2 = k \frac{q^2}{b} (4 + \sqrt{2} - \frac{1}{3} - 4)$$

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

$$\sigma = \sqrt{k \frac{q^2}{mb} (\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{6})}$$

3) Система в некоторый момент времени:



Ускорения шаров 3 и 4 равны и направлены

↓ их соединяющей нити

$$x: F_{13} \sin \alpha + F_{23} \sin \beta = m\sigma$$

$$\sigma_{y,1} = 0 \quad a_{y,1} = 0 \quad \text{все шары висят}$$

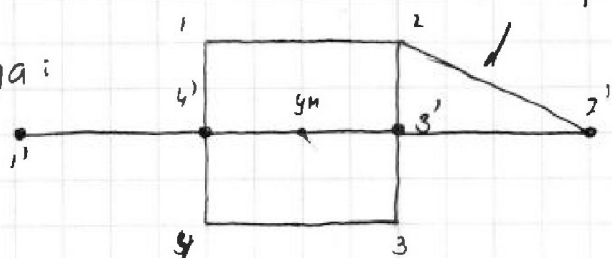
Тогда положение центра масс системы в

кач. и кон. моменты совпадают:

В кач. момент центр масс - центр квадрата

В кон. момент - центр отрезка 12

Тогда:



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



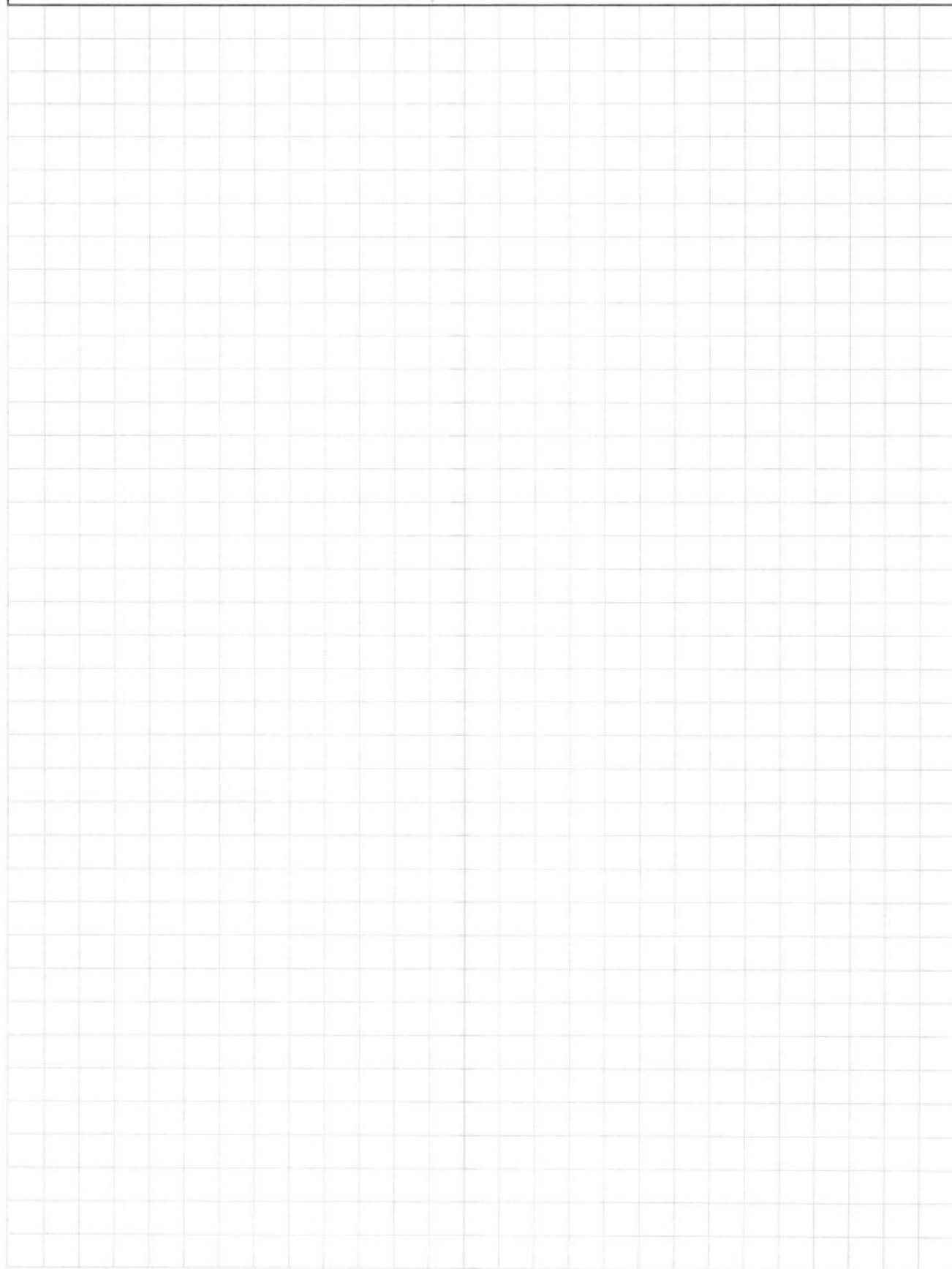
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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





