



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

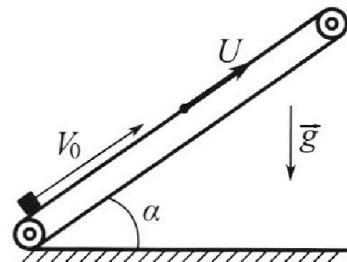


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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.



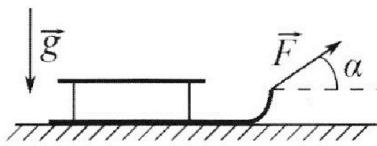
- 1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1 \text{ м}$?

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.

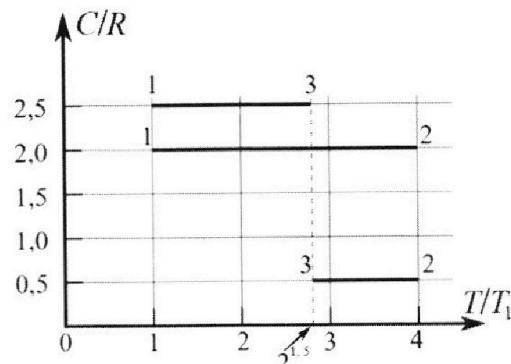
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

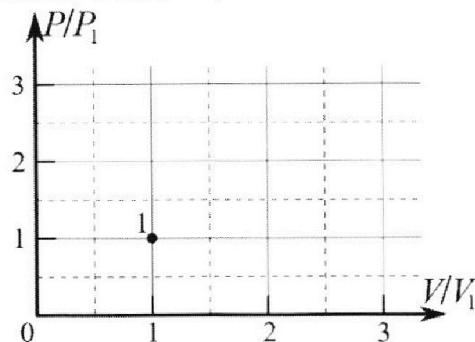


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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).



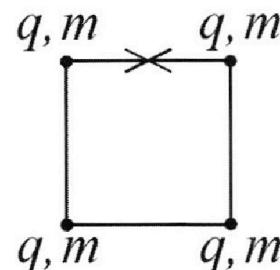
- 1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1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



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!

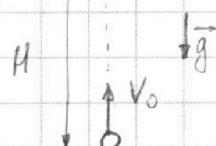
Задача №1

$$T = 2c, S = 20m, g = 10 \frac{m}{c^2}$$

- 1) $V_0 - ?$
- 2) $H_{\max} - ?$

Решение:

$$1) \quad O \quad V=0$$



H - максимальная высота
 $\Rightarrow V=0$ - скорость в верхней точке

$$V = V_0 - gT = 0$$

$$\boxed{V_0 = gT = 20 \frac{m}{c}}$$

$$2) \quad y$$



α - угол бросания (к горизонту)

Введем систему координат XY

t - время до удара об землю

$$① \quad OX: \quad S = V_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$OY: \quad H = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = St \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$② \quad H = \max \Rightarrow \frac{dH}{d\alpha} = 0 \Rightarrow \frac{dH}{d(t \tan \alpha)} = 0$$

$$H = St \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = St \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$\frac{dH}{d(t \tan \alpha)} = S - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot 2 \tan \alpha = 0$$

$$\tan \alpha = \frac{V_0^2}{g S} - \text{условие максимума } H$$



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. (продолжение)

$$\begin{aligned} \mu_{\max} &= S g \alpha - \frac{g s^2}{2V_0^2} (k g^2 \alpha + 1) = \\ &= \frac{S V_0^2}{g s} - \frac{g s^2}{2V_0^2} \left(\frac{V_0^4}{g^2 s^2} + 1 \right) = \\ &= \frac{V_0^2}{g} - \left(\frac{V_0^2}{2g} + \frac{g s^2}{2V_0^2} \right) - \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g s^2}{2V_0^2} \end{aligned}$$

$$\boxed{\mu_{\max} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2V_0^2} \right) = 15 \text{ м}}$$

Ответ:

$$1) V_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) \mu_{\max} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2V_0^2} \right) = 15 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

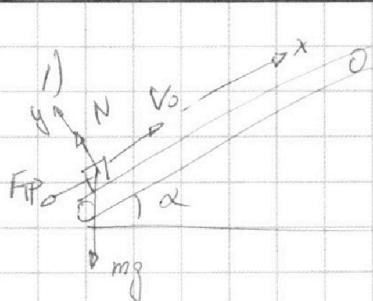
решение которой представлено на странице:



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



Задача №2

a_1 - ускорение при движении вверх

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

$$OX: -(mg \sin \alpha + F_{TP}) = ma_1$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

i) Тогда по остановки: $S_1 = \frac{0 - V_0^2}{2a_1}$

$$S_1 = \frac{V_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,8 \text{ м}$$

$S_1 < S \Rightarrow$ коробка остановится и

затем движется вниз.

