



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-04



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

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

1) Наайдите модуль P_2 суммарного импульса \vec{P}_2 всех остальных осколков в этот момент времени. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

2) Найдите угол α 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, $T = 3$ с.

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

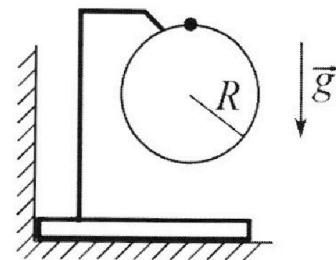
2. Брускок установлен вплотную к вертикальной стенке (см. рис.). На бруске закреплено в вертикальной плоскости кольцо радиуса $R = 0,6$ м, на которое надет шарик. Массы шарика и бруска одинаковы и равны $m = 0,2$ кг. Кольцо и держатель легкие. Трения нет. Из верхней точки кольца шарик скользит с пренебрежимо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

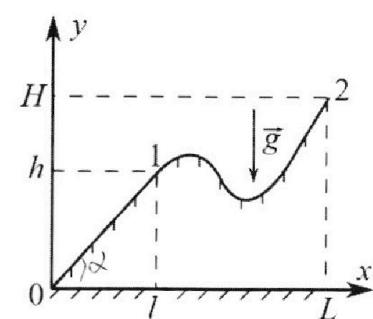
2) Найдите горизонтальное перемещение S шарика к этому моменту времени.

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 $g = 10$ м/с². 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 $m = 7$ кг, вертикальная координата точки 1 $h = 5$ м. Из точки 1 санки съезжают с нулевой начальной скоростью и достигают у основания горки в точке 0 скорости $V = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения санок по горке одинаков на всей поверхности горки. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



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 $A_2 = 1,4$ 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.

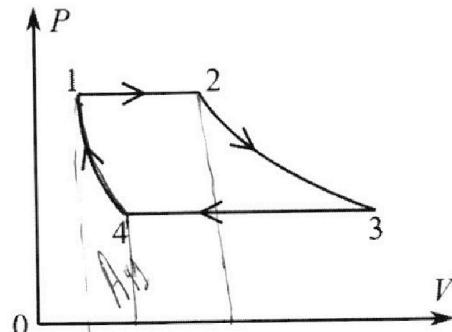
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

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 .

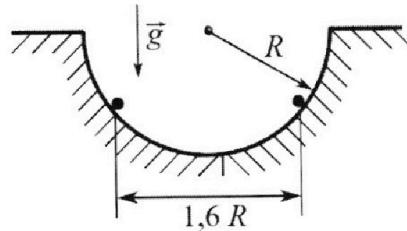
- 1) Найдите количество Q_{34} теплоты, отведенной от газа в процессе изобарического сжатия ($Q_{34} > 0$).
- 2) Найдите количество $Q_{\text{подв}}$ теплоты, подведенной к газу в процессах 1-2-3.
- 3) Найдите КПД η цикла.



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.

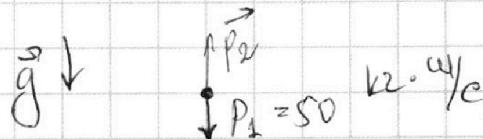
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

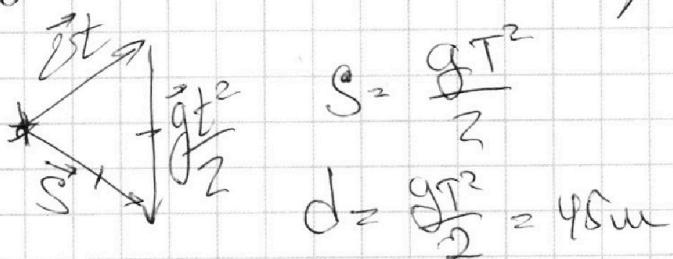
*



Через $t_1 = 0,6\text{с}$ суммарной силы в системе рабен $P = \rho g t_1$ и направлена вертикально вниз $P = 30 \text{ кН} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow P_2 = 20 \text{ кН} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$ и направлена вверх.

2) Тон α между векторами \vec{P}_2 и \vec{g} рабен 180° .

3) Известно, что ось осадок имеет то же максимальное расстояние, то текущие перемещения этой оси равнобедрены.





