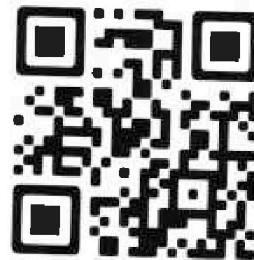




**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023**



**Вариант 10-04**

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

1. Снаряд массой  $M = 5 \text{ кг}$  летит по вертикали и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, летящих во всевозможных направлениях с равными по модулю скоростями. Через  $t_1 = 0,6 \text{ с}$  после разрыва все осколки находятся в полете, в этот момент один из осколков движется по вертикали вниз, импульс осколка  $P_1 = 50 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ .

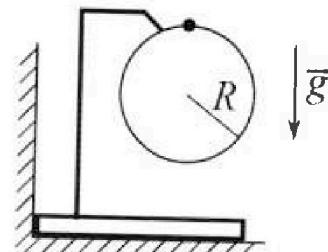
1) Найдите модуль  $P_2$  суммарного импульса  $\vec{P}_2$  всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

2) Найдите угол  $\alpha$  между векторами  $\vec{P}_2$  и  $\vec{g}$  в этот момент времени.

Продолжительность полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность на максимальном расстоянии от точки разрыва,  $T = 3 \text{ с}$ .

3) На каком максимальном расстоянии  $d$  от точки разрыва такие осколки упали на горизонтальную поверхность? Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Брускок установлен вилотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса  $R = 0,6 \text{ м}$ , на которое надет шарик. Массы шарика и бруска одинаковы и равны  $m = 0,2 \text{ кг}$ . Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо малой начальной скоростью.



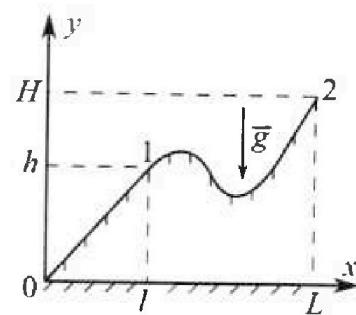
1) Найдите равнодействующую  $\vec{F}$  сил, приложенных к шарику в тот момент, когда сила, с которой вертикальная стенка действует на брускок, обращается в ноль. В ответе укажите модуль  $F$  и направление вектора  $\vec{F}$ .

2) Найдите горизонтальное перемещение  $S$  шарика к этому моменту времени.

3) Найдите скорость  $V$  шарика в тот момент, когда скорость бруска наибольшая. Брускок безотрывно движется по гладкой горизонтальной плоскости.

Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . В процессе движения брускок не отрывается от гладкой горизонтальной плоскости.

3. На рисунке к задаче показан в вертикальной плоскости профиль горки, на которую школьник втачивает санки. Масса санок  $m = 7 \text{ кг}$ , вертикальная координата точки 1  $h = 5 \text{ м}$ . Из точки 1 санки съезжают с нулевой начальной скоростью и достигают у основания горки в точке 0 скорости  $V = 6 \text{ м/с}$ . Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



1) Какую работу  $A_1$  следует совершить, чтобы медленно втащить санки на горку из точки 0 в точку 1 по линии скатывания, прикладывая силу вдоль плоской поверхности горки?

Школьник медленно перемещает санки по горке из точки 1 в точку 2. На этом перемещении работа внешней силы  $A_2 = 1,4 \text{ кДж}$ .

2) На какую высоту  $H$  школьник втащил санки?

Горизонтальные координаты точек 1 и 2 связаны соотношением  $L = 6l$ . На каждом элементарном перемещении вектор силы, которую школьник прикладывает к санкам, и вектор перемещения санок лежат на одной прямой. Все перемещения происходят в одной вертикальной плоскости.