Время до остановки $t_1 = \frac{0 - V_0}{a_1} = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$$t_1 = 0,4 \text{ с}$$

ii) После остановки $a_2 = g(-\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$
ускорение при движении вниз

$$S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2 S_2}{g(-\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

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



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!

Задача № 2 (продолжение)

2) $V_{\text{отн}}$ - относительная скорость корабля
(относительно ~~земли~~ земли)

$$V_{\text{отн}} = \cancel{U} V - U \Rightarrow V = V_{\text{отн}} + U$$

Числовые $V = U \Rightarrow V_{\text{отн}} = 0$

$$L = S_{\text{отн}} + S_{\text{земли}}$$

$$V_{\text{отн}} = V_{\text{отн},0} + a_1 t$$

Время, когда $V = U$

$$0 = (V_0 - U) + a_1 t$$

$$t = \frac{V_0 - U}{g(\sin \alpha + U \cos \alpha)} = 0,2 \text{ с}$$

$$S_{\text{отн}} = V_{\text{отн},0} t + \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{(V_0 - U)^2}{2g(\sin \alpha + U \cos \alpha)} = 0,2 \text{ м}$$

$$S_{\text{земли}} = Ut = 0,4 \text{ м}$$

$$L = 0,6 \text{ м}$$



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!

Задача № 2 (продолжение 2)

$$3) V = V_{\text{отн}} + U = 0 \Rightarrow V_{\text{отн}} = -U$$

$$L' = L + S_{\text{заторм}}^1 - S_{\text{отн}}^1$$

$$S_{\text{отн}}^1 = \frac{1}{2} a_2 t'^2$$

расстояние, проходимое
после момента $V=U$ до $V=0$

$$t' = \frac{0-U}{a_2} = \frac{U}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$S_{\text{отн}}^1 = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$S_{\text{заторм}}^1 = Ut' = \frac{2}{3} \text{ м}$$

$$L' = 0,6 \text{ м} + \frac{2}{3} \text{ м} - \frac{1}{3} \text{ м} = (0,6 + \frac{1}{3}) \text{ м}$$

$$\mu = L' \sin \alpha = 0,8 \cdot (0,6 + \frac{1}{3}) \text{ м} = \frac{224}{300} \text{ м} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

(Ошибка): 1) $T = (0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}}) \text{ с}$

$$2) L = 0,6 \text{ м}$$

$$3) H = \frac{56}{75} \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

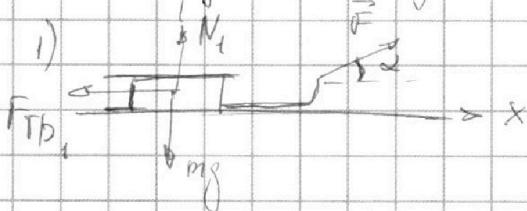


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



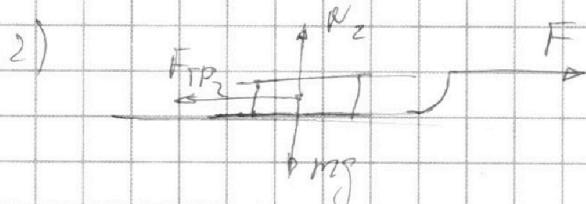
$$OY: F_{\sin\alpha} + N_1 - mg = 0$$

$$OX: F_{\cos\alpha} - F_{TP1} = ma_1$$

$$F_{TP1} = \mu N_1 = \mu (mg - F_{\sin\alpha})$$

$$F(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \mu mg = ma_1$$

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



$$OY: N_2 - mg = 0$$

$$OX: F - F_{TP2} = ma_2$$

$$F_{TP2} = \mu N_2 = \mu mg$$

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

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

$$a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F}{m} (\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \mu g = \frac{F}{m} - \mu g$$

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

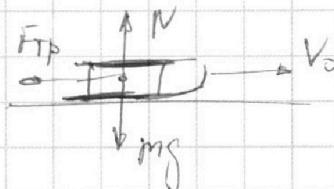


- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ.

