



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



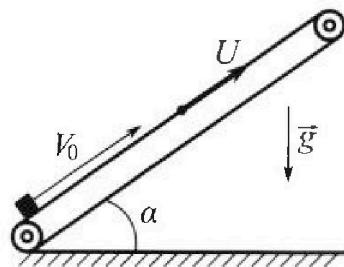
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
 - Найдите начальную скорость V_0 мяча.
 - Теннисист посыпает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

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

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



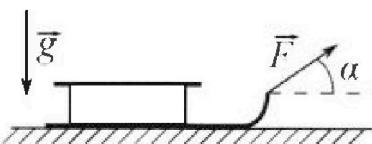
- За какое время T после старта коробка пройдет в *первом опыте* путь $S = 1$ м?

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

- На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?
- На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

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

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом 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.

- Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

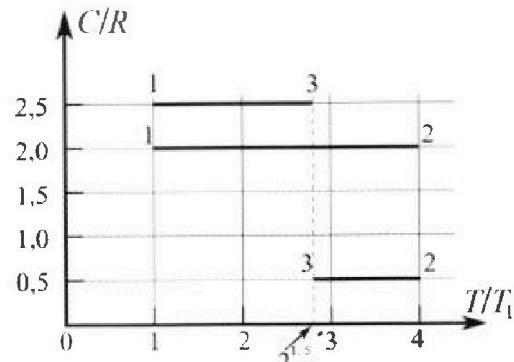
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-01



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

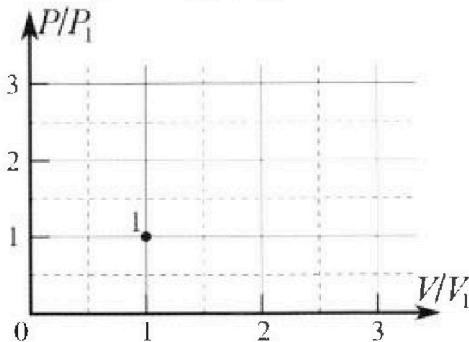
- 4.** Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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



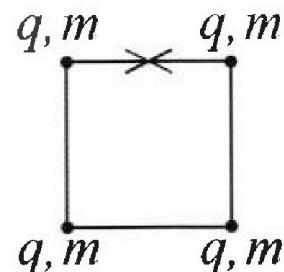
- 5.** Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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:

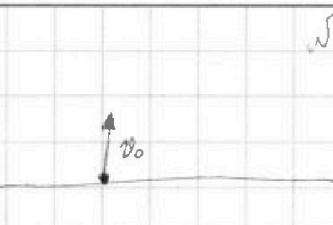
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

$$\begin{array}{|l} T = 2C \\ S = 20 \text{ м} \\ V_0 = ? \\ h_{\max} = ? \end{array}$$

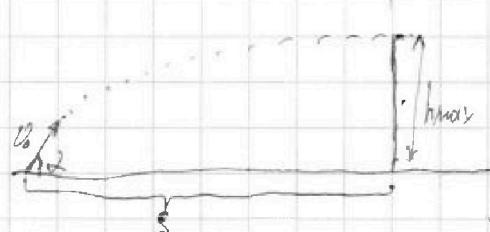
1)



$\sqrt{1}$

$$T = \frac{2V_0}{g} \Rightarrow V_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2)



2 - угол между V_0 и горизонтом

Максимальной высотой будет достигнута тогда, когда
стена наклонена в плоскости траектории с наибольшей высотой (вертикально).
Тогда L-расстояние полета, тогда $\frac{L}{2} = S$.

$$L = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}; \quad 2S = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}, \Rightarrow \sin(2\alpha) = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = 1; \quad h_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot \sin^2 \alpha; \quad \sin 90^\circ = 1 \Rightarrow h_{\max} = S = 20 \text{ м}$$

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

2) $h_{\max} = \cancel{20 \text{ м}} = 20 \text{ м}$

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!

$$S = 1 \text{ м}$$

$$\sin \angle = 0,6$$

$$\cos \angle = 0,8$$

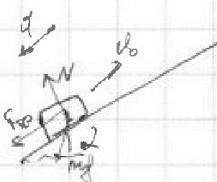
$$V_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$U = 2 \text{ м/с}$$