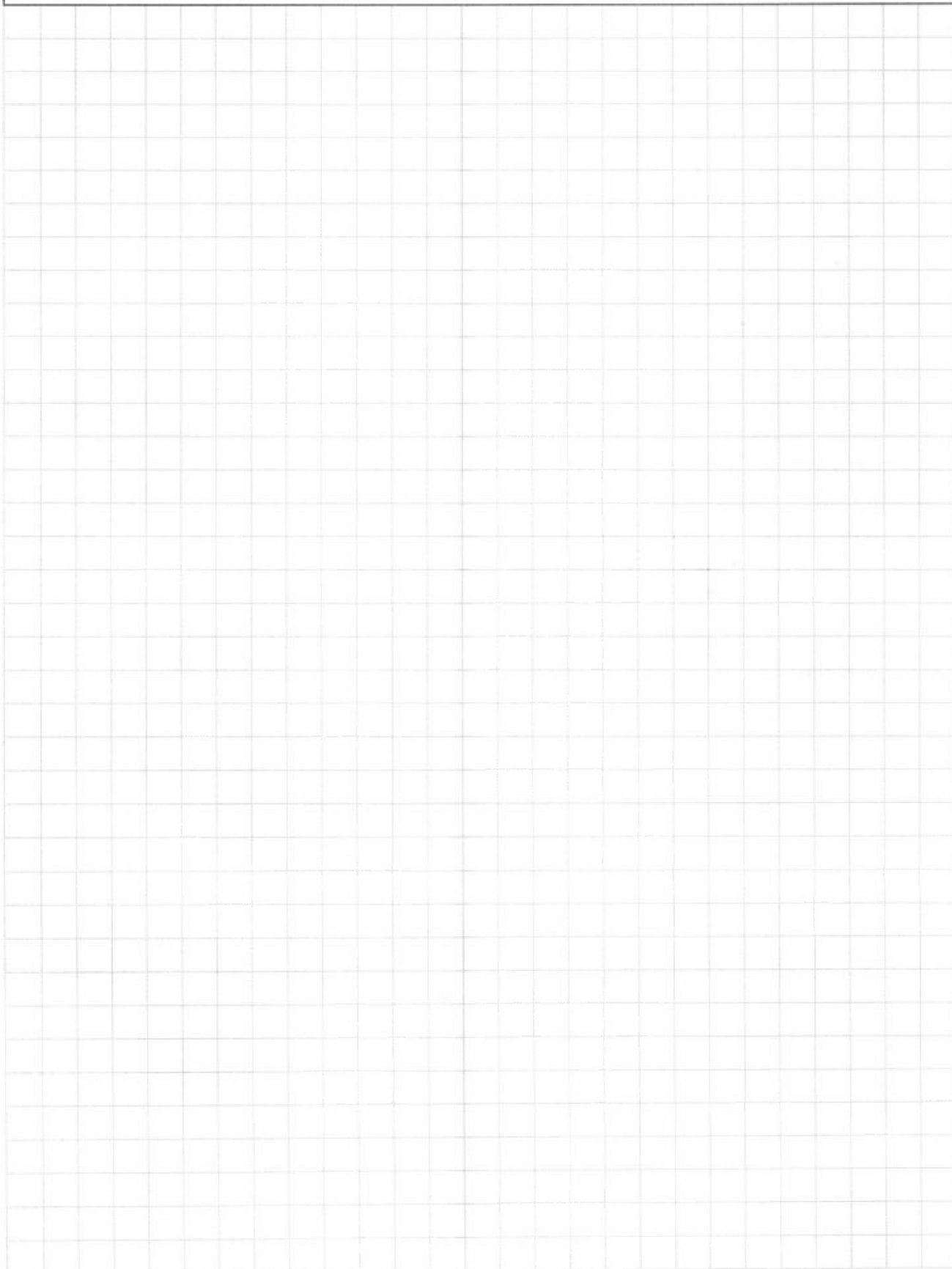
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

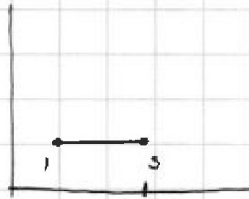


$$F_{\cos \alpha} - F_{\text{тр1}} = a_1$$

$$F - F_{\text{тр2}} = a_2$$

$$V_0 = a_1 t$$

$$C_p = \frac{5}{2} R = 3,5$$



$$p, V_1 = T_1$$

$$p, V_3 = 2^{1,5} T_3$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ 77 \\ 539 \\ 539 \\ 5929 \end{array}$$

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

$$3 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \frac{1}{2} = 831 \cdot 6$$

$$2^{1,5} = 2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2}^3$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ 5 \\ 4986 \end{array}$$