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

2)



$$OY: \quad N - mg = 0$$

$$OX: \quad -F_{Tp} = ma$$

$$F_{Tp} = \mu N = \mu mg$$

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

$$T = \frac{0 - V_0}{a} = \frac{V_0}{\mu g}$$

$$\boxed{T = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}}$$

Ответ:

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

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

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

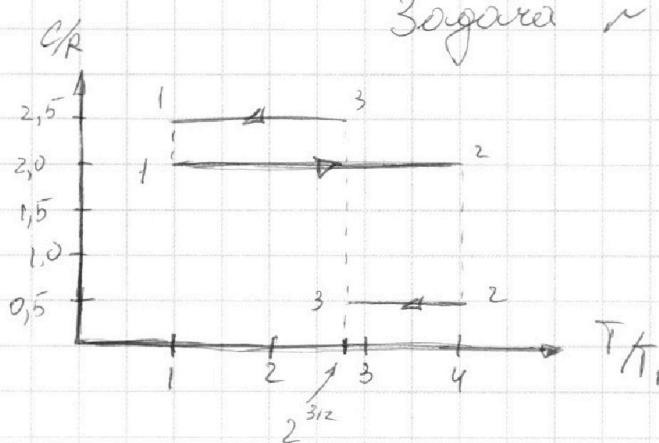
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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



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

$$Q_{12} = \int_1^2 C dT =$$

$$= C_{12} \cdot (T_2 - T_1) =$$

$$= 2R \cdot (4T_1 - T_1) = 6RT_1$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} RT_1$$

$$\boxed{A_{12} = \frac{3}{2} RT_1} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 + Q'_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q'_2}{Q_1}$$

Q'_2 - отдачное тепло

Q_1 - получаемое тепло

$$Q_1 = Q_{12} = 6RT_1$$

$$Q'_2 = \cancel{Q_{23} + Q_{32}} - (Q_{23} + Q_{31}) = Q_{13} + Q_{32}$$

$$Q_{13} = 2.5R \cdot (2^{3/2}T_1 - T_1)$$

$$Q_{32} = 0.5R \cdot (4T_1 - 2^{3/2}T_1)$$

$$Q'_2 = 2.5R (2^{3/2}T_1 - T_1) + 0.5R (4T_1 - 2^{3/2}T_1) =$$

$$= 2 \cdot 2^{3/2}RT_1 - 0.5RT_1 = RT_1 (2^{5/2} - 2^{-1})$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.

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

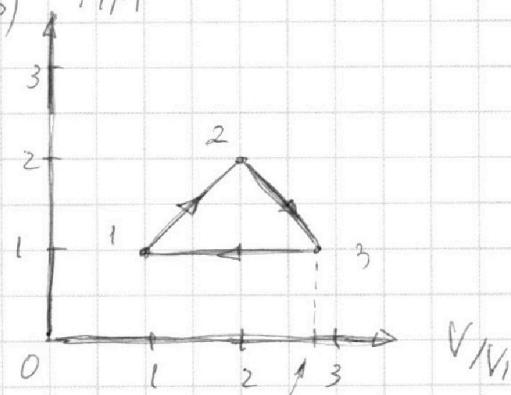
Задача №4 (продолжение)

$$\eta = 1 - \frac{RT_1 (2^{5/2} - \frac{1}{2})}{6RT_1} = 1 - \frac{2^{5/2}}{6} + \frac{1}{2 \cdot 6}$$

$$\eta = \frac{12 - 2^{4/2} + 1}{12} = \frac{13 - 2^{4/2}}{12}$$

$$\left[\eta = \frac{13 - 2^{4/2}}{12} \right]$$

3) P/P_1



$$1. PV_1 = RT_1$$

$$2. P_2 V_2 = 4RT_1$$

$$A_{12} = \int_1^2 P dV = \frac{3}{2} RT_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$\frac{3}{2}$ - количество ног

1-2

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 2, \quad \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$3. P_3 V_3 = 2^{3/2} RT_1 = 2^{3/2} PV_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = 0,5R(2^{2/3} - 4)T_1 - \frac{3}{2}R(2^{2/3} - 4)T_1 = \\ = -R(2^{2/3} - 4)T_1$$

$$A_{23} = -\frac{2}{3} \Delta U_{23} \quad - \text{помехион. процесс}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{\Delta(PV)}{n-1} \quad A_{23} = -\frac{\Delta(PV)}{n-1} = -\frac{1}{n-1} \Delta U_{23}$$

$$\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{5}{3}$$

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 (продолжение 2)

$$-\frac{2}{3} = -\frac{j-1}{n-1}$$

$$n-1 = \frac{3}{2} \cdot (j-1) = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{5}{3} - 1\right) = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} = 1$$

$$n = 2$$

В процессе 2-3 $PV^2 = \text{const}$

$$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2P_1 \cdot (2V_1)^2 = P_3 V_3^2 \\ 2^{3/2} RT_1 = P_3 V_3 \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2^{3/2} RT_1 = P_3 V_3 \\ \frac{(1)}{(2)} \frac{2^3 V_1}{2^{3/2}} = V_3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 2^{3/2}, \frac{P_3}{P_1} = 1 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \frac{2^3 V_1}{2^{3/2}} = V_3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 2^{3/2}, \frac{P_3}{P_1} = 1$$

