

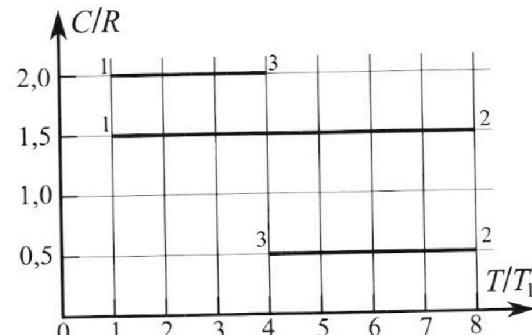
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

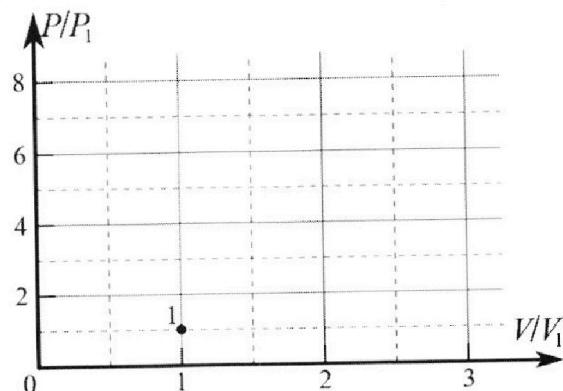


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

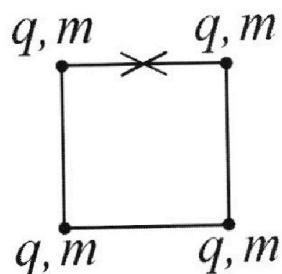


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K 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)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

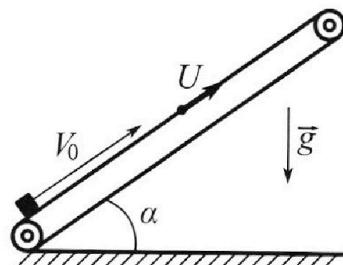
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.). В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$. Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

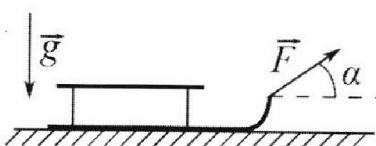
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

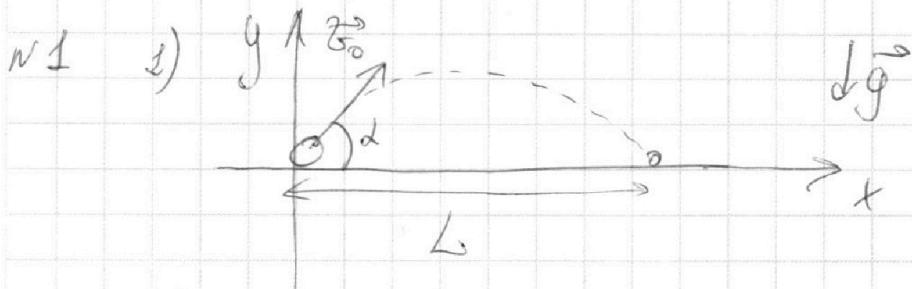
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Уравнения зависимости координат мяча от времени
шагов \vec{r}_0 и \vec{g}

$$x(t) = z_0 \cos \alpha t$$

$$y(t) = z_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

В момент падения $y=0$, $x=L$
из га:

$$\begin{cases} z_0 \cos \alpha t = L \\ z_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0 \end{cases}$$

из второго ур-ния имеем корень $t=0$
 $t = \frac{2z_0 \sin \alpha}{g}$

подставляем второй корень в первое уравнение, получаем

$$\frac{z_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = L$$

$$z_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin^2 90^\circ}} = \sqrt{200} \text{ м} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

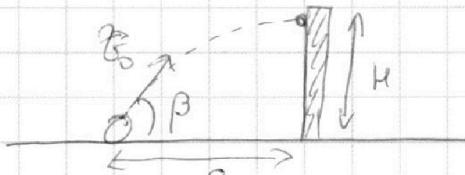


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

2)



по условию наибольшая высота, на которой проходит
касание, равна H, то есть H - наивысшая точка
траектории
меньше проходит эту точку в момент времени, ровно
когда в бремя пути

$$t = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$$

Ур - это y-координата

$$H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{v_0 \sin \beta}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 3,6 m}{200 \frac{m}{s^2}}} = 0,6$$

β - угол

$$\cos \beta = 0,8 ; \sin 2\beta = 2 \sin \beta \cos \beta = 0,96$$

Ур - это x-координата

$$S = v_0 \cos \beta \cdot \frac{v_0 \sin \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{2g} = \frac{200 \frac{m}{s^2} \cdot 0,96}{20 \frac{m}{s^2}} = 96 m$$

