



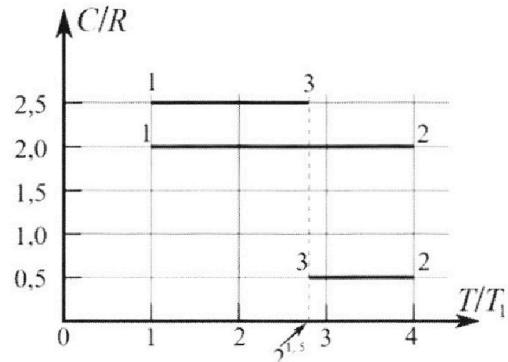
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



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

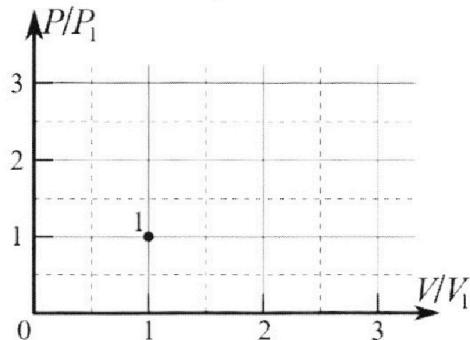
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



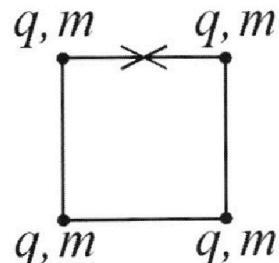
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

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.



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.

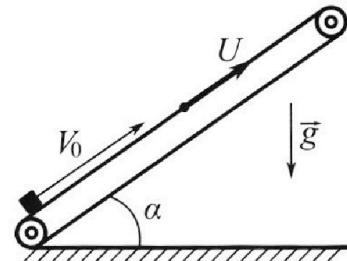
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

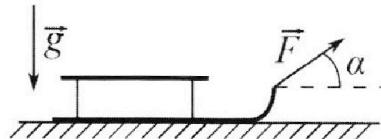
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.





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

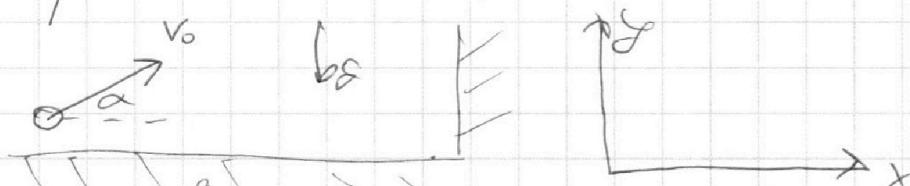
МФТИ

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

1) Из кинематики равнодействующее движение для максимальной бессоновской доставки можно представить:

$$V_0 - gT = 0 \Rightarrow V_0 = gT = 20 \frac{m}{s}$$

2) Ракета движется по параболе под произвольным углом α .



Уравнения движения ракеты в координатах x, y :

$$x(t) = V_0 \cos \alpha t$$

$$y(t) = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

Найдите T -время полета ракеты от старта до земли

$$\Rightarrow S = V_0 \cos \alpha \cdot T \Rightarrow T = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$H = y(T) = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2} (\tan^2 \alpha + 1)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha$$

$$\frac{gS^2}{2V_0^2} \tan^2 \alpha - S \tan \alpha + H + \frac{gS^2}{2V_0^2} (*)$$

Задача решена при ~~что~~ для максимальной бессоновской доставки можно представить:

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!

чтобы мячка стартовавший из зала
на границе просматриваемой области

⇒ (*) Достаточно иметь ~~же~~ мячко одно решение,
для этого достаточно приведение
дискриминанта 0

$$\Rightarrow 0 = S^2 - \frac{6gS^2}{V_0^2} \left(2H_{\max} + \frac{2S^2}{V_0^2} \right)$$

$$\frac{V_0^2}{g} = 2H_{\max} + \frac{2S^2}{V_0^2}$$

$$H_{\max} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2}$$

Подставим числа

$$H_{\max} = \frac{20^2}{20} \text{ м} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} \text{ м} = 20 \text{ м} - 5 \text{ м} = 15 \text{ м}$$

Однако: $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$H_{\max} = 15 \text{ м.}$$

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!