4. Следующий вопрос 163

(Ответ): 1) $A_{12} = 4986 \text{ дм}^2$

$$2) z = \frac{13 - 2^{7/2}}{12}$$

3) Угадай на предыдущей
странице

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

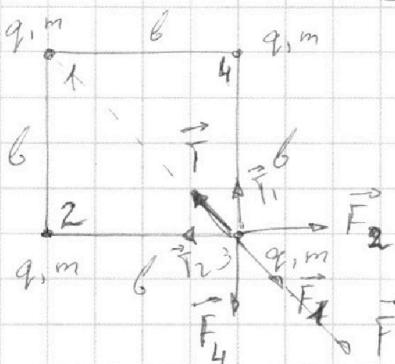
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Задача №5.



1) выдергиваем однотипные из шариков

$$\vec{F} = \vec{F}_4 + \vec{F}_2 + \vec{F}_1 - \text{сила}$$

взаимодействия с оставшимися
шариками

$$F_4 = F_2 = k \frac{q^2}{l^2}, \quad F_1 = k \frac{q^2}{2l^2}$$

$$F = F_4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{q^2}{l^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$$

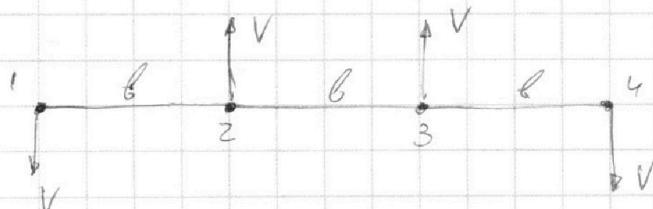
$\cos 45^\circ$

$$\text{Суммарная сила максимальная } T_{\text{один}} = \sqrt{2}$$

$$F = T_{\text{один}} \Rightarrow k \frac{q^2}{l^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) = \sqrt{2}$$

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

2)



У ЗСЧ и симметрии:

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_4 = -\vec{V}_2 = -\vec{V}_3$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V$$

L

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!

Задача №5 (продолжение)

Зад:

$$W_1 = \frac{1}{2} \sum q\varphi = \frac{1}{2} \cdot 4q\varphi = 2q\varphi$$

для одного заряда

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = k \frac{q}{6} + \frac{kq}{\sqrt{2}6} + k \frac{q}{6}$$

$$W_1 = 2k \frac{q^2}{6} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = k \frac{q^2}{6} (4 + \sqrt{2})$$

$$W_2 = W_{12} + W_{13} + W_{23} + W_{24} + W_{14} + W_{34} =$$

$$= k \frac{q^2}{6} + \frac{kq^2}{26} + \frac{kq^2}{6} + \frac{kq^2}{26} + \frac{kq^2}{36} + \frac{kq^2}{6} =$$

$$= \frac{kq^2}{6} \left(1 + \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 1 \right) =$$

$$= \frac{kq^2}{6} \left(3 + 1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{6} \cdot \frac{13}{3}$$

$$W_1 = W_2 + E_k = W_2 + 4 \cdot \frac{mV^2}{2} = W_2 + 2mV^2$$

$$2mV^2 = W_1 - W_2 = k \frac{q^2}{6} \left(4 + \sqrt{2} - 4 - \frac{1}{3} \right)$$

$$V^2 = \frac{kq^2}{2mb} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$V = \sqrt{\frac{kq^2}{2mb} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)}$$