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

**Вариант 10-04**

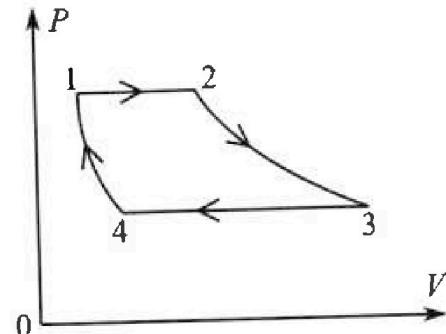
*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

4. В цикле 1-2-3-4-1 тепловой машины две изобары и две изотермы (см. рис). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ. В процессе изобарного расширения объем газа увеличивается в четыре раза. В процессах изотермического расширения и изобарического сжатия газ совершает одинаковую по модулю работу  $A$ .

1) Найдите количество  $Q_{34}$  теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ( $Q_{34} > 0$ ).

2) Найдите количество  $Q_{\text{подв}}$  теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.

3) Найдите КПД  $\eta$  цикла.



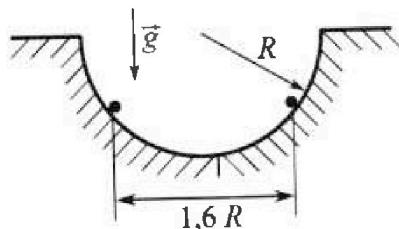
5. В гладкой горизонтальной плоскости сделана полусферическая лунка радиуса  $R$ , в которой на одном горизонтальном уровне удерживаются два заряженных шарика. Заряд каждого шарика  $Q$ , расстояние между шариками  $1,6R$ . Шарики одновременно отпускают, и они вылетают из лунки. Отсчитанная от края лунки максимальная высота, на которую поднимается в полете каждый шарик, равна  $2R$ . Шарики отрываются от гладких стенок лунки у краев.

1) Через какое время  $T$  после отрыва шарики впервые поднимутся на максимальную высоту?

2) Найдите массу  $m$  каждого шарика.

3) Найдите наибольшую скорость  $V$  каждого шарика после вылета из лунки. Столкновения шариков с горизонтальной плоскостью абсолютно упругие.

Ускорение свободного падения  $g$ . Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ .





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!

№1

1) В исходе времена  $t = 0$  суперснаряд движется со скоростью  $\vec{v}_0$ :  $\vec{P}_{0x} + \vec{P}_{0y} + \vec{P}_{0z} + \dots + \vec{P}_{0N} = 0$ . Поскольку приложимые к нему составляющие скорости не зависят от времени (вспомните уравнение), то и приложимые составляющие движутся не изменяющимися. Время падения  $\vec{g}$  за полет неизменяется. Начальная скорость  $v_{0x}, v_{0y}, v_{0z}$  изменяется от  $t = 0$  до  $t = t_1$  (т.е. в начальной скорости засекают изменение вертикальной составляющей скорости с  $t = 0$  до  $t = t_1$ ). Тогда  $\vec{P}_2 = \vec{P}_{0x} + \vec{P}_{0y} + \dots + \underbrace{\vec{P}_{0z}}_{= 0} + (m\vec{g}t_1) \cdot N$  (здесь  $m$  масса гранаты, а  $N$ -их количество).

То есть  $\vec{P}_2 = M\vec{g}t_1$ , а значит  $P_2 = 30 \text{ кг} \cdot \frac{m}{s}$

2) Из  $\vec{P}_2 = M\vec{g}t_1$  следует, что  $d = 0^\circ$  в момент  $t_1$ .

3) Максимальное расстояние проходит при  $\theta_y = 0^\circ$ , т.е.  $\frac{9T^2}{2} = h = 45 \text{ м}$ , где  $h$  - высота разлета снаряда.  $d = \sqrt{2hT_0} = \sqrt{2 \cdot 45 \cdot 6} \approx 18 \text{ м}$ , ее значение нанесено в масштабе, т.е.  $d \approx 72 \text{ м}$  (значение этого угла)  ~~$\theta = 60^\circ$~~ . Тогда макс. расстояние  $d \approx 219 \text{ м}$ .

Ответ: 1) 30  $\frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$  2)  $0^\circ$  3) 219 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!