Ответ: 1) $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$

2) $S = 96 m$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

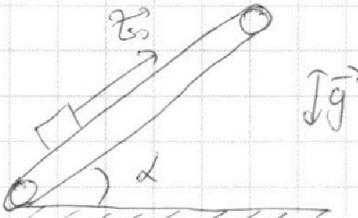
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

N2 1)



$$\begin{array}{ll} \sin \vartheta = 0,6 & \vartheta_0 = 6^\circ 4' / c \\ \cos \vartheta = 0,8 & \mu = 0,15 \end{array}$$

Сила трения
караивает
против
скорости

$$Q_x: ma = \mu N + mg \sin \alpha$$

$$Q_x: ma = \mu N + mg \sin \alpha$$

Сила превыше
направлена
против
скорости

$$ma = \mu mg \cos \theta + mg \sin \theta$$

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

$$S(t) = Z_0 t - \frac{a t^2}{2} = Z_0 t - \frac{g(u \cos \alpha + s \sin \alpha)}{2} t^2$$

$$S(T) = 6 \frac{\%}{C} \cdot 1e - \frac{10^4 C^2 (0,5 - 0,8 + 0,6)}{2} \cdot 1C^2 = 8 \mu$$

Непрерывный в систему определения места,
тогда это + пункт Авангард (н. 4),
то в то время как скорость падения 3°-4°

$$a = g(u \cos \theta \hat{i} + u \sin \theta \hat{j})$$

Когда скорость воронки достигает величины U , отрывается кусок дна воронки и отрывается.

$$T_3 = \frac{z_0 - 4}{a} = \frac{z_0 - 4}{g / (a \cos \alpha + s \sin \alpha)} = \frac{5^{et} / c}{10^4 \frac{N}{c^2} / (0,5 - 0,8 + 0,6)} = 0,5 c$$

3) за време звукового T_1 коробка проїде n м.

$$\Delta S_1 = 2.71 - \frac{a_{T_f}^2}{2} = 1.75 \text{ J/K}$$

(лента движется равномерно, то есть ускорение a однозначно в лабораторной системе отсчета и в системе отсчета ленты)

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

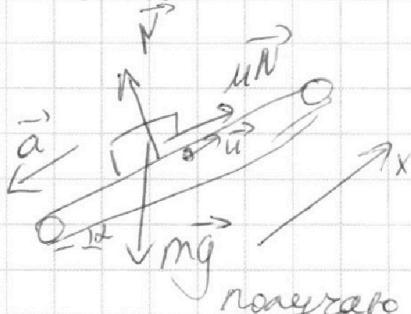


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

рассмотрю движение коробки после того, как она
осталась висеть от ее сцепления левого:



Лента тянет коробку вверх \Rightarrow
 \Rightarrow сила трения тоже направлена
вверх

рассмотрю проекции син на O_x ,
получаем:

$$ma = mg \sin \angle - \mu mg \cos \angle$$

$$a = g (\sin \angle - \mu \cos \angle) = 2 \frac{\mu}{c^2} \text{ , и это ускорение
направлено вниз
вдоль ленты}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= U_0 t_2 - \frac{a_0 t^2}{2} = \frac{U^2}{2a} = \\ &= \frac{\frac{1}{4} \frac{\mu}{c^2}}{\frac{4 \mu}{c^2}} = 0,25 \text{ м} \end{aligned}$$