Начало сине $V_{\text{окн}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, но в ИСО движется
это будет $V'_{\text{окн}} = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

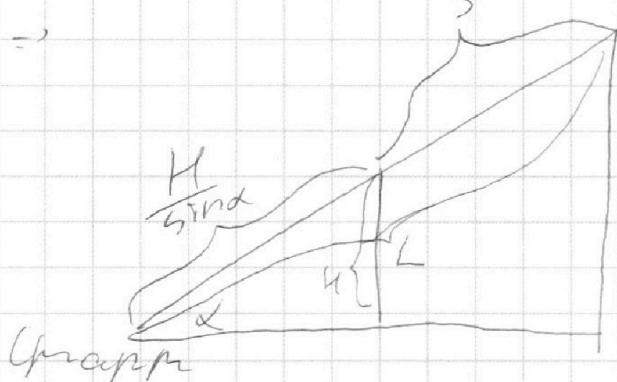
\Rightarrow время движения t' : $V_{\text{окн}} + a t' = V'_{\text{окн}}$

$$x = -2t' \Rightarrow t' = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

\Rightarrow в конце ходор ИСО груз опустится
на $S = \frac{1}{2} a t'^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,6^2 = 0,18 \text{ м}$

$$S = \frac{6 \cdot \frac{1}{3}}{2} = \frac{1}{3} \text{ м} = 0,33 \text{ м}$$

\Rightarrow



$$\frac{H}{\sin \alpha} = L - S = 0,33$$

$$H = \frac{1,8 - 0,33}{\sin \alpha}$$

$$H = 0,09 \text{ м} \cdot 0,8 = 0,072 \text{ м}$$

$$H = \frac{0,8^2}{3} = 0,21 \text{ м}$$

Ответ: $\varphi) \cancel{0,072} \text{ T} - 0,2 \text{ C}$

2) $L = 0,6 \text{ м}$

3) $\cancel{H = 0,072 \text{ м}}$

$$H = 0,21 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

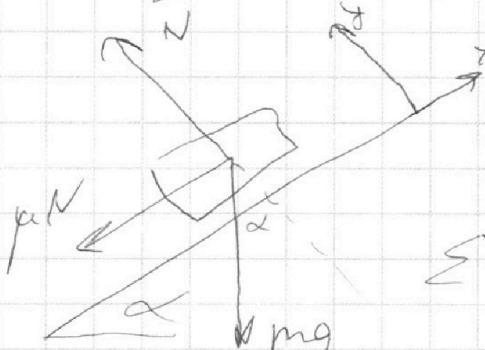
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

1) Распишем силы ($F_1 = \mu N$, т.к. есть проскальзывание), и найдем ускорение (3)



$$\sum F_y = 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\sum F_x = +mg \sin \alpha = \mu N = \mu mg \sin \alpha$$

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

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$$

$$a = -g(0,8 + \frac{0,6}{3}) = -\frac{13}{3} g = -\frac{13}{3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Из kinematics $\sqrt{v_0^2 + 2aT} = 0$

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

$$4 \frac{a}{2} \cdot T + S \frac{a}{2} \cdot T^2 = 1$$

$$5 \frac{a}{2} T^2 + 4 \frac{a}{2} \cdot T - 1 = 0$$

$$\Rightarrow T = \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 20}}{10} = \frac{-4 + \sqrt{36}}{10} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ c}$$

Выбираем знак \oplus перед дискриминантом, т.к. под условием $T > 0$

$$\cancel{\frac{-4 + \sqrt{36}}{10} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ c}}$$

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!

$$\begin{aligned} & \cancel{\frac{1}{12}} + \cancel{\frac{17}{3}} - \cancel{\frac{5,3}{26}} = \cancel{\frac{26}{26}} \quad (4) \\ & \cancel{\frac{1}{12}} + \cancel{\frac{17}{3}} - \cancel{\frac{5,3}{26}} = \cancel{\frac{26}{26}} \end{aligned}$$

2) Сила тяжести зависит от скорости
движка пропорционально массы, поэтому
перейдет в вес единице.

Масса движка и бруска
будет соответствовать скорости

$V_{\text{окн}} = U - C = 0$. К перемещению в
этот вес для самого бруска ответа напре-
дует прибавить перемещение единицы.