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

$$T = ? \text{ с} \quad L = ? \text{ м} \quad ?$$

$$W^2$$



1) Лента покатится.

$$23 \text{ Н}: \mu mg \cos \angle = F_{\text{тр}}; \quad a = g \sin \angle + \mu g \cos \angle = g$$

$$(1) S = V_0 T - \frac{1}{2} T^2; \quad T = \sqrt{D} = \sqrt{V_0^2 - 2gS} < 0 \Rightarrow \text{такой путь не}}$$

$$\text{коробка не проедет } S = 1 \text{ м}. \quad t_{\text{норм}} = \frac{V_0}{g} = 0,4 \text{ с} = \frac{2}{5} \text{ с}$$

$$\text{Потратив это время в (1), получим: } S_1 = V_0 t_{\text{норм}} - \frac{1}{2} t_{\text{норм}}^2 = 0,8 \text{ м}.$$

Далее блок начнёт движение вниз с новым по модулю ускорением.



$$m a_2 = \mu mg \sin \angle - \mu mg \cos \angle \Rightarrow a_2 = g (\sin \angle - \mu \cos \angle) = 0,6 g$$

Также — финал траектории \Rightarrow исходное время T изображено обозначено:

$$T = t_{\text{норм}} + t_{\text{бегун}}, \quad \text{чтобы за время } t_{\text{норм}} \text{ прошло } 0,8 \text{ м} (S_1) \text{ и за время } 0,2 \text{ м} (S_2), \text{ и}$$

$$S = S_1 + S_2. \quad \text{Тогда:}$$

$$2) \quad S_2 = \frac{0,6g \cdot t_{\text{бегун}}^2}{2}; \quad t_{\text{бегун}} = \sqrt{\frac{2S}{0,6g}} = \sqrt{\frac{2}{30}} \text{ с}, \quad T = (0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}) \text{ с}$$

Рассмотрим движущееся в СО слож. с движением \vec{u} .

Скорость коробки будет равна U , когда её скорость зондометра отклонится.

$$0 = \vec{U} \quad T_1 = \frac{V_0 - U}{g} = 0,2 \text{ с}. \quad L_1 = V_0 T_1 - \frac{1}{2} T_1^2 = (4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 \cdot 0,2) \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

3) Коробка будет покатится в СО Земли, в момент когда будет иметь скорость U вниз (против движения ленты в СО Земли) относительно ленты.

$$a_2 = 0,6g; \quad T_2 = \frac{U}{0,6g} = \frac{1}{3} \text{ с}; \quad L_2 = \frac{0,6g \cdot T_2^2}{2} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$H = (L_1 + L_2) \cdot \sin \angle = (0,6 \text{ м} + \frac{1}{3} \text{ м}) \cdot 0,8 = \frac{8}{30} \text{ м} = \frac{22,4}{30} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } T = (0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}) \text{ с}$$

$$2) \quad L = 0,6 \text{ м}$$

$$3) \quad H = \frac{22,4}{30} \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

$$\begin{array}{l} v_0, \alpha \\ \mu = ? \\ t = ? \end{array}$$



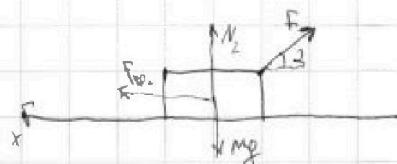
v3.

m - масса блока
f - внешняя сила
v = время полета

$$F_{\text{пр}} = \mu mg; F - \mu mg = ma; \quad \text{1}$$

$$m v_0 = (F - \mu mg) \cdot T \quad - 3 \text{ ии}$$

2)



$$2 \text{ ии: } N_2 = mg - F \sin 2; \quad F_{\text{пр}2} = \mu (mg - F \sin 2);$$

$$3 \text{ ии: } m v_0 = (F \cos 2 - \mu (mg - F \sin 2)) \cdot T$$

$$F \cos 2 - \mu mg + F \sin 2 = F - \mu mg \Rightarrow F \cos 2 + \mu F \sin 2 = F \quad | \times \frac{1}{F}$$

$$\cos 2 + \mu \sin 2 = 1; \quad \mu = \frac{1 - \cos 2}{\sin 2}$$

После прекращения действия силы F движение будет равно-
меренным:

$$x: F_x = \mu mg = ma_x; \quad a_x = \mu g = f \frac{1 - \cos 2}{\sin 2}$$

$$a_x \cdot T = v_0; \quad T = \frac{v_0}{a_x} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0}{f \frac{1 - \cos 2}{\sin 2}} = \frac{v_0 \sin 2}{f (1 - \cos 2)}$$

$$\text{Ответ: 1) } \mu = \frac{1 - \cos 2}{\sin 2}$$

$$2) T = \frac{v_0 \sin 2}{f (1 - \cos 2)}$$

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

ωγ

Значит, что во всех трех процессах $E = \text{const} \Rightarrow$ процессы
изотермичны.