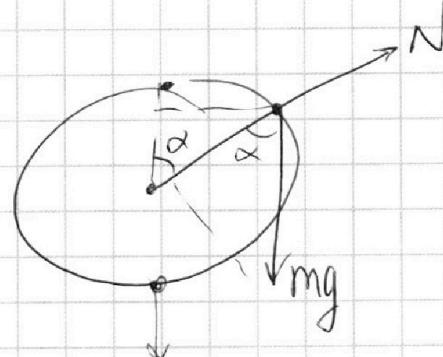
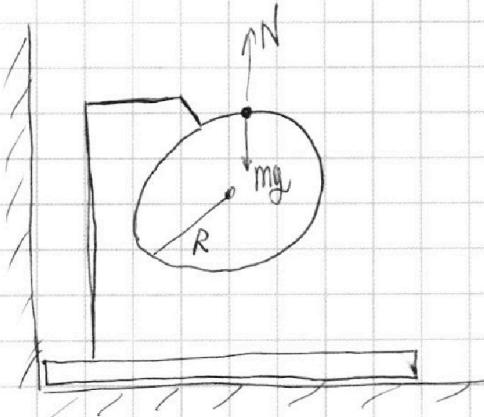
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Растянем, что движущееся тело
матик.

$$N - mg \cos \alpha = \frac{v^2}{R} m \Rightarrow \frac{v^2}{R} m$$

Уг замина сохраняла енергии:

$$\frac{v^2 m}{2} = (R - R \cos \alpha) \mu g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v^2 = 2R(1 - \cos \alpha)g$$

$$N - mg \cos \alpha = 2(1 - \cos \alpha) mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = 2mg - 2mg \cos \alpha + mg \cos \alpha$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

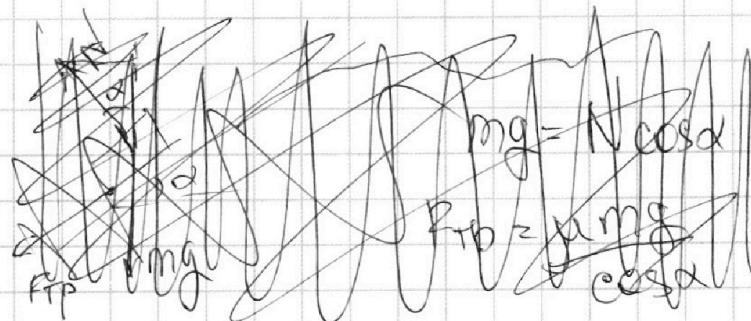
МФТИ



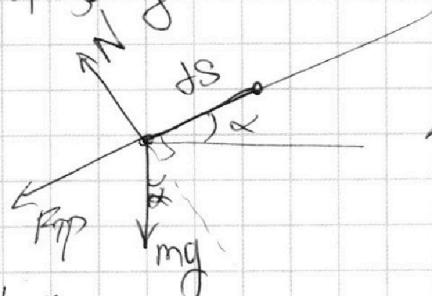
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Заданное звено сохраняет энергию при движении,
учитывая работу силы трения.

$$mgh = \frac{v^2 m}{2} + \int S F_{\text{тр}} \, ds$$



Рассмотрим участок длиной ds в плоскости α к горизонту.



В проекции на ось, перпендикулярную поверхности:

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

$$\delta A_{\text{тр}} = -ds \cdot \mu mg \cos \alpha = -\mu mg \cdot dx \Rightarrow$$

$$\delta A_{\text{тр}} \Rightarrow mgh = \frac{v^2 m}{2} + \mu mg(l - 0)$$

$$\frac{gh - \frac{1}{2} v^2}{g} = \mu l \Rightarrow \mu l = 3,2 \text{ м} \Rightarrow$$

$$1) \Rightarrow A_1 = mgh + mg\mu l = mg(h + \mu l) = \\ = 574 \text{ Дж}$$

$$A_2 = mg(H - h) + mg\mu l \Rightarrow$$



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!

$$\frac{A_2 + mgh - 5\mu mg l}{mg} = H$$

$$2) \frac{A_2}{mg} + h - 5\mu l = H \Rightarrow H = g\mu$$

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

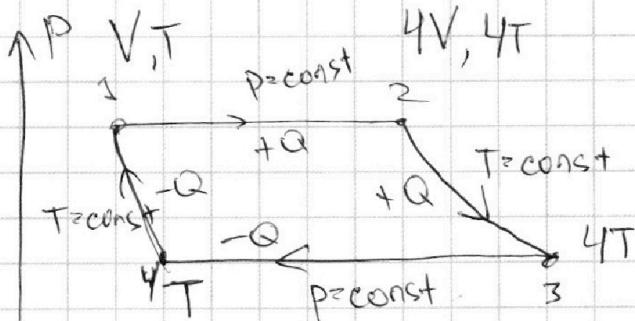
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$Q_{34} = \frac{3}{2} \mathcal{J}R(T_4 - T_3) + A_{34}$$

