



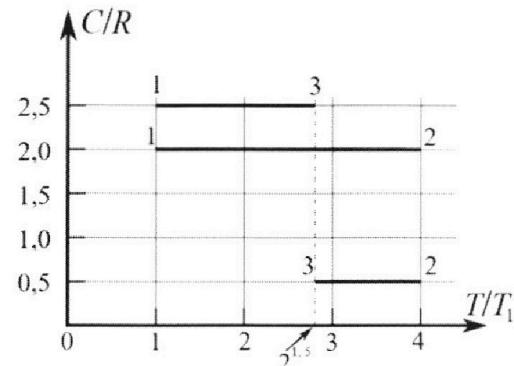
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



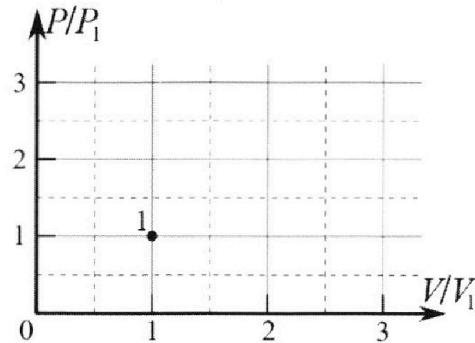
Вариант 10-01

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 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).

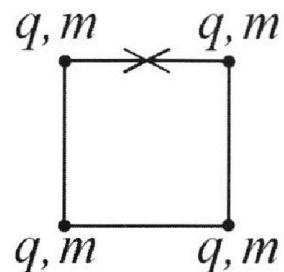


- 1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1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



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

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



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



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



Вариант 10-01

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

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

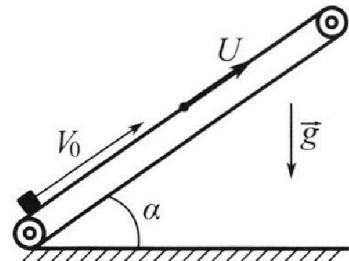
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

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

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. 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.

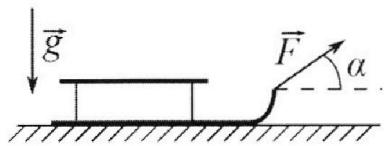
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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 μ 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.



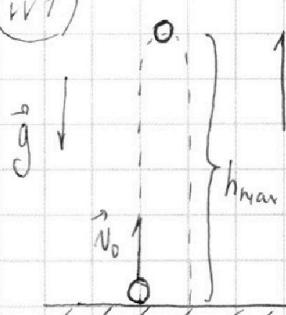


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------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

МФТИ

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

W1



Числовик
1.) На максимальной высоте получена скорость меча равна 0.

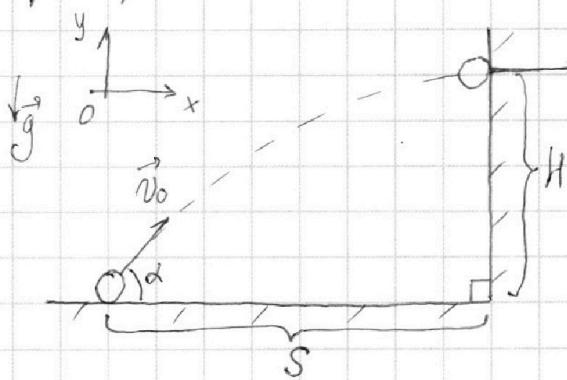
$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

Oд:

$$0 = v_0 - gt \rightarrow v_0 = gt$$

$$v_0 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$

а.) Учебы инсоля, на которой сидел ударист, сидел о машинку, была максимальной, она должна развиваться макс. высоте портала меча при броске под данным углом к горизонту (т.е. скорость меча направлена горизонтально вправо при нач. скорости).



$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$\text{Oд: } 0 = v_0 \sin \alpha - gt \rightarrow t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$S = v_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$O_x: S = v_0 \cos \alpha t$$

$$O_y: H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \rightarrow \sin \alpha \cos \alpha = \frac{Sg}{v_0^2} / 12$$

$$\sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha = \frac{S^2 g^2}{v_0^4}; \cos^2 \alpha = 1 - \sin^2 \alpha \rightarrow \sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha = \frac{S^2 g^2}{v_0^4}$$

$$\text{Пусть } t = \sin^2 \alpha: t^2 - t + \frac{S^2 g^2}{v_0^4} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{100 \cdot 10^2}{400} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{100}{400} = 0 \rightarrow t^2 - t + \frac{1}{4} = 0$$

Суп. 1

I-

I-



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!

$$D = 1 - 4 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} = 0$$

$$f = \frac{1+0}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2} \rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

$$H = \frac{\alpha \cdot 10^2}{\alpha \cdot 10} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\alpha \cdot 10^2}{\alpha \cdot 10} \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ (N)}$$

Ответ: 20 \% ; 10 N

Слнг. 2.