12

1) Сила, с которой стеклянка Вертикальная действует на бруска обратится в кольцо, когда брусков склеются. Приведем это, когда склеек будет находиться внизу кольца ближайшей пуговицей к краю кольца



$$m_{\text{бр}} g = m \frac{V^2}{R} \quad \text{По Задаче задачи } V = 2\sqrt{gR}$$

~~$m_{\text{бр}} g = 4mg \quad F_{\text{раб}} = 4mg \quad mg = 3mg$ , склеека  
на Вертикальную висит~~

2) К той же машине и



$$m_{\text{бр}} g = m \frac{V^2}{R} \quad \text{По Задаче задачи } V = \sqrt{2gR}$$

$$F_{\text{раб}} = \sqrt{(2mg)^2 + (mg)^2} = \sqrt{5} mg = 2\sqrt{5} N$$

Конечно же эта сила висит под углом к горизонту  $630^\circ$ .  $\swarrow F_{\text{раб}}$

2).  $S(\text{чирокоматичное перемещение}) = R = 0,6 \text{ м}$

3). Скорость бруска будет наибольшей, когда их скорости одинаковы  $V = \frac{\sqrt{9R}}{2} = \sqrt{gR}$  (т.к. массы одинаковые)  $V \approx 2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: 1)  $2\sqrt{5} N$ , 2)  $0,6 \text{ м}$  3)  $\approx 2,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



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 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!

№3

$$H = mgH + \frac{mv^2}{2} + A_{\text{тр}} \quad A_{\text{тр}} \text{ работает трещи}$$
$$A_{\text{тр}} = m\left(\frac{2gh - v^2}{2}\right) \quad A_1 = A_{\text{тр}} + mgh = m\left(\frac{vgh - v^2}{2}\right) = 574 \text{Дж}$$

$$A_2 = mg(H-h) + A_{\text{тр}2} = 14 \text{кДж}$$

$$\frac{A_{\text{тр}1}}{A_{\text{тр}2}} = \frac{L}{L-L} = \frac{1}{6-1} = \frac{1}{5} \quad A_2 = mg(H-h) + 5m\left(\frac{vgh - v^2}{2}\right)$$

$$A_2 + mgh + 5m\left(\frac{vgh - v^2}{2}\right) = H = 9 \text{ м}$$

Ответ: 1) 574 Дж 2) 9 м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

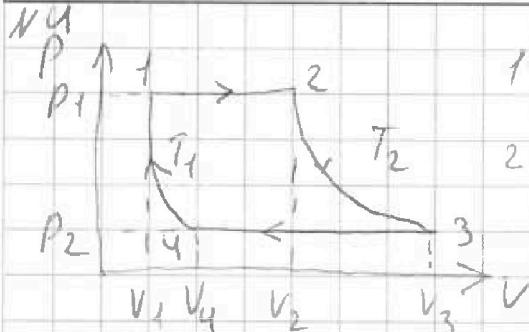
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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



1-2  $p = \text{const}$ , 3-4:  $p = \text{const}$

2-3  $T = \text{const}$ , 4-1:  $T = \text{const}$

По первому закону термо-  
ударения  $Q_{34} = A_{34} + \Delta U_{34}$

Уп. Менделеевская единица

$$p_1 V_1 = \sqrt{R} T_1$$

$$A_{34} = A_{23} = A \text{ из условия}$$

$$p_1 V_2 = \sqrt{R} T_2$$

$$4V_1 = V_2 \text{ из условия}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{4} \quad T_2 = 4T_1 \quad A_{23} = A = \sqrt{R} 4\sqrt{T_1} \ln \frac{V_3}{V_2} = \sqrt{R} 4\sqrt{T_1} \ln \frac{V_4}{V_1}$$

$$p_2 V_3 = \sqrt{R} 4T_1$$

$$|A_{41}| = \sqrt{R} T_1 \ln \frac{V_1}{V_4}|$$

$$p_2 V_4 = \sqrt{R} T_1$$

$$A_{41} = \sqrt{R} T_1 \ln \frac{V_4}{V_1} \Rightarrow A_{41} = \frac{A}{4}$$

$$V_3 = 4V_4$$

$$A_{12} = p \Delta V = 3\sqrt{R} T_1$$

$$|A_{34}| = A = |p_2 \Delta V| = 3\sqrt{R} T_1 \Rightarrow A_{12} = A$$

$$Q_{34} = \left| \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_1 - T_2) \right| = \frac{5}{2} \sqrt{R} 3T_1 = \frac{5}{2} A$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \sqrt{R} 3T_1 = \frac{5}{2} A$$