Начальное положение
и скорость движка в таком заме-
нии же момента $V_{\text{окн}} = 0$ не меняются

$$\Rightarrow a = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \text{ Нач. скорость } V_{\text{окн}} = V_0 - U = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Время движения } t \Rightarrow V_{\text{окн}} + at = 0$$

$$t = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с} \Rightarrow t = \frac{6}{26} = \frac{3}{13} \text{ с}$$

\Rightarrow перемещение в задан. весе

$$L = V_0 t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow L = 0,6 \cdot 0,2 + \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 0,12 + 0,2 = 0,32 \text{ м}$$

3) Теперь будем рассматривать движение
груза после достигнутой скорости U .

После этого момента движение движка
изменяется ~~коэффициентом~~ направлением, поэтому первое
ускорение $a' = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 10 \cdot 0,5 - 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



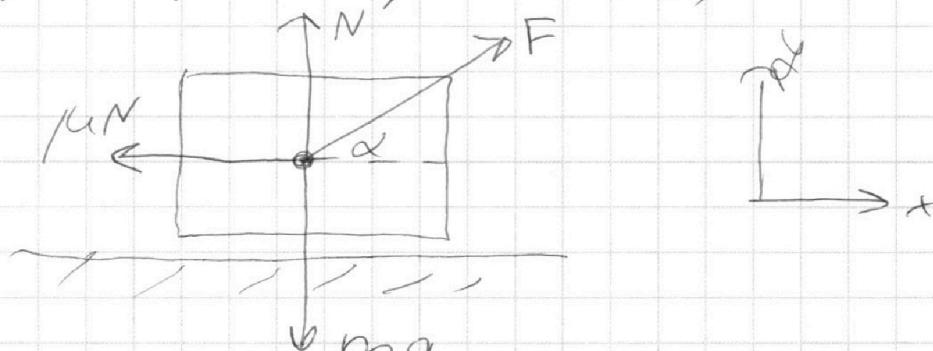
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Как как во ~~среди~~ разгонка силы и масса синхронизированы, то и ускорения поставлены
 \Rightarrow в обеих случаях ускорения должны быть равны ($V_0 = a t_0$) \Rightarrow сила тяжести равна ($F_{\text{норм}}$, или равнодействующая F_P)

1)



$$\sum F_y = 0 = N + F \sin \alpha - mg$$

$$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

$$\sum F_x = F_P = F \cos \alpha - \mu N$$

Здесь перед силами именем такие, потому что движение должно совершаться в сторону притяжения земли

$$\begin{aligned} F_P &= F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = \\ &= F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg \quad (*) \end{aligned}$$

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 |
| <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!

(7)

$$\cancel{N = mg} \quad \sum F_y = 0 = N - mg \\ \Rightarrow N = mg$$

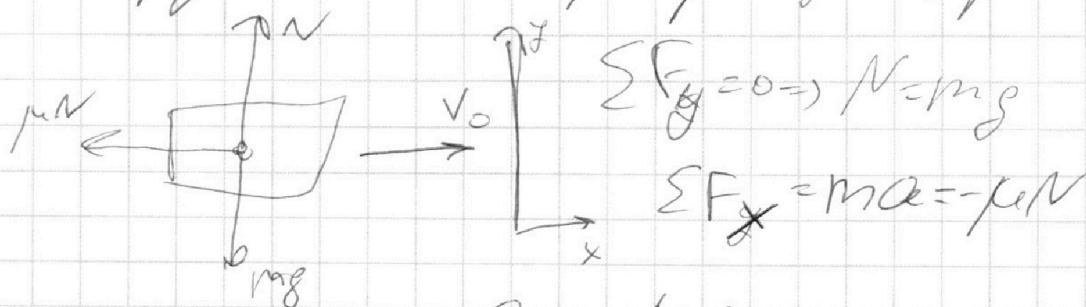
$$\sum F_x = F_p - F - \mu N = F - \mu mg \quad (**)$$

$$F_p = (\times) = (**) \Rightarrow F - \mu mg = F(\cos\alpha + \mu \sin\alpha) - \mu mg$$

$$\Rightarrow 1 = \cos\alpha + \mu \cancel{\sin\alpha}$$

$$\mu e = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} > 0 \text{ при всех } \alpha \in (0, \frac{\pi}{2})$$

P.S. Сила трения в обоих случаях равна μN , потому что происходит проскальзывание
Конечно ~~и это~~ сила действующая
на другом конце прекращения движущей F.