I-

I-

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

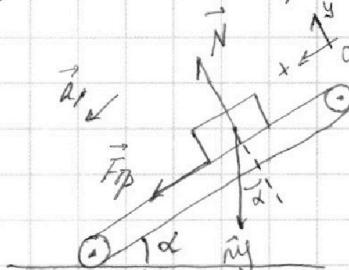
МФТИ

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

№1

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

1) Рассм. коробку в 1-ом случае:



$$\text{ЗУ: } \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$Oy: N = mg \cdot \cos \alpha$$

$$Ox: F_p + mg \sin \alpha = ma_1$$

$$F_p = \mu g \cos \alpha$$

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

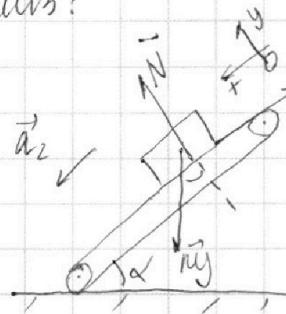
$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \rightarrow a_1 = 10 \left(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right) = 10 \left(\frac{4}{5} \right)$$

$$S_1 = \frac{V_0^2}{2a_1} \rightarrow S_1 = \frac{4^2}{0,8 \cdot 10} = 0,8 \text{ (м)} - \text{ путь, который проходит коробка до остановки}$$

$$S_2 = S - S_1 \rightarrow S_2 = 9d(4)$$

$$V_0 = a_1 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{V_0}{a_1} \rightarrow t_1 = \frac{4}{0,8} = 0,4 \text{ (с)}$$

д) После остановки коробка начнёт движение



$$\text{ЗУ: } \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$Ox: \mu g \sin \alpha - F_p = ma_2$$

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

$$F_p = \mu g \cos \alpha$$

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

$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \rightarrow a_2 = 10 \left(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right) = 6 \left(\frac{N}{c^2} \right)$$

$$S_2 = \frac{V^2}{2a_2} \rightarrow V = \sqrt{da_2 S_1}; V = \sqrt{d \cdot 6 \cdot 0,8} = \sqrt{48} \text{ } \frac{m}{s}$$

$$V = a_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{V}{a_2} \rightarrow t_2 = \frac{\sqrt{48}}{6} = \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ (с)}$$

$$T = t_1 + t_2 \rightarrow T = 0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ (с)} = \frac{4\sqrt{15} + 10}{\sqrt{15} \cdot 10} \text{ (с)}$$

Cap. 3

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

3.) 10 шинок - ИСО \rightarrow картина с 6 шин
находится вниз, как и в 1-ом случае.

Когда скользят коробки буфер падает U ,
одна останавливается она. шинок.

$$\vec{a}_1 \quad L_{\text{одн}} = \frac{V_{01}^2}{d}, \quad V_{01} = \vec{v}_0 - \vec{u}$$

$$\vec{v}_{01} \quad \vec{u} \quad V_{01} = U - u$$

$$V_{01} = 4 - 2 = d \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$L_{\text{одн}} = \frac{d^2}{d \cdot 10} = 0, d \left(\frac{1}{10} \right), \quad V_{01} = a_1 t_1 \rightarrow t_1 = \frac{V_{01}}{a_1}$$

$$L_{\text{одн}} = L_{\text{одн}} - L_{\text{пер}} \quad t_1 = \frac{d}{10} = 0, d \left(\frac{1}{10} \right) - \text{брешь,}$$

$$\vec{L}_{\text{одн}} \quad \vec{L}_{\text{одн}} = L_{\text{одн}} - L_{\text{пер}} \quad \text{коробка пад. отв. шинок}$$

$$L_{\text{одн}} = L_1 = L_{\text{одн}} + L_{\text{пер}} - L_{\text{одн}} + U \cdot t_1 = L$$

$$L_1 = 0, d + d \cdot 0, d = 0, 6 \left(\frac{1}{10} \right) = L$$

4.) Когда коробка останавливается от. земли, ее
скорость оши. шинок падает U и нач. движ. буфер.
(расч. движущее си останавливают от. шинок go
остановки шинок):

$$L_{\text{одн}} = \frac{U^2}{d a_2} \rightarrow L_{\text{одн}} = \frac{d^2}{d \cdot 6} = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{10} \right)$$

$$\vec{L}_{\text{одн}} \quad \vec{L}_{\text{одн}} = \vec{L}_{\text{одн}} - \vec{L}_{\text{пер}}$$

$$L_{\text{одн}} = L_{\text{одн}} - L_{\text{пер}}$$

$$U = a_2 t_2 \rightarrow t_2 = \frac{U}{a_2}; \quad t_2 = \frac{d}{6} = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{10} \right)$$

$$L_{\text{одн}} = L_{\text{одн}} - U \cdot t_2; \quad L_{\text{одн}} = \frac{1}{3} - d \cdot \frac{1}{3} = - \frac{1}{3} \left(\frac{1}{10} \right) \rightarrow$$