$$1-2: C_a = 2R; \quad P V^{-1} = \text{const} \quad n_1 = \frac{2R - 3R}{2R - 3R} = -\frac{1}{2} = -1$$

$T_1 = 400K; \quad T_2 = 4T_1 = 1600K \Rightarrow$ процесс второй пропорциональности

$$2-3: C_{23} = 0,5R; \quad n_{23} = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = 2; \quad P V^2 = \text{const} \quad T_2 = 4T_1; \quad V_3 = \sqrt[4]{2}$$

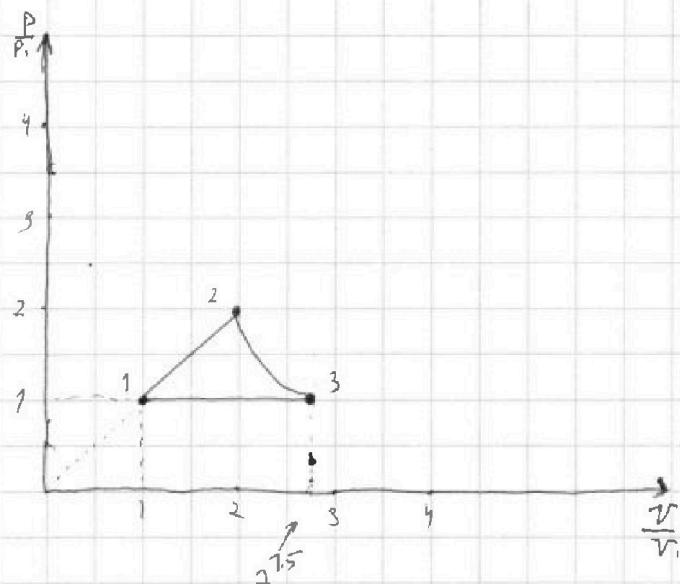
3-4: $n_{31} = 0 \Rightarrow P = \text{const}$ — изобаричный процесс.

$$P_2 V_2 = DR \cdot 4T_1; \quad P_3 V_3 = DR \cdot T_1 \cdot \sqrt[4]{2}$$

$$24V_1 R T_1 \cdot V_2 = 2\sqrt[4]{2} D A P_1 \cdot V_3$$

$$V_3 = \frac{2}{\sqrt[4]{2}} V_2 = \sqrt[4]{2} \cdot \sqrt[4]{2} \cdot V_2$$

$$\begin{aligned} P_2 V_2 &= 2V_1 \Rightarrow V_2 = 2V_1 / 2 \\ P_1 V_1 &= P_2 \cdot 2\sqrt[4]{2} \cdot V_1 \\ P_2 &= \frac{P_1}{2\sqrt[4]{2}} = \frac{P_1 \sqrt[4]{2}}{4} = p_1 \end{aligned}$$



$$P_1 V_1 = DR T_1$$

$$P_3 V_3 = DR \cdot 2\sqrt[4]{2} T_1$$

$$P_1 = P_3, \text{ m.r. } C_{23} = 2,5R$$

$$A_{12} = S_{RP} P(V) : A_{12} = \frac{(P_1 + 2P_1)}{2} \cdot \sqrt[4]{2} V_1 = \frac{3P_1 \sqrt[4]{2} V_1}{2} \Rightarrow V_3 = 2\sqrt[4]{2} \cdot \sqrt[4]{2} V_1$$

$$= \frac{3DR T_1}{2} = \frac{3 \cdot 0,31 \cdot \frac{R^2 T_1}{2}}{2} = 600 \cdot 0,31 \text{ дж} ; \quad Q_{12} = 2R \cdot 3T_1 = 6RT_1 = Q_H$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{Q_H}{Q_{12}}; \quad \eta = 1 - \frac{5(\sqrt[4]{2}-1) + 4 - \sqrt[4]{2}}{12} = \\ &= 1 - \frac{4\sqrt[4]{2} - 1}{12} \end{aligned}$$