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = mg$$

$$\sum F_x = ma = -\mu N$$

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

Уже начальное движение равнозамедленное

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

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

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

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 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!

последнее 2-3: $PV^{\frac{2,5+2,5}{0,5+1,5}} = PV^2 = \text{const}$ (1)

$$P = \frac{C}{V^2} - \text{дл. прямая гипербола}$$

$$P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2 \Rightarrow P_3 = P_2 \frac{V_2^2}{V_3^2}$$

$$P_2 V_2 = 4 \sqrt{RT},$$

$$\Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = \frac{V_2}{\sqrt{2}}$$

$$P_3 V_3 = 2\sqrt{2} P_2 V_2, \quad \text{не верно}$$

$$P_3 = P_2 \cdot \frac{V_2}{\sqrt{2} V_3}$$

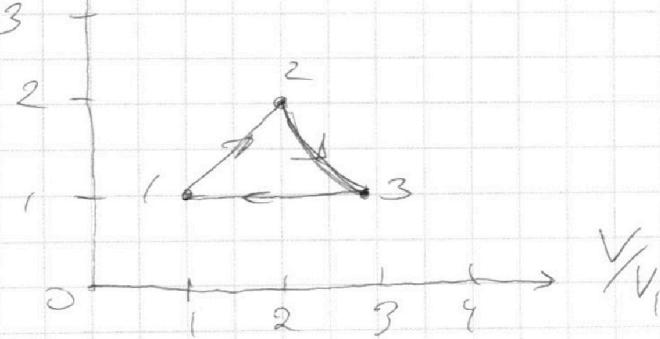
$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_3 \sqrt{2}} = \frac{V_2^2}{V_3^2} = V_3 = V_2 \sqrt{2} = 2\sqrt{2} V_1$$

$$P_3 = P_2 \cdot \frac{V_2}{V_3 \sqrt{2}} = \frac{V_2}{2\sqrt{2} V_2} \cdot 2P_1 = P_1$$

Очевидно $A_{1,2} = 4986 \text{ дм}^2$

2) $\eta = 14\%$

3) $\frac{P}{P_1}$



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"/> | <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!

$$PdV \left(\frac{C}{R} - \frac{5}{2} \right) = VdP \left(\frac{3}{2} - \frac{C}{R} \right) \quad (10)$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P} \left(\frac{\frac{3}{2}R - C}{C - \frac{5}{2}R} \right)$$

Проинтегрируем это уравнение

$$\ln V = \ln P + \frac{\frac{3}{2}R - C}{C - \frac{5}{2}R} + C' \quad \begin{array}{l} \text{без единиц} \\ \text{в степени} \\ \text{равенства} \end{array}$$

$$V = P^{\frac{\frac{3}{2}R - C}{C - \frac{5}{2}R}} \cdot C' \Rightarrow P^{\frac{C - \frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R - C}} = \text{const}$$

$$P^{\frac{C - \frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R - C}} V = C'' = \text{const}$$

Для процесса 1-2:

$$P^{-\frac{C - \frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R - C}} V = \text{const} \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const} \quad \begin{array}{l} \text{запись} \\ \text{уравнения} \end{array}$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{P_1} = \frac{V_2}{P_2} \quad \text{и} \quad P_1 V_1 = V_2 T_1$$

$$\frac{V_1}{P_1} = \frac{V_2}{P_2} \quad \text{и} \quad P_1 V_1 = V_2 T_1$$

$$P_2 V_2 = V_1 T_2$$

$$\Rightarrow \gamma P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad P_2 = \frac{\gamma P_1 V_1}{V_2} = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\Rightarrow \gamma V_1^2 = V_2^2 \Rightarrow V_2 = 2 V_1$$

$$\Rightarrow P_2 = 2 P_1$$

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"/> | <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) $C_{12} = 2R$

(8)