$$A_{34} = P(V_4 - V_3) \quad \frac{3}{2} \mathcal{J}R(T_4 - T_3) = \frac{3}{2} P(V_4 - V_3)$$

$$Q_{34} = \frac{3}{2} A_{34} + A_{34} \quad -A_{34} = A$$

$$1) Q_{34} = -\frac{5}{2} A \Rightarrow |Q_{34}| = \frac{5}{2} A$$

(~~Аналитика~~) Рассставим температуру газа в каждой точке, исходя из принципов (на рисунке T — температура в точке 2)

$$Q_{34} = -\frac{5}{2} A \quad Q_{23} = A$$

$$Q_{32} = \frac{3}{2} P(4V - V) + P(2V - V) = \frac{15}{2} PV = \frac{15}{2} \mathcal{J}RT$$

$$(-A = P_3(V_4 - V_3)) = -\mathcal{J}R \cdot 3T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3} A = \mathcal{J}RT$$

$$2) \text{ (Аналитика)} \quad Q_{12} = \frac{5}{2} A + A = \frac{7}{2} A$$

$$\eta = \frac{A - A + A_{12} + A_{43}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{A_{12} + A_{43}}{Q_{12} + Q_{23}}$$



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!

$$A_{12} = 30RT = A$$

$$A_{41} = Q_{41} = \frac{5}{2}A - A - \frac{5}{2}A = -A;$$

$$3) n=0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

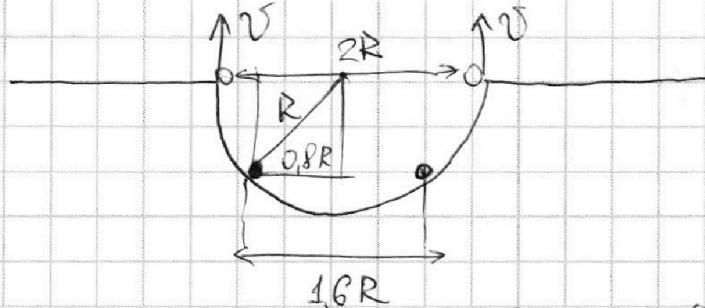
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



$$A_{\text{эн}} = Q \Delta \varphi = Q \left(k \frac{Q}{1.6R} - k \frac{Q}{2R} \right) = k \frac{Q^2}{R} \left(\frac{5}{8} - \frac{4}{8} \right) = k \frac{Q^2}{8R}$$

$$A_{\text{эн}} = mg \Delta h + \frac{v^2 m}{2}$$

$$\Delta h = R^2 - (0.8R)^2 = 0.36R^2 = 0.6R$$

$$2R = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow v^2 = 4Rg \Rightarrow v = 2\sqrt{Rg}$$

$$1) T = \frac{v}{g} = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$$

$$A_{\text{эн}} = m \left(0.6Rg + \frac{1}{2} 4Rg \right) = 2.6Rg m$$

$$2) M = \frac{kQ^2}{2.6Rg \cdot 8R} = \frac{kQ^2}{20.8R^2 g} = \frac{5kQ^2}{104R^2 g}$$

Так как содержание абсолютного упругого
шарика предполагают пренебречь, а максимальная
скорость будет достигнута в начальный момент

Приложив к шару потенциал шарика
будет takenально.

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!

$$A_{3n} = Q \Delta \varphi = Q \left(\frac{kQ}{2\pi R} - 0 \right) = \frac{kQ^2}{2R}$$

Электрическое сопр. будет действовать только
на оси X (изменяющейся), разгоняя шарик \Rightarrow

$$\Rightarrow \frac{kQ^2}{2R} + mg2R = \frac{v^2 m}{2}$$

$$V_{MAX}^2 = \frac{kQ^2}{mR} + 4mgR = \frac{104R^2 g}{5kQ^2} \cdot \frac{kQ^2}{R} + 4gR = \\ = \frac{104R^2 g^2}{5} \cdot 4 = \frac{416}{5} R^2 g^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{416}{5}} Rg = V_{MAX}$$



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"/> |

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:

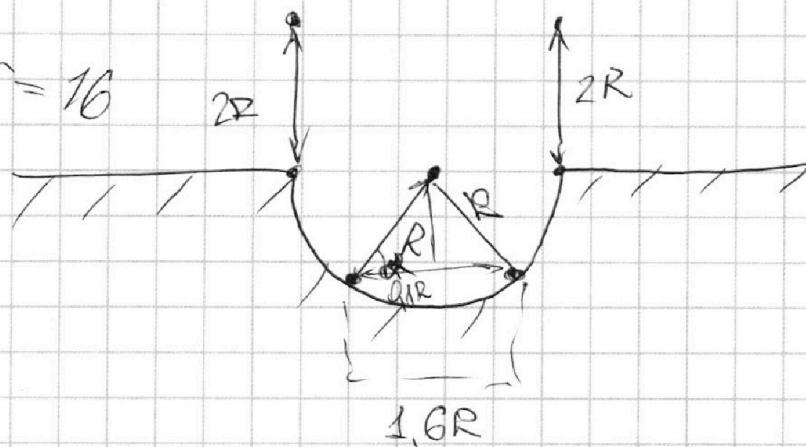
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$\frac{1400}{70} + 5 = 16 = 25 - 16 = 9 \text{ м}$$

$$3,2 \cdot 5 = 16$$



$$R = R_0 \sin \alpha \approx R$$

$$l = 2 \cos \alpha R$$

$$P = k Q^2 \quad Q = k l^2 \cos^2 \alpha R^2$$

$$N - mg \cos \alpha =$$

$$Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}$$



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 checked="" type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input checked="" type="checkbox"/> 6 | <input checked="" 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!

$$A_{32} = 3\sigma RT = A$$

праворад

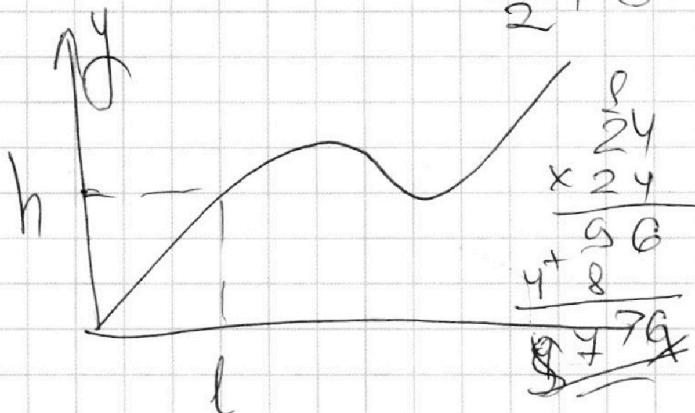
$$A_{41} = Q_{41} = -Q_{34} - Q_{12} - Q_{23} = \frac{5}{2}A - A - \frac{5}{2}A = -A$$

3) $h=0$

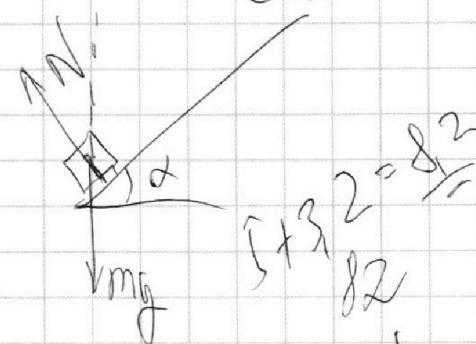
$$\frac{3}{2} \cdot 3pV + 3pV = \frac{15}{2}$$

$$\frac{9}{2} + 3 = \frac{15}{2}$$

$$\frac{ds}{\cos\alpha}, \frac{ds^2}{\cos^2\alpha}$$

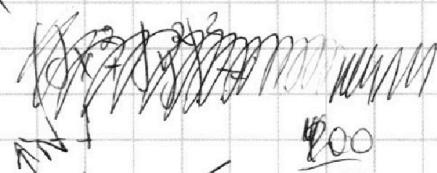


$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ + 8 \\ \hline 276 \end{array}$$



$$\cos\alpha = \frac{dx}{ds}$$

$$A_{tp} ds \cdot \frac{\mu mg}{\cos\alpha} =$$



$$\begin{aligned} 20,8 &= A_{tp} ds \cdot \frac{\mu mg}{\cos\alpha} \\ &= \frac{5}{104} \cdot \frac{10}{10} \end{aligned}$$

$$SD - \frac{1}{2} \cdot 36 = 10$$

$$mg \cos\alpha \cdot ds$$

$$-mg \cdot \cos\alpha = N$$

$$= 3,2$$

$$82 \cdot 4 = 320 + 14 = 544 \text{ дн.}$$



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!