\rightarrow коробка поднимается на $\frac{1}{3} \frac{1}{10}$ но меньше.

$$L_0 = L_{\text{одн}} + L_{\text{одн}}$$

Отв. 4

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

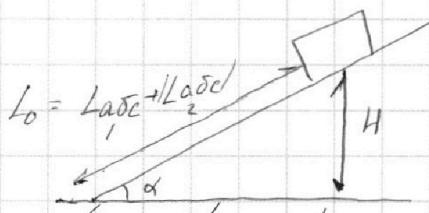
6

7

МФТИ



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



Числовой

$$\frac{H}{L_0} = \sin \alpha$$

$$H = L_0 \cdot \sin \alpha = \left(L_{\text{адс}} + \frac{L_{\text{адс}}}{2} \right) \cdot \sin \alpha$$

$$H = \left(\frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot 0,8 = \frac{22}{30} \cdot 0,8 = \frac{224}{300} (M) = \\ = \frac{224}{300} (N)$$

Ошибки: $T = \frac{4\sqrt{15} + 10}{10\sqrt{15}} (c)$

$$L = 0,6 (M)$$

$$H = \frac{224}{300} (N)$$



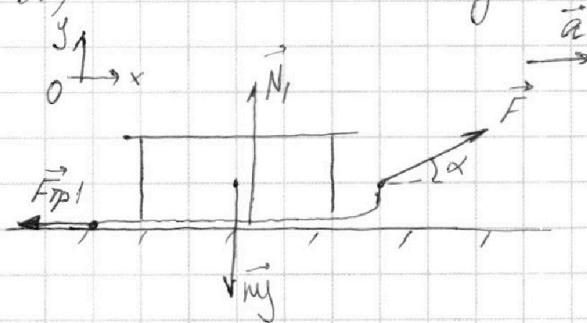
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ.

Числовик
 №3) 1) П.к. санки из соснистых покоя разго-
 няют со одинаковой скорости за одно и то
 же время t , то ускорение в обоих случаях
 равно (следует из $v_k = v_0 + at \rightarrow v_k = 0 + at$)

2) Рассм. 1-ый случай.



$$\text{дзл: } \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

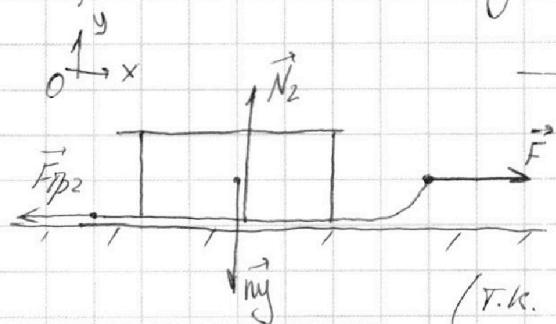
Ox: $F \cos \alpha - F_{p1} = ma$

$$\text{Oy: } N_1 + F \sin \alpha = my$$

$$F_{p1} = \mu N_1 = \mu my - \mu F \sin \alpha$$

(п.к. F_{p1} - сила трения скольже-
ния)

3) Рассм. 2-ой случай.



$$\text{дзл: } \sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Ox: $F - F_{p2} = ma$

$$\text{Oy: } N_2 = my$$

$$F_{p2} = \mu N_2 = \mu my$$

(п.к. F_{p2} - сила трения скольжения)

$$F \cos \alpha - \mu my + \mu F \sin \alpha = ma$$

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = ma + \mu my \quad (1)$$

$$F - \mu my = ma$$

$$F = ma + \mu my \quad (2)$$

$$(1) = (2): F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F$$

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

4) Рассм. санки покоя соснистые
 скорости v_0 :

$$F = 0:$$

Сл. 10



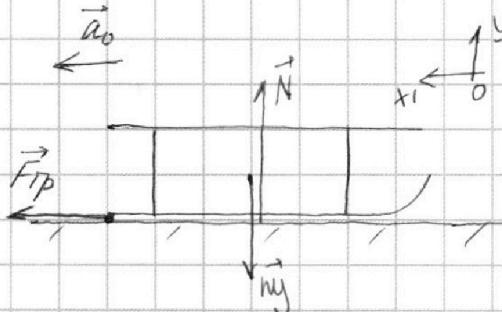
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

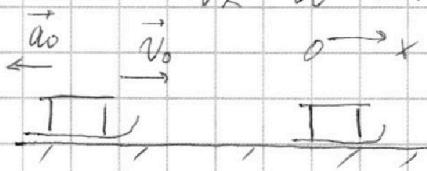


Числовик
дЗИ: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$Oy': N = my \\ Oy': F_p = ma_0$$

$$F_p = \mu N = \mu my \\ a_0 = \mu y = \text{const} \rightarrow \begin{array}{l} \text{берем } g - \text{коэф} \\ \text{рабочий. движущийся} \end{array}$$

$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$



$$Ox: 0 = v_0 - a_0 T$$

$$T = \frac{v_0}{a_0} = \frac{v_0}{\mu y}, \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$T = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Либо: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$
 $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$

Гб. II.