~~Нач ТД~~: $C_{12} \Delta T = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T + A_{12}$

$$A_{12} = (\sqrt{C_{12}} - \frac{3}{2} \sqrt{R}) \Delta T_{12}$$

$$A_{12} = \sqrt{2} R \cdot 3T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 8,31 \text{ К} = \\ = 6 \cdot 831 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

2) $Q_{12} = V C_{12} \Delta T = V \cdot 2R \cdot 3T_1 =$
~~1-2:~~ $= 6 \cdot 1 \cdot 831 \cdot \cancel{900} \text{ Дж} = 19944 \text{ Дж} > 0$

2-3: $C_{23} = 0,5 R$

4-2^{1,5}

$$Q_{2-3} = V C_{23} \cdot \Delta T_{23} = V \cdot 0,5 R \cdot (\cancel{4-2^1,5}) / \cancel{4}, 20 \\ = 0,5 R \cdot (\cancel{4-2^1,5}) / \cancel{4}, 20$$

~~V22~~ $V C_{23} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{23} + A_{23}$

$$A_{23} = V \Delta T_{23} \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right) R = -V R \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (4 - \sqrt{8}) \text{ К} \cdot 900 \text{ К}$$

$$\sqrt{8} \approx 2,83$$

$$\sim A_{23} = 8,31 \cdot 4 \cdot 1,17 \text{ Дж} \approx 3889 \text{ Дж}$$

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!

3-1: $C_{31} = \frac{5}{2} R$

$$Q_{31} = V C_{31} \Delta T_{31} = V C_{31} \cdot (T_{31} - T_0)$$

$$V C_{31} \Delta T_{31} = \frac{3}{2} V R \Delta T_{31} = A_{31}$$

$$V R \Delta T_{31} = A_{31} = V R (248 - 7) T_0 =$$

$$= -831 \cdot 4 \cdot 1,83 \text{ Дж} = -6083 \text{ Дж}$$

$$\Rightarrow n = \frac{A_{12} + A_{23} - A_{31}}{Q_{12}} = \frac{4986 + 3889 - 6083}{19944} =$$

$$= \frac{2792}{19944} = 14\%$$

3) Ведение уравнений начального:

для однотр. газа

$c = \text{const}$

$$dQ = \frac{3}{2} dV + P dV$$

$$dQ = P dV + V dP$$

$$\Rightarrow dT = \frac{P dV + V dP}{c}$$

$$dT (c - \frac{3}{2} R) = P dV$$

$$(P dV + V dP) \left(\frac{c}{R} - \frac{3}{2} \right) = P dV$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

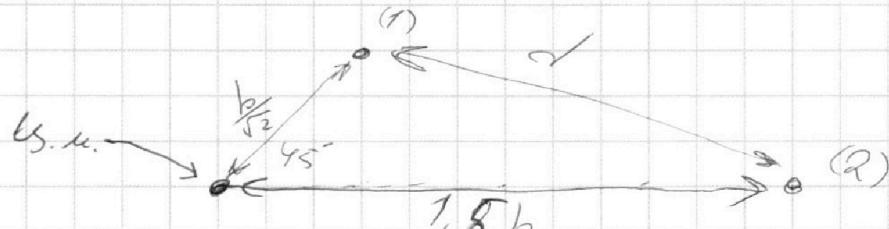


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Я нарисую на схеме рисунок начальное положение тж. правого верхнего (1) шарика и конечное (2)



(2) получше именно справа, а не слева, потому что система не враачается, а разъединяется (т.к. максимальное значение направления силы против друга)

По т. косинусов: $\cos(82^\circ)$

$$d^2 = \frac{b^2}{2} + \frac{b^2}{2} - 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{b}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1.5}{2} b =$$

$$= \frac{b^2}{2} + \frac{b^2}{2} - \frac{1.5}{2} b^2 = \frac{b^2}{2} \cdot (1,5 - 1.5) =$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{\frac{b^2}{2}} = \sqrt{\frac{b^2}{2}} \approx d = b\sqrt{1.25} = \cancel{b\sqrt{2.25}}$$

Ответ: 1) $T = \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b} (2\sqrt{2} + 1)$