$$5 \cdot 10 \cdot 0,6 = 30$$

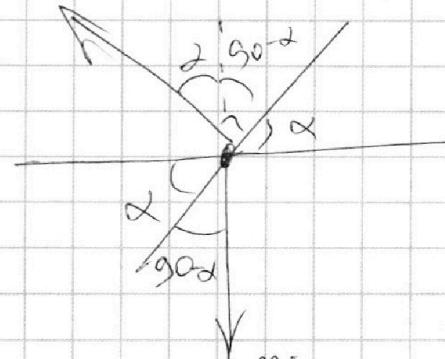
$$vt$$

$$\frac{gE^2}{2}$$

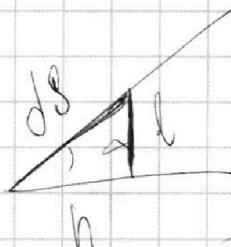
$$\frac{h}{\sqrt{3}}$$

$$H$$

$$S$$



$$\frac{JS^2}{cosh h} = \frac{JS^2}{h}$$



$$1 \quad v^2 = gh$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v^2 = 4gR$$

$$\Delta \varphi = S \frac{mg}{cos \alpha}$$

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

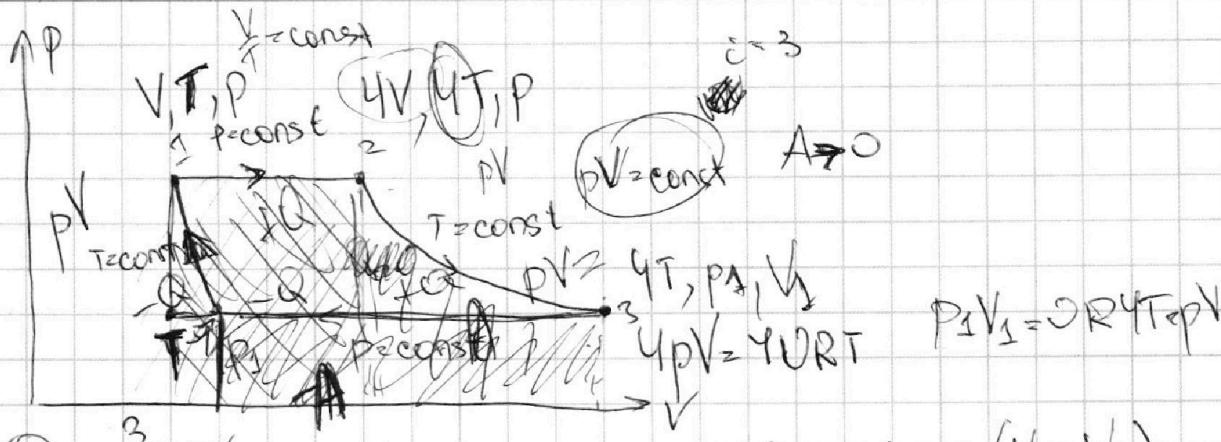
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



$$Q_{34} = \frac{3}{2}JR(T_4 - T_3) + A_{34} \quad JR(T_4 - T_3) = p(V_4 - V_3)$$

$$Q_{34} = \frac{3}{2}p(V_4 - V_3) + A_{34}$$

$$A_{34} = p(V_4 - V_3) \quad A = -A_{34}$$

~~T₃₄ = const~~

~~$$Q_{34} = \frac{3}{2}p(V_4 - V_3) + p(V_4 - V_3) =$$~~

~~$$= \cancel{\frac{3}{2}p} \left(\frac{3}{2} \neq 1 \right) p(V_4 - V_3) = \frac{1}{2}p(V_4 - V_3)$$~~

~~$$-p(V_4 - V_3) = A$$~~

~~WRONG~~

$$1) Q_{34} = -\frac{1}{2}A \Rightarrow Q_{34} = \frac{1}{2}A \quad \text{ORIGINAL}$$

~~JR = pV~~

$$Q_{24} = A$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}p3V + p3V =$$

$$p3V = 3JR$$

~~$$pV = JR$$~~

~~$$= \frac{15}{2}pV = \frac{15}{2}JR$$~~

~~$$A = 3JR$$~~

$$3pV \cdot \frac{5}{2}$$

~~$$A = 3JR$$~~

~~$$Q_{41} + Q_{34} + Q_{12} + Q_{23} = 0$$~~