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!

(W4)

Числовик
1) Рассл. процесс 1-2:

$$Q_{12} = C_{12} V \Delta T_{12} = A_{12} + \Delta H_{12}$$

$$A_{12} = C_{12} V \Delta T_{12} - \frac{3}{2} V R \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = \alpha R V (4T_1 - T_1) - \frac{3}{2} V R (4T_1 - T_1) = \frac{1}{2} V R (4T_1 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} V R T_1$$

$$A_{12} = \frac{3 \cdot 1,8 \cdot 31 \cdot 400}{2} = 4986 \text{ (Дж)}$$

$$\text{d)} \eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$$

1-2: Q_{12} - теплое 6 действ. первоначало (Т1)

2-3: Q_{23} - теплое 6 действ. окончательное (Т2)

3-1: Q_{31} - теплое 6 действ. окончательное (Т3)

$$Q_H = Q_{12} = C_{12} V \Delta T_{12} = \alpha R V \cdot 3T_1 = 6 V R T_1$$

$$Q_X = -(Q_{23} + Q_{31}) = -(C_{23} V \Delta T_{23} + C_{31} V \Delta T_{31}) = -\left(\frac{1}{2} V R (4T_2 - T_2) + \right.$$

$$\left. + \frac{5}{2} V R T_1 (1 - \alpha \frac{T_1}{T_2})\right) = \frac{1}{2} V R T_1 (5 - 2\sqrt{2}) + \frac{5}{2} V R T_1 (\alpha \sqrt{2} - 1) =$$

$$= V R T_1 \left(\alpha - \sqrt{2} + \frac{5}{2} \right) = V R T_1 (4\sqrt{2} - 0,5) \quad \text{или}$$

$$\eta = \frac{6 V R T_1 - V R T_1 (4\sqrt{2} - 0,5)}{6 V R T_1} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx 0,86 = 86\%$$

3.) Все процессы - полихромные ($c = C = \text{const}$)

C_p для физического газа = $\frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \rightarrow$
→ процесс 3-1 - изобарический

Известно, что при процессе прямопропорц.
заб-и давление или объем

$$C = \frac{i}{2} R + \frac{R}{2} \rightarrow C = \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R = 2R \rightarrow \begin{array}{l} \text{процесс 1-2-} \\ \text{процесс прямой} \\ \text{заб-и } P(V) \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

Числовик.

$$P_1 V_1 = VRT_1 \\ P_2 V_2 = VRT_1 \cdot 4$$

$$P_1 k = P_2 \\ V_1 k = V_2 \rightarrow k^2 = 4 \rightarrow k = 2$$

$$P_2 = 2P_1 \\ V_2 = 2V_1$$

Процесс ad-3: $\beta V^n = \text{const}$, $n = \frac{C_{23} - C_P}{C_{23} - C_V} \quad (C_V = \frac{1}{2}, C_P = \frac{3}{2})$

$$n = \frac{0,5 - 2,5}{0,5 - 1,5} = \frac{-2}{-1} = 2$$

$\beta V^2 = \text{const} \rightarrow \beta = \frac{\text{const}}{V^2} - \text{изохорическое изобары}$

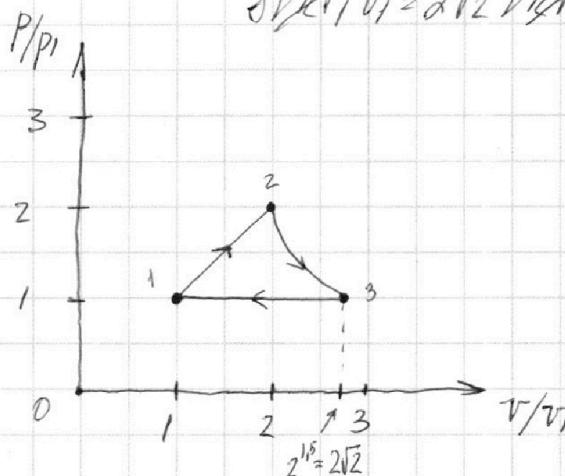
$$P_3 V_3 = VR \cdot \alpha V_2 T_1, \quad P_3 = \frac{\text{const}}{V_3^2}$$

$$P_3 V_3 \cdot \frac{\text{const}}{V_3^2} = \frac{\text{const}}{V_3} = VR \alpha V_2 T_1 \rightarrow \text{const} = VR_2 V_2 T_1 \cdot V_3$$

$$P_2 = \frac{\text{const}}{V_2^2} = \cancel{R} T_2$$

$$\frac{\text{const}}{V_2} = VR_4 T_1 \rightarrow \text{const} = VR_4 T_1, V_2 = \delta VRT_1, V_1$$

$$\delta VRT_1, V_1 = \delta \sqrt{2} VRT_1, V_3 \rightarrow V_3 = \frac{\delta}{\sqrt{2}} V_1 = \sqrt{2} V_1 = \delta \sqrt{2} V_1$$