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

3) ~~d = b\sqrt{2}~~ $d = 0,555b$

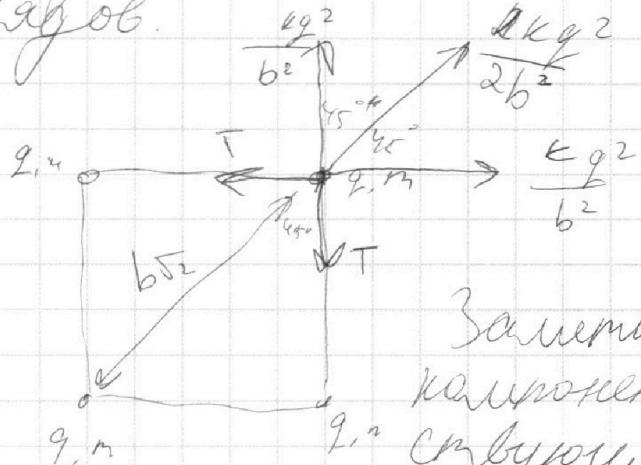


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

1) Задача, что до перенесения кирпича из Азии в Европу, на все заряды действовали одинаковые силы. Рассмотрим один заряд.



Задача, что
калькулятором
сolvorius перенесли
кирпичи с силами, дейст-
вующими на них
одинаково

$$\frac{kq^2}{2b^2} + 2 \cdot \frac{kq^2}{b^2} \cdot \cos(45^\circ) = 2T \cos(45^\circ)$$

$$T = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{4b^2 \cos^2 \alpha} = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}b^2}$$

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

2) Задача, что в лаборатории над шариками будут совершаться разные только силы тяжести ~~и электрические~~ ~~и магнитные~~ которых явно неизвестны. Найдем потенциал верхнего узла горизонтального

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"/> |

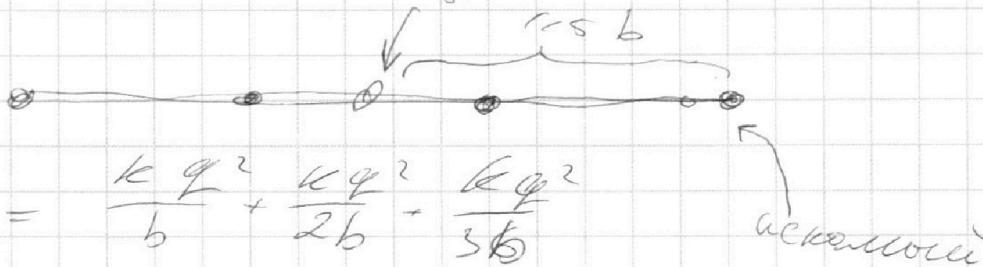
МФТИ

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

$$W_0 = +\frac{kq^2}{b} \cdot 2 + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} = +\frac{kq^2}{b\sqrt{2}} (2\sqrt{2} + 1) \quad (1)$$

И в конце.

б.и.



$$W_k = \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b}$$

$$W_k = +\frac{kq^2}{6b} \cancel{\text{+ } \frac{kq^2}{2b}}$$

$$\text{Зад: } W_0 = W_k + \frac{mV^2}{2}$$

$$+\frac{kq^2}{b} \left(2 \cancel{\frac{1}{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = +\frac{4kq^2}{b} \cancel{\frac{1}{2}} + \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{2} = -\frac{kq^2}{b} \left(\frac{11}{6} - 2 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \quad (2)$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{kq^2}{3mb} \left(1 + 3\sqrt{2} \right)} \quad (3) \quad \frac{kq^2}{6b} \left(1 + 3\sqrt{2} \right)$$

3) Так как на систему не действуют
никакие силы, то по м. о. система
всегда будет находиться
в центре координатного квадрата

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!

$$V_0 - g t = 0 \quad V_0 - gt = 20 \text{ м} \quad \text{чертеж выше} \quad N = mg - F \sin \alpha$$

$$V \cos \alpha t = S \quad t = \frac{S}{V \cos \alpha} \quad F_x = F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \cdot mg$$

$$V \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = H \quad \mu N \leftarrow \begin{array}{l} \uparrow F \\ \nwarrow F_p = F \cdot \mu \end{array} \quad \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$S \tan \alpha - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V^2} (\tan^2 \alpha + 1) = H \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\frac{gS^2}{2V^2} \tan^2 \alpha - S \tan \alpha + H + \frac{gS^2}{2V^2} = 0 \quad T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0}{\mu g^2}$$

$$S^2 - \frac{2gS^2}{2V^2} \left(H + \frac{gS^2}{2V^2} \right) = 0 \quad = \frac{V_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