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

$$\mu \frac{1}{5} = \frac{4}{5}$$

$$\begin{array}{r} 1,3 \\ 1,3 \\ 3,9 \end{array}$$

$$a = g$$

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

$$\begin{array}{r} 1,3 \\ 1,69 \\ 1,3 \\ 0,447 \end{array}$$

$$\frac{4}{20} + 2 \cdot \frac{2}{60}$$



$$2^{1,5}$$

$$A_{13} = C_p \Delta T = 2 \cdot \frac{5}{2}$$

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

$$\frac{5+8}{2} = \frac{13}{2} - 2 \cdot 2^{1,5}$$

$$\begin{array}{r} 13 \overline{) 12} \\ 12 \\ \hline 100 \\ 100 \\ \hline 108 \end{array}$$

$$\frac{2^{1,5}}{3}$$

$$2^{1,5} = \sqrt{2}^3$$

$$\sqrt{2} \approx 1,4$$

$$\begin{array}{r} 2,74 \overline{) 15} \\ 27 \\ \hline 04 \\ 04 \\ \hline 1080 \\ 1080 \\ \hline 0916 \\ 17 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ 4,4 \\ 56 \\ 1,42 \\ 1,96 \\ 1,4 \\ 784 \\ 1,96 \\ 2,744 \end{array}$$

$$\frac{1,7}{3}$$

$$2,8$$

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!



$$\begin{aligned} v_0 \cos \alpha &= S \\ v_0 \sin \alpha - \frac{gS^2}{2} &= H \\ S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2 \cos^2 \alpha} &= H \\ \frac{1}{\cos^2 \alpha} &= \operatorname{tg}^2 \alpha + 1 \\ S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2 \cos^2 \alpha} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) &= H \\ S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2 \cos^2 \alpha} \operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{gS^2}{2 \cos^2 \alpha} &= H \\ H_{\max} &= -\frac{b}{2a} \end{aligned}$$

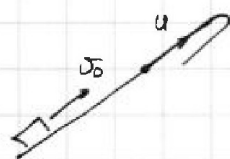
$$\begin{array}{r} \sqrt{28} \\ 53 \\ 53 \\ 159 \\ 265 \\ 2809 \\ 5,3 \end{array}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2S v_0^2}{2gS^2}, \quad \frac{v_0^2}{gS} = \frac{400}{200} = 2$$

$$\begin{array}{r} 13 \overline{) 6} \\ 12 \overline{) 2,2} \\ 10 \\ \psi \end{array}$$

$$40 - 10 = \frac{400,0}{400 \cdot 2}, \quad 40 - 15 = 25 \text{ м}$$

$\sqrt{2}$



$$4 \pm 16 - 20$$

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

$$D = 16 - 20$$

$$\frac{46}{2 \cdot 10}$$

$$5 = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$$

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

$$\frac{v_0}{g} = T = 0,4$$

$$1,6 - 5 \cdot 0,16 = 1,2$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 40 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \psi \\ 16 \\ 10 \cdot 0,16 \\ 2 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

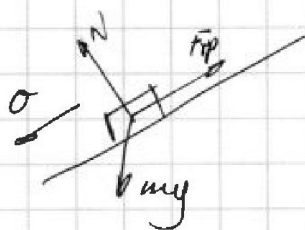
Отметьте крестиком номер задачи.

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!



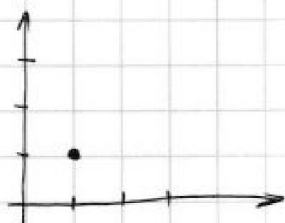
$$\frac{2}{9} \quad 0,2$$

$$\frac{1,8}{1,5} \cdot \frac{15}{3} = 0,36$$

$$\frac{4}{20} \quad 0,2$$

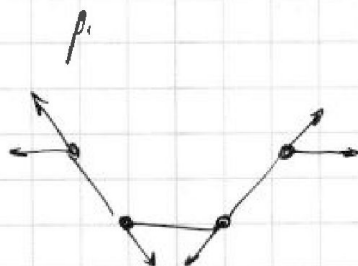
$$2 \cdot 0,2 = 0,4$$

$$16 \quad \frac{4 \cdot 5}{59} = \frac{20}{59}$$



$$T = \frac{pV}{p}$$

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



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

$$\frac{2}{1,96}$$

$$\frac{1,4}{484}$$

$$\frac{1,96}{2,744}$$

$$2,75$$

F

$$T_0 = 4T_1$$

$$p_1 V_1 = T_1$$

$$p_2 V_2 = T_2$$

$$\frac{11}{4} \cdot 5000$$

$$pV = T$$

$$4pV = 4T$$

$$2^{1,5} \approx 1,4^3 \approx 2,75$$

$$I_{12} = 4986 \text{ kJ}$$

$$A_{23} = 8,31 \cdot 400 \cdot (4 - 2,75)$$

$$831 \cdot 4 \cdot \frac{5}{4}$$

$$\frac{4125}{5 \cdot \frac{c^2}{95} - \frac{c^2}{20}} = \frac{c^2}{9} - \frac{c^2}{29}$$

$$11 \cdot 1250$$

$$1250 \cdot 1$$

$$125$$

$$125$$

$$14050$$

$$\frac{18200}{9150}$$