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

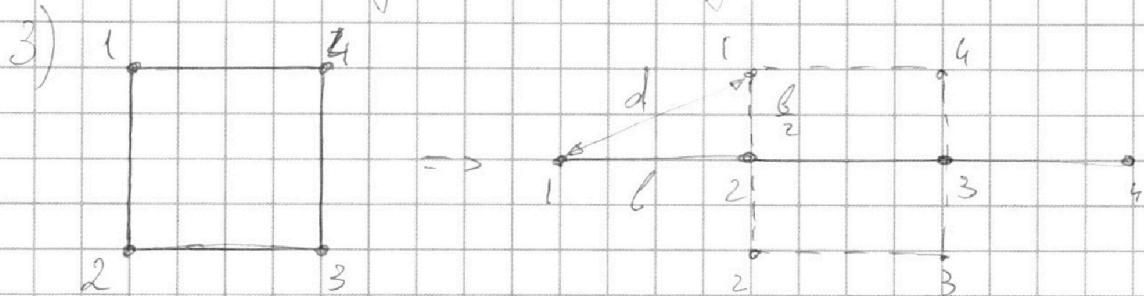
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Задача №5 (продолжение 2)



Суммарный импульс в начале $p=0$

$$\frac{dp}{dt} = F_{\text{внеш}} = 0 \Rightarrow p = \text{const} = 0$$

$\Rightarrow V_C = 0$ - скорость четырех ядер

\Rightarrow центр ядер неодвижен

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

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

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

2) $V = \sqrt{\frac{kq^2}{2mb}} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)$

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

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

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1$$

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

$$1 - \frac{g S}{V_0^2} \operatorname{tg} \alpha = 0$$

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

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{400}{20} - \frac{40 \cdot 400}{2 \cdot 400} \right) = \frac{1}{2} (20 - 5) = 7,5$$

$$4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 1 \left(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)} = \\ 10 \left(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right) = \\ 0,8 \pm 0,6 \cdot \frac{1}{3} = \\ = 0,8 \pm 0,2$$

$$\frac{U^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{81}{2 \cdot 10 \cdot 0,6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

$$2,8 \cdot 0,8 = \frac{2,24}{3}$$

$$\frac{112}{150} = \frac{56}{75}$$

$$600 \cdot 8,31 = 6 \cdot 831$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



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

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

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

$$U = 2 \frac{m}{s}$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

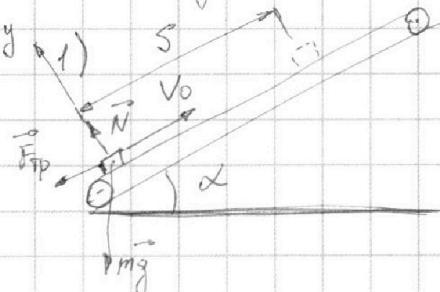
$$S = 1m$$

1) $T - ?$

2) $\Delta - ?$

3) $H - ?$

Задача №2.



a - ускорение коробки

Введем систему координат XY

$$OY: -mg \cos \alpha + N = 0$$

$$OX: -mg \sin \alpha - F_{TP} = ma$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$-mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma \Rightarrow a = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

1) Требуется найти в моменту T скорость все еще движем направления блока

$$S = V_0 T + \frac{\alpha T^2}{2}$$

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

$$T = \frac{-V_0 \pm \sqrt{V_0^2 + 2aS}}{2\alpha} = \frac{-V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{-g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \text{D}, \text{ m.k.}$$

$$2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) > V_0^2$$

2) Задача коробка остановится а падет вниз

t' - время до остановки

$$V_0 + at' = 0 \Rightarrow t' = -\frac{V_0}{a} = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,25 \text{ s}$$

a' - ускорение при движении 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 |
| <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 №2 (продолжение)

s' — расстояние до остановки

$$s' = -\frac{\omega_0^2}{2g} = \frac{\omega_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = 0,8 \text{ м}$$

3) Расстояние, пройденное блоком $s'' = s - s' = 0,2 \text{ м}$

$$s'' = \frac{\omega t''^2}{2} \Rightarrow t'' = \sqrt{2} \quad a'' = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$$

$$s'' = \frac{\omega t''^2}{2} \Rightarrow t'' = \sqrt{\frac{2s''}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}}$$

$$t'' = 0,2 \text{ с}$$

$$4) T = t' + t'' = 0$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} =$$

$$= 0,5 R (2^{2/3} - 1) \bar{P}_1 - \frac{3}{2} R (2^{2/3} - 1) \bar{T}_1 =$$

$$= -(2^{2/3} - 1) R T_1$$

$$\chi = \frac{5}{3}$$

$$A_{23} = -\frac{2}{3} \Delta U = -\frac{\mu-1}{\mu+1} \Delta U$$

$$N = -2,5 R (2^{3/2} - 1) \bar{P}_1 + \\ + \frac{3}{2} (2^{3/2} - 1) \bar{T}_1 R = -R \bar{T}_1 (2^{3/2} - 1)$$