~~$$\frac{V^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V^2} = H \quad \frac{mV^2}{2} = \frac{kq^2}{b} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{6} \right) =$$~~

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

$$V = \sqrt{\frac{kq^2}{3mb} (7 + 3\sqrt{2})}$$

$$\frac{20^2}{20} - \frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} = 20 - 5 = 15 \text{ м}$$

$$\frac{kq^2}{b^2} \rightarrow \frac{kq^2}{2b^2} \quad W_0 = 2 \cdot \frac{kq^2}{b} - \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} (2\sqrt{2} + 1)$$

$$\frac{kq^2}{2b^2} + \frac{kq^2}{b^2} \cos \sqrt{2} = T\sqrt{2} \quad W_1 = \frac{kq^2}{b^2} (1 + \frac{1}{6}) = \frac{kq^2}{6b}$$

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

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!

$$\begin{array}{r} 279200 \\ - 19944 \\ \hline 79760 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 59832 \\ - 19928 \\ \hline 39804 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,5-2,5 \\ - 0,5+2,5 \\ \hline -1+1 = 0 \end{array}$$

$$a = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = -10^{\text{th}} - 8 - \frac{6}{3} = -40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$4 \cdot 0,2 - \frac{10 - 0,2^2}{2} = 0,8 - 0,2 = 0,6$$

$$2 - 8$$

$$2 \cdot 1,41 = 2,82$$

$$0,64$$

$$\begin{array}{r} 0,64 \\ \times 6 \\ \hline 0,213 \end{array}$$

$$\sqrt{c} \delta T_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \delta T_{12} + A_{12}$$

$$A_{12} = 10 \cdot 0,5 \cdot 36000 \text{ к} \cdot 3,31$$

$$\begin{array}{r} 12465 \cdot 3 \\ \times 13 \\ \hline 37395 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ + 15 \\ \hline 4155 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ + 831 \\ \hline 1662 \end{array}$$

$$1,17$$

$$4$$

$$968$$

$$1$$

$$4986$$

$$3889$$

$$3324$$

$$388908$$

$$4986$$

$$3889$$

$$6083$$

$$2292$$

$$\begin{array}{r} 283 \\ 283 \\ + 899 \\ \hline 2264 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ 732 \\ + 1662 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 566 \\ 8089 \\ + 1662 \\ \hline 608292 \end{array}$$

$$1,17$$

$$4$$

$$968$$

$$1$$

$$4986$$

$$3889$$

$$3324$$

$$388908$$

$$4986$$

$$3889$$

$$6083$$

$$2292$$

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!

$$\begin{array}{r} 5300 \\ - 52 \\ \hline 100 \end{array}$$

$$16 \cdot 3 = 70 + 18 = 48$$

Черновская

$$\begin{array}{r} 4986 \\ - 3341 \\ \hline 8827 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ - 6 \\ \hline 4986 \\ - 6082 \\ \hline 2784 \end{array}$$

$$C \Delta T$$

$$6 \cdot 4 = 24$$

$$- 831$$

$$\begin{array}{r} 2744 \\ - 1372 \\ \hline 19944 \\ - 9972 \\ \hline 9972 \\ - 343 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 686 \\ - 4986 \\ \hline 19944 \\ - 1662 \\ \hline 3324 \\ - 24 \\ \hline 19944 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 34300 \\ - 2493 \\ \hline 9370 \\ - 7479 \\ \hline 1891 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 29 \\ - 29 \\ \hline 261 \\ + 58 \\ \hline 841 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 285 \\ - 285 \\ \hline 1925 \\ + 2280 \\ \hline 81225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 283 \\ - 283 \\ \hline 849 \\ + 2264 \\ \hline 80089 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \\ - 2479 \\ \hline 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,83 \\ - 4 \\ \hline 232 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 177 \\ - 84 \\ \hline 968 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ - 1843 \\ \hline 986 \\ + 3324 \\ \hline 3847,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} C - C_p \\ \hline C_v - C \\ \hline = P \\ C = P V \frac{C_v - C}{C - C_p} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 732 \\ - 831 \\ \hline 732 \\ + 2196 \\ \hline 5856 \\ - 6082,92 \end{array}$$

$$\nabla C \Delta T = \nabla C_v \Delta T = P dV$$

$$(P dV + V_d dP)(C - C_v) = P dV \cdot R$$

$$P dV (C - C_p) = - V dP (C - C_v)$$

$$\frac{dV}{V} \cdot \frac{(C - C_p)}{C_v - C_p} = \frac{dP}{P}$$



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 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!