Ответ:

$$A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

$$\eta \approx 86\%$$

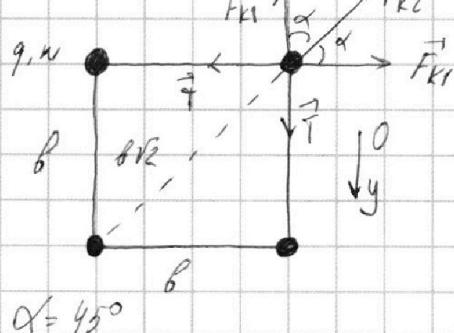
Ch. 7

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

(W5) 1.) Рассмотрим

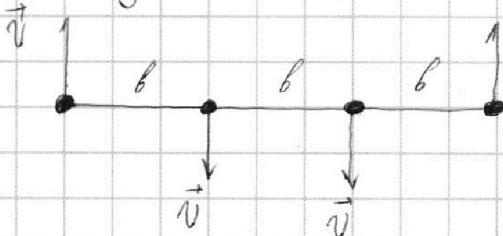
Численно
один из шариковдлн: $\sum \vec{F} = 0$ 

$$\text{длн: } T = F_{K1} + F_{K2} \cdot \cos \alpha$$

$$F_{K1} = \frac{kq^2}{b^2} \quad F_{K2} = \frac{kq^2}{\alpha b^2}$$

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

d.) Рассмотрим систему 4 шариков. Ось

движения \rightarrow вертикальная ось ЗССИ и ЗСД:

Уз ЗССИ получаем, что

скорости всех 4 шариков

равны.

$$\text{ЗСД: } W_0 = \frac{4mv^2}{2} + W$$

$$W_0 = \frac{4kq^2}{b^2} + \frac{d \cdot kq^2}{\alpha b^2} = \frac{5kq^2}{b^2}$$

$$W = \frac{3kq^2}{b^2} + \frac{8kq^2}{2 \cdot 4b^2} + \frac{kq^2}{9b^2} = \frac{(34+9+d)kq^2}{18b^2} = \frac{65kq^2}{18b^2}$$

$$\frac{4mv^2}{d} = W_0 - W; \quad \frac{4mv^2}{d} = \frac{5kq^2}{b^2} - \frac{65kq^2}{18b^2} = \frac{25kq^2}{18b^2} = mv^2$$

$$v^2 = \frac{25}{36} \cdot \frac{kq^2}{b^2 m} \rightarrow v = \frac{5q}{6b} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

3.) Вспоминаем шариков залипнута $\rightarrow R_{\text{вспом}} = 0$ По теореме о движении у.н.: $R_{\text{вспом}} = N \cdot a_c \rightarrow$
 $\rightarrow a_c = 0 -$ у.н. система покоялась или двигалась равномерно.
Вспоминаем шариков покоялась \rightarrow
 $\rightarrow v_c = 0 \rightarrow$ у.н. покоялась

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

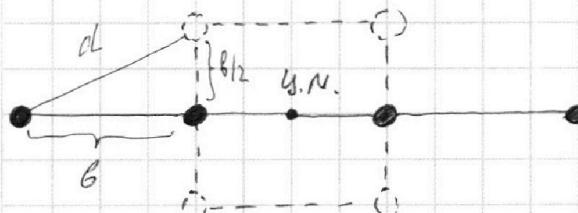
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Ч.ш. квартира находилась на пересечении
диагональной ул.к. массы шариков равны), а
ч.ш. квартира - на самой
диагонали \Rightarrow верхние
шарики перемещались вниз на расстояние
 $b/2$:



По н.Пифагора:

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

Либо!: $T = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$

$$V = \frac{59}{66} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

Лп. 9.



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!

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

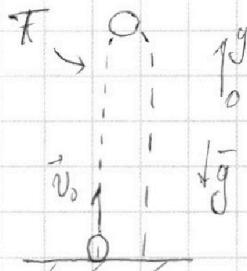


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

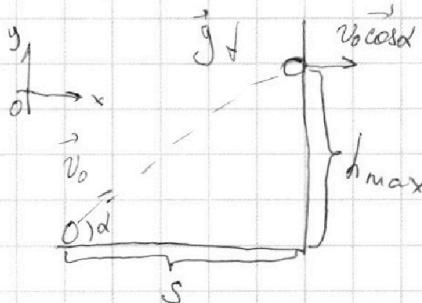
Черновик



$$\vec{v}_x = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$0 = V_0 - gT \rightarrow V_0 = gT$$

$$V_0 = 10 \cdot d = 20 \text{ м/с}$$



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

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

$$t = \frac{s}{V_0 \cos \alpha}$$

~~$$h_{\max} = \frac{s}{2} \cdot \frac{g}{V_0^2 \cos^2 \alpha}$$~~

$$t = \frac{s}{V_0 \cos \alpha}$$

$$h_{\max} = \frac{g}{2} \cdot \frac{s^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$Sg = V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{Sg}{V_0^2} = \sin \alpha \cdot \cos \alpha / 12 \rightarrow \frac{S^2 g^2}{V_0^4} = (1 - \cos^2 \alpha) \cos^2 \alpha$$