$$Q_{123} = \frac{5}{2} A + A = \frac{7}{2} A \text{ из условия } Q_{123} = A, \text{ т.к. } \Delta U = 0, \text{ б.з. } T = \text{const}$$

$$\eta = \frac{P_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}}{Q_{123}} = \frac{A + A - A - \frac{A}{4}}{\frac{7}{2} A} = \frac{\frac{3}{4} A}{\frac{7}{2} A} = \frac{3}{14} \approx 21\%$$

100%

$$\eta = 21\%$$

Ответ: 1)  $\frac{5}{2} A$  2)  $\frac{7}{2} A$  3) 21%

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

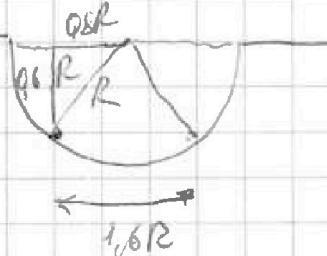
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



По закону сохранения энергии:

$$\frac{KQ^2}{1,6R} = \frac{KQ^2}{2R} + 2 \cdot mg QSR + 2 \cdot \frac{mU^2}{2}$$

Когда будут у края лука:

$$\frac{KQ^2}{8R} = m(1,2gR + U^2)$$

После того, как они вылетят из цепи вертикальной скорости перестанет увеличиваться, значит  $\frac{U^2}{g} = 2R$ ,

$$U^2 = 4gR \quad \frac{KQ^2}{8R} = m(5,2gR) \quad m^2 = \frac{KQ^2}{4,6gR^2}$$

$$U = 2\sqrt{gR} \quad U = gT \quad T = \frac{2\sqrt{gR}}{g} = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$$

После вылета из цепи коническая скорость будет  
такой, когда они перестанут вращаться вблизи и  
будут находиться на горизонтальной плоскости

$$\frac{KQ^2}{1,6R} = 2mg QSR + 2 \cdot \frac{mU^2}{2} \quad \frac{KQ^2}{1,6R} = m(1,2gR + U^2) \quad U = \sqrt{\frac{KQ^2}{1,6Rm} - gR + 2} = \\ = \sqrt{24,8gR} \approx 5\sqrt{gR}$$

Ответ: 1)  $2\sqrt{\frac{R}{g}}$  2)  $\frac{KQ^2}{4,6gR^2}$  3)  $\approx 5\sqrt{gR}$

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!