процесс 2-3: ~~$p \propto \frac{V^2}{r}$~~ $\Rightarrow p = \text{const}$
 ~~$pV^2 = \text{const}$~~
 $V = p^{-\frac{1}{2}}$ - изобара; ~~изохора~~

$$\cancel{P_2 V_2 = P_3 V_3} \rightarrow \cancel{P_2} \cancel{V_2} \cancel{P_3} \cancel{V_3} \quad \cancel{P_2 V_2^2 = P_3 V_3^2 = P_3 = P_2 \cdot \frac{V_2}{V_3^2}}$$

$$P_2 V_2 = \gamma V R T, \quad \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = 2 \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{P_3 V_3} = 2 = \sqrt{2}$$
$$P_3 V_3 = 2^{\frac{1}{2}} V R T$$

$$P_3^2 = P_2^2 \frac{V_2^2}{2 V_3^2} = \cancel{P_2^2} \cancel{V_2^2} \cancel{P_2^2} \cancel{V_3^2}$$

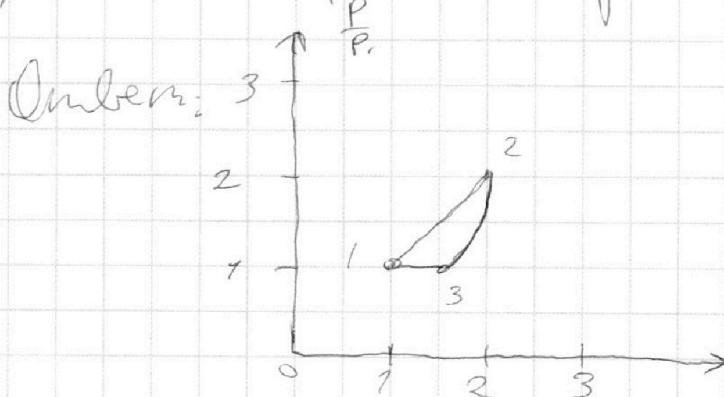
$$\Rightarrow \frac{V_3^2}{2 V_3^2} = 1 \Rightarrow V_3 = \sqrt{2} V_2 = \sqrt{2} \sqrt{2} V_1 = 2\sqrt{2} V_1 \approx 2,82 V_1$$

=1

$$\Rightarrow \cancel{P_2 V_2} \cancel{P_3 V_3} = \cancel{P_2} \cancel{V_2} \cancel{P_3} \cancel{V_3}$$

$$P_3 = \frac{P_2 V_2^2}{V_3^2} = \cancel{P_2^2} \cancel{V_2^2} \cancel{P_3^2} = P_1$$

Процесс 3-1: ~~$p \propto \frac{V^2}{r}$~~ $V = p = \text{const}$ - изодара



$$A_{1,2} = 4986 \text{ J}$$

$$\eta = 19\%$$



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!

$$\nabla c dT = \nabla c_v dT = P dV$$

$$\underbrace{P dV + V dP}_{\cancel{\text{B}}} (c - c_v) = P dV \cdot R$$

$$P dV (c - c_p) = V dP (c_v - c_p)$$

$$\frac{dV}{V} \cdot \frac{c - c_p}{c_v - c} = \frac{dP}{P}$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{c_v - c}{c - c_p} dV$$

$$P \frac{c_v - c}{c - c_p} = V \cdot c$$

$$V^{-1} \cdot P \frac{c_v - c}{c - c_p} = c$$

$$P V \frac{c_v - c}{c - c_p} = c$$

$$\frac{26}{3} \cancel{P} \cdot \frac{3}{13} \cdot \frac{3}{13}$$

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

$$\begin{array}{r} 900 | 13 \\ -78 \\ \hline 120 \\ -112 \\ \hline 30 \end{array}$$