$$\frac{100}{400} = \frac{1}{4}$$

$$\text{Пусть } t = \cos^2 \alpha \rightarrow t^2 - t + \frac{S^2 g^2}{V_0^4} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{20^2 \cdot 10^2}{20^4} = 0$$

$$t^2 - t + \frac{1}{4} = 0 \rightarrow D = 1 - 4 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} = 0 \rightarrow t = \frac{1+0}{2 \cdot 1} = \frac{1}{2} \rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} \rightarrow$$

$$h_{\max} = \frac{10}{2} \cdot \frac{d \alpha^2}{2 \cdot \frac{\alpha^2}{4}} = \frac{10}{2} \cdot d = 10(\text{м})$$

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

$$\alpha = 45^\circ$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

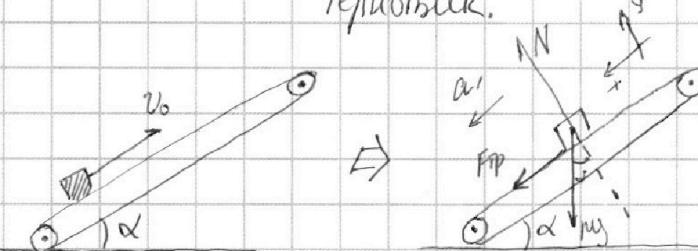
МФТИ

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

2)

Черновик.

$$\cos \alpha = 0,6$$



$$-0,6 / 3 \\ 10,2$$

$$\begin{cases} M \cdot g \cdot \cos \alpha = N \\ F_p + M \cdot g \sin \alpha = m a_1 \end{cases} \rightarrow F_p = \mu M g \cos \alpha$$

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

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

$$S = v_0 t - \frac{a_1 t^2}{2} \rightarrow 57^2 - 4t + 1 = 0$$

$$\cancel{D = 16 - 4 \cdot 57 + 1 =}$$

$$\beta^2 = \frac{M^2}{2a_1} = \frac{16}{d \cdot 10} = 0,8 (N)$$

$$V_{0,0} = 0$$

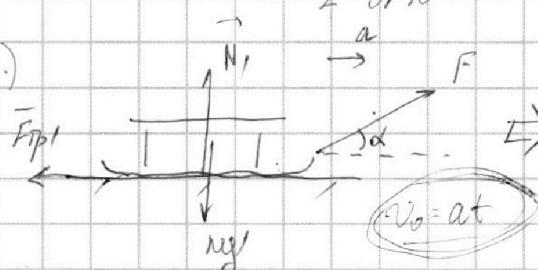
$$V_{0,0} = 2 \text{ м/с} \rightarrow V_{0,0,0} = a_1 \cdot t = \frac{\alpha}{10} = 0,2 \text{ (с)}$$

$$L = V_{0,0} \cdot t - \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{V_{0,0}^2}{2a_1}$$

$$L = \frac{\alpha^2}{d \cdot 10} = 0,2 (M) \rightarrow$$

$$\angle_2 = \frac{\alpha^2}{d \cdot 10} = 0,8 (N) \rightarrow \frac{H}{L} = \sin \alpha \rightarrow H = L \cdot \sin \alpha$$

3.)



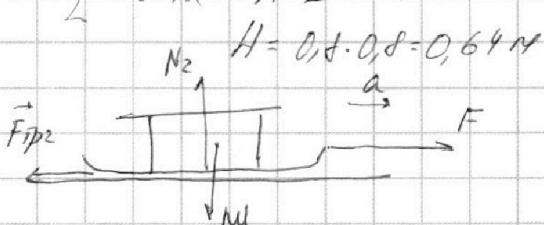
$$N_1 + F \cdot \sin \alpha = mg$$

$$F \cdot \cos \alpha - F_{p1} = ma$$

$$F \cdot \cos \alpha - \mu F \sin \alpha + \mu F \sin \alpha = ma$$

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

$$F \cdot \cos \alpha - \mu F \sin \alpha = F \rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1 + \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$



$$N_2 = \mu g$$

$$F - F_{p2} = \mu g c$$

$$F - \mu N_2 = ma$$

$$F = ma + \mu N_2$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

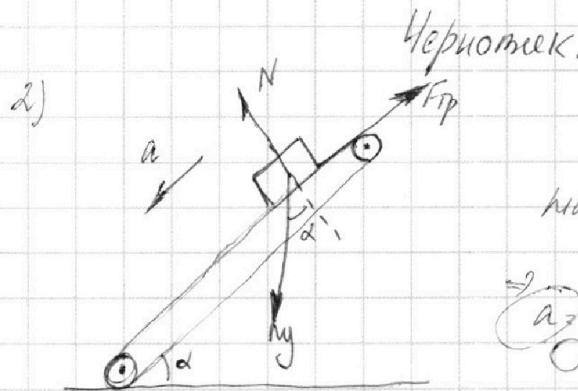
решение которой представлено на странице:



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



$$N = \mu g \cdot \cos \alpha$$

$$\mu a = \mu g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha \Rightarrow$$

$$2 \cdot g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6) =$$

$$= 0,69$$

$$\begin{array}{r} 6,4 \\ \times 6 \\ \hline 36 \\ - 24 \\ \hline 12 \\ \times 4 \\ \hline 48 \\ - 36 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$S = 0,24 = \frac{a_1 t_2^2}{2} \rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{0,6 \cdot 10}} = \frac{4}{\sqrt{36}} = \frac{2}{3} = 0,66$$



$$\begin{array}{r} 0,4 \\ \times 2 \\ \hline 8 \\ - 2240 \\ \hline 300 \\ \times 10 \\ \hline 3000 \\ \Rightarrow 0, \end{array} \quad S_1 = \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{4^2}{0,6 \cdot 10} = \frac{16}{60} = 0,8 \text{ (m)}$$

$$S_2 = S - S_1 = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ m}$$

$$\frac{18+10}{30} = \frac{28}{30} = 0,93$$

$$U = g F \rightarrow F = \frac{d}{10} = 0,2 \text{ (N)}$$

$$L_{\text{отн.}} = U \cdot r - \frac{g \cdot r^2}{2} = d \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} =$$

$$= 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ (m)}$$

$$\sqrt{\frac{2,4}{36}}$$

$$\begin{array}{r} 360 \\ \times 24 \\ \hline 24 \\ - 24 \\ \hline 0 \\ \times 10 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$L_{\text{асл.}} = L = L_{\text{отн.}} + L_{\text{нер.}} = 0,6$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 15 \\ \hline 15 \\ - 15 \\ \hline 0 \\ \times 10 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$L = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ (m)}$$

$$\frac{4}{10} + \frac{1}{15} = \frac{4\sqrt{15} + 10}{10\sqrt{15}}$$

МФТИ



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

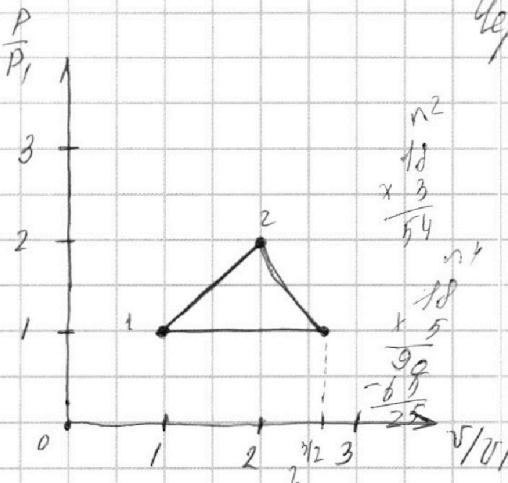
решение которой представлено на странице:



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

1-2 - прямая проп.

$$n = \frac{0,5 - 0,5}{0,5 - 1,5} = -\frac{2}{1} = -2$$

2-3 - ??? $\rightarrow \rho V^2 \text{ const}$ $\rho V^2 = \text{const}$

3-1 - изобара

$$\rho = \text{const} \cdot V^{-2} = k V^{-2}$$

$$P_1 V_1 = \rho V_1$$

$$P_2 V_2 = \rho R \cdot 4 V_1, \quad P_2 = k V_2$$

$$P_1 = k V_1$$

$$k P_1 V_1 = \sqrt{R} 4 V_1 \rightarrow k = 2$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 2 \quad \frac{V_2}{V_1} = 2 \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{18}{9} = 2$$

$$\exists C \exists W_0 = W + \frac{4 \mu V^2}{2}$$

$$5kg^2 = \frac{65kg^2}{6^2} + \frac{4 \mu V^2}{2}$$

$$\frac{6^2}{6^2} = \frac{186^2}{186^2} + \frac{25}{2}$$

$$\frac{25kg^2}{366^2} = \frac{4 \mu V^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{25kg^2}{366^2} \rightarrow V = \sqrt{\frac{25kg^2}{366^2}} = \frac{5 \sqrt{E}}{66} \text{ m}$$

$$P_3 V_3 = \sqrt{R} 2 \sqrt{2} V_1$$

$$k V_3 \cdot \frac{1}{V_3^2} = \sqrt{R} 2 \sqrt{2} V_1$$

$$\frac{k}{V_3} = \sqrt{R} 2 \sqrt{2} V_1 \rightarrow \frac{k}{V_3} = \sqrt{R} 4 V_1 = \frac{k}{2 V_1}$$

$$V_3 = \sqrt{2} \times 2 V_1$$

$$V_3 = \frac{4 V_1}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2} V_1$$