$$\begin{aligned}
 & g \frac{l^2}{2} = h \times \frac{14}{16} \frac{17+4}{16} \frac{32}{32} = h^2 \frac{45}{46} \text{ м} \quad \sqrt{2} \frac{m}{2} \frac{h}{2} = 30 \frac{1}{2} \frac{16}{16} \frac{16}{16} \\
 & 256 R^2 \frac{2R^2 - 2R^2 \cos \alpha}{2} = 5 \cdot 4320^2 \frac{18}{6} \quad \cancel{\frac{2R^2 - 2R^2 \cos \alpha}{2}} = \cancel{\frac{46848}{2}} \frac{120}{160} \\
 & -9.82 \frac{2 \cos \alpha}{2} = 9.82 \frac{43600}{43600} \frac{m}{2} + P_{\text{up}} \quad m(l_{\text{up}} + g t) = 50 \boxed{18051} \\
 & \frac{KQ}{2R} = \frac{m \frac{v^2}{2}}{2} + \frac{m \frac{v^2}{2}}{2} \frac{422 \cdot 22 \cdot 100}{48400 \text{ Nm} + \text{N} \cdot 1} \quad m(l_{\text{up}} - g t) = ? \quad \boxed{219} \\
 & P_0 + mg t + P_{\text{up}} + mg t \quad M \cdot V_s = 0 \quad g t m + g t m + g t m \\
 & 2mg t \quad m(g(h-h)) + \mu mg s = 1000 \text{ N} \quad \frac{58500}{2} \frac{m}{2} \frac{30}{30} \boxed{10} \\
 & \sum F_y = Mg - \sum g t \quad m(l_{\text{up}} + g t) - P = \frac{22400}{2} \frac{m}{2} \frac{140}{1344} \frac{3600}{3600} \\
 & M \cdot V_s - \frac{M}{2} g t = P_1 \quad mgh - \frac{m \frac{v^2}{2}}{2} = mg h - \frac{m}{2} \frac{(V_1 + V_2)}{2} \quad \boxed{A} \\
 & V_F - \text{ нач} \quad P_1 + mg t = 50 + \frac{43600}{43600} Q_{23} = A \\
 & L = 30 \text{ м} \quad P_1 + mg t = 50 + \frac{43600}{43600} Q_{23} = A \\
 & \frac{m(6+6)}{2} = 50 \quad P_1 + mg t = 50 + \frac{43600}{43600} Q_{23} = A \\
 & F_{\text{up}} = 14 \text{ kN} \text{ m} \quad P_1 + P_2 = \frac{2P_1}{N} = 2 \frac{\pi}{2} g t \quad Q_2 = A \cdot \Delta U = \frac{1}{2} \Delta R \Delta T \\
 & \frac{mg \frac{2L}{2} + mg h + \frac{m(200)^2}{c} \cdot \frac{mg \Delta T}{2} Q^2}{16R} = 2 mg(h+2L) \quad P_1 V_1 = \sqrt{RT_1} \quad \frac{5224}{200} = 1120 \\
 & \frac{m(12L+36)}{2} = mg(h-h) \quad P_1 V_1 = \sqrt{RT_1} \quad P_1 V_1 = \sqrt{RT_1} = 45 \quad \boxed{45 \text{ A}} \\
 & 6L + 18 = g(h-h) \quad R T \ln \frac{V_3}{V_2} = P_3 \Delta V \quad \boxed{0 = 1,5 \text{ A}} \\
 & \frac{KQ^2}{16R} = mg \frac{2L}{2} + mg \frac{2L}{2} \quad \frac{1}{2} \Delta R \Delta T = \frac{1}{2} P_3 \Delta V \\
 & \frac{6Q^2}{16R} = mg \frac{2L}{2} + mg \frac{2L}{2} \quad 5,2 + 0,312 \frac{V^2}{V^2} = 4,16gR \\
 & \frac{KQ^2}{16R} = \frac{m \frac{v^2}{2}}{2} + \frac{m \frac{v^2}{2}}{2} + \frac{KQ^2}{2R} \quad \frac{0,4}{32} = \frac{KQ^2}{8R} = 2 \frac{m \Delta V}{2} \quad \boxed{4,16gR = 10^2}
 \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

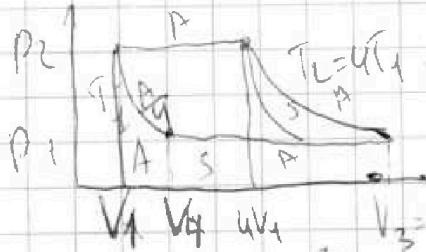
решение которой представлено на странице:



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



$$T_2 = T_1 \sqrt{R(T_2 - T_1)} = A$$

$$T_2 \cdot \frac{A}{P_2} = 3T_1 = 3A$$

$$28 + 1,8$$

$$308$$

$$29,4$$

$$\frac{A}{3R} = T$$

$$\frac{RQ^2}{16R} = \frac{KQ^2}{2R}$$

$$+ mg + kR$$

$$301,14$$

$$2092,14$$

$$60$$

$$16R$$

$$2R$$

$$+ mg + kR$$

$$+ m \frac{U^2}{2} \frac{KQ^2}{SR}$$

$$= m(1,2gR)$$

$$+ \frac{U^2}{2} \frac{KQ^2}{SR}$$

$$= mgh$$

$$U^2 = 2gh$$

$$U^2 = 4gR$$

&lt;math display

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:

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



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!