$$Q_{23} = 1,5R \cdot T_1 (\sqrt[4]{2} - 1) = -Q_{H1}$$

$$Q_{31} = 2,5R \cdot T_1 (1 - \sqrt[4]{2}) = -Q_{H2}; \quad \cancel{\text{Q}_{H2}}$$

$$Q_H = Q_{H1} + Q_{H2}$$

$$\text{Ответ: 1) } A_{12} = \frac{30RT_1}{2} \approx 600 \cdot 0,31 \text{ дж} ;$$

$$2) \eta = 1 - \frac{4\sqrt[4]{2} - 1}{12}; \quad 3) \text{График в решении}$$

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

МФТИ

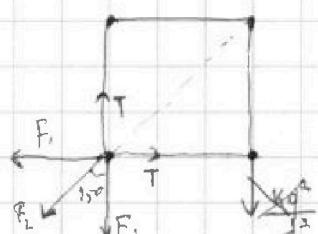


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

ω 5.

m, q, b | Картинка син.

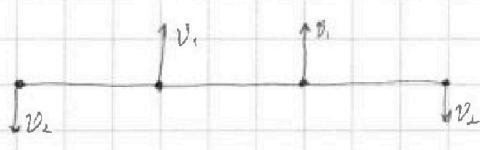
$T - ?$
 $\vartheta - ?$
 $\delta - ?$



$$1) F_1 = \frac{kq^2}{8} \cdot f_1 = \frac{kq^2}{(B\theta)^2} = \frac{kq^2}{2B}$$

$$T = F_1 + F_2 \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{8^2} + \frac{kq^2}{2B^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \\ \left(= \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4B^2} \right)$$

$$2) W_0 = W_{\text{инер}} = \frac{4kq^2}{8} + \frac{2kq^2}{8\sqrt{2}}, E_{\text{ко}} = E_{\text{кин}} = 0$$



$$W = \frac{3kq^2}{8} + \frac{2kq^2}{2B} + \frac{kq^2}{3B} = \\ = \frac{4kq^2}{8} + \frac{kq^2}{3B}$$

Система шариков замкнута \Rightarrow для системы берут ЗСЧ. $\cancel{+}$

$2mV_1 = 2mV_2; V = V_2 = V_1 \Rightarrow$ скорости шариков по модулю равны.

Аналит = 0 \Rightarrow для систем берут ЗСЧ: $E_1 = E_2; W_0 + E_{\text{ко}} = W + E_{\text{кин}}$

$$\frac{4kq^2}{8} + \frac{2kq^2}{8\sqrt{2}} + 0 = \frac{4kq^2}{8} + \frac{kq^2}{3B} + (\frac{1}{2}mV^2) \cdot 4 \Rightarrow 2mV^2 = \frac{kq^2}{8} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)$$

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

Быстро

стако

стако
кон

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

Очевидно: 1) $T = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4B^2}$

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

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

МФТИ

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

$$\frac{V_0}{f} = 6; \quad V_{0t} - \frac{fV^2}{2} = \frac{V_0^2}{f} - \frac{V_0^2}{2f} = \frac{V_0^2}{2f} \quad 9,8 \cdot 5 =$$

0,8 -

$$\frac{-2}{-1}$$

$$\frac{36 \cdot 1}{2193}$$

$$\frac{48}{14,9}$$

$$\frac{b}{30} + 0,48$$

$$\frac{6}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{48}{100} = \frac{24}{50}$$

$$19,4 + 6 = \frac{22,4}{20} \cdot 4$$

$$19,4 + 8 = 22,4$$

$$\frac{600}{\approx 8,9 \approx 1}$$

$$Q_x = 2,5 \pi R \cdot \frac{R}{2} \left(5(\sqrt{8}-1) + (4-\sqrt{8}) \right)$$

$$5\sqrt{8} - \sqrt{8} + 4 - 5 = \frac{4\sqrt{8} - 1}{12}$$

$$S = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{2g} \Rightarrow 20 = \frac{20 \cdot 20 \cdot \sin(2\alpha)}{20} \Rightarrow \sin(2\alpha) = 1$$



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!

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!