$$0,904$$

$$1,414$$

$$2$$

$$32$$

$$F_{K1} = \frac{kq^2}{6^2}, \quad F_{K2} = \frac{kq^2}{2^2}$$

$$8,828$$

$$- \frac{1000322}{84603}$$

$$F_{K1} + F_{K2} \cdot \cos 45^\circ = T$$

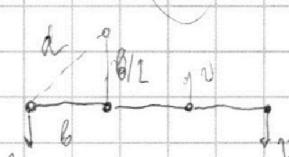
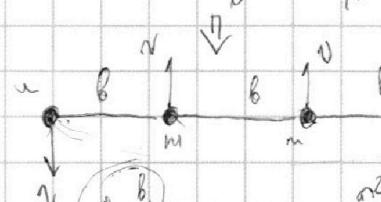
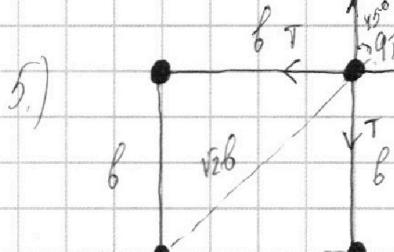
$$T = \frac{kq^2}{6^2} + \frac{kq^2}{2^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{kq^2}{6^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) = \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) \approx 0,3 kg^2$$

$$W_0 = \frac{4kg^2}{6^2} + \frac{2kg^2}{2^2} = 5kg^2$$

$$W = \frac{3kg^2}{6^2} + \frac{8kg^2}{2^2} + \frac{kg^2}{6^2} = \frac{54kg^2 + 9kg^2 + 2kg^2}{186^2} =$$

$$= \frac{65kg^2}{186^2}$$

$$d^2 = 6^2 + \frac{6^2}{4} = \frac{5}{4} 6^2 \rightarrow d = \frac{6\sqrt{5}}{2}$$



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

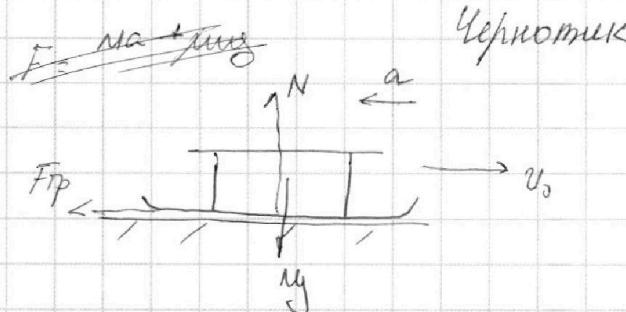
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$U_0 = aT \rightarrow T = \frac{U_0}{a} = \frac{U_0 \sin \theta}{(1 - \cos \theta)g}$$

$$q_1) Q = CVST = A - \Delta U = A + \frac{i}{2} VRAT$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 600 \\ \hline 4986 \\ 000 \end{array}$$

$$2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2} \quad A = \frac{Q_1}{R} - \Delta U_1 = CVAT - \frac{i}{2} VRAT = 3\pi$$
$$= \sqrt{2}RV(4\pi - \pi) - \frac{3}{2}VR(\overbrace{4\pi - \pi}) =$$

$$C = \frac{i}{2}R + \frac{L}{2} = \frac{6VR\pi}{\sqrt{2}} - \frac{3}{2}VR\pi = \frac{3}{2}VR\pi = \frac{3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400}{\sqrt{2}} = 4986 \text{ (руб)}$$

$$\frac{3}{2}R + \frac{L}{2} = 2R \Rightarrow A_{13} = Q_{13} - \Delta U_{13} = VAT - \frac{i}{2}VRAT = R \frac{1}{2}V(\sqrt{2}\pi - 4\pi) - \frac{3}{2}VR(\sqrt{2}\pi - 4\pi) =$$
$$= (\sqrt{2}\pi - 4\pi)(-VR) = VR(\pi - \sqrt{2}\pi)$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = VAT - \frac{i}{2}VRAT = \frac{5}{2}VR(2\sqrt{2}\pi - \pi) - \frac{3}{2}VR(2\sqrt{2}\pi - \pi) =$$
$$= VR(2\sqrt{2}\pi - \pi)$$

$$P_1 U_1 = VR\pi$$

$$P_2 U_2 = VR4\pi$$

$$P_3 U_3 = VR \cdot 2\sqrt{2}\pi$$

$$P U^n = \text{const}, \quad n = \frac{C - C_p}{C - C_o}; \quad C_p = \frac{i+2}{2}R = \frac{5}{2}R$$

$$C_o = \frac{i}{2}R = \frac{3}{2}R$$

$$\frac{i}{2}R + \frac{L}{2} = \frac{9}{2}R + \frac{R}{2} = 2R$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ \times 4 \\ \hline 5,64 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 6,50 \\ - 5,64 \\ \hline 0,86 \end{array}$$

$$\lambda = \frac{\partial R - 2,5R}{\partial R - 1,5R} = -1$$