суммарный путь S . Всегда все перемещения равны

$$S = S_1 + S_2 = 1,75 \text{ м} + 0,25 \text{ м} = 2 \text{ м}$$

Orbits: 1) $S = 1 \text{ м}$

2) $T_1 = 0,5 \text{ с}$

3) $L = 2 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

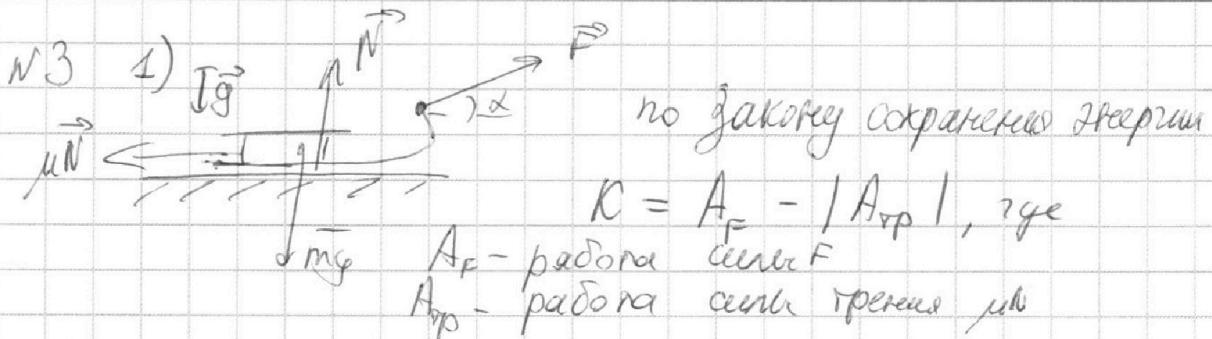
6

7

МФТИ



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



$$A_F = FS \cos \alpha, \text{ где } S - путь, \text{ который проходит сила}$$

$$|A_{ap}| = \mu NS = \mu (mg - F \sin \alpha) S$$

из IIз. Механика

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

$$(1) K = FS \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) S = FS(\mu \sin \alpha + \cos \alpha) - \mu mg S$$

закон сохранения энергии

$$K = A_F - |A_{ap}|$$

$$A_F = FS$$

$$|A_{ap}| = \mu NS = \mu mg S$$

из IIз. Механика $N = mg$

$$K = FS - \mu mg S$$

$$F = \frac{K}{S} + \mu mg$$

подставив это выражение в выражение (1)

$$K = \left(\frac{K}{S} + \mu mg \right) (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) S - \mu mg S$$

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!

$$\frac{F}{S} = \frac{k}{s} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) + \mu mg (\mu \sin \alpha + \cos \alpha - 1)$$

$$\mu^2 mg \sin \alpha + \mu mg (\cos \alpha - 1) + \frac{k}{s} \sin \alpha + \frac{k}{s} (\cos \alpha - 1) = 0$$

$$\mu^2 mg \sin \alpha + \mu (mg (\cos \alpha - 1) + \frac{k}{s} \sin \alpha) + \frac{k}{s} (\cos \alpha - 1) = 0$$

$$D = \frac{m^2 g^2 (\cos \alpha - 1)^2}{s^2} + \frac{k^2}{s^2} \sin^2 \alpha + 2mg \frac{k}{s} \sin \alpha (\cos \alpha - 1) -$$

$$- 4mg \frac{k}{s} \sin \alpha (\cos \alpha - 1) = (mg (\cos \alpha - 1) - \frac{k}{s} \sin \alpha)^2$$

$$-mg(\cos \alpha - 1) - \frac{k}{s} \sin \alpha \pm mg(\cos \alpha - 1) = \frac{k}{s} \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{-2mg(\cos \alpha - 1)}{2mg \sin \alpha}$$

Будем искать минимальное значение

$$\mu = \frac{-2mg(\cos \alpha - 1)}{2mg \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

2) μ_{\min} при торможении рабочих

$$S = \frac{v_0^2}{2a} \quad \text{из условия} \quad K = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$S = \frac{2K}{2m \cdot \mu g} = \frac{\cancel{K}(1-\cos \alpha)}{mg \sin \alpha} = \frac{k \sin \alpha}{mg(1-\cos \alpha)}$$

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

$$2) S = \frac{k \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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!

№ 4 для произвольного политропического процесса
справедлива формула

$$pV^n = \text{const} , \text{тогда}$$

$$dU = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} ((p + dp)(V + dV) - pV) = \\ = \frac{3}{2} (pdV + Vdp + dpdV) = \frac{3}{2} (pdV + Vdp)$$

или
приращение
как
перемена
массы

Величина вторую
перемену массы ≈ 0

также известно,
что приращение работы газа

$$\partial A = pdV$$

$$dQ = \partial A + dU = \frac{5}{2} pdV + \frac{3}{2} Vdp$$

$$pV^n = \text{const}$$

$$d(pV^n) = 0$$

$$V^n dp + p \cdot n V^{n-1} dV = 0$$

$$Vdp + npdV = 0$$

$$Vdp = -npdV \quad \text{- подставь в формулу } dQ$$

$$dQ = \frac{5}{2} pdV - \frac{3}{2} npdV = pdV \left(\frac{5}{2} - \frac{3}{2} n \right) \quad |(1)$$

уравнение Каули-Рота-Менделесова

$$pV = \gamma RT$$

$$\gamma R dT = pdV + Vdp = (\text{исходное уравнение так же работы}) \\ = pdV (1-n)$$

$$pdV = \frac{\gamma R dT}{1-n} \quad \text{- подставь в формулу (1)}$$

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!

$$\begin{aligned} dQ &= \frac{\partial R dT}{1-n} \left(\frac{5}{2} - \frac{3}{2}n \right) = \frac{\partial R dT}{2} \cdot \frac{5-3n}{1-n} = \\ &= \frac{\partial R dT}{2} \left(3 + \frac{2}{1-n} \right) = \partial R dT \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} \right) \end{aligned}$$

координально ёмкость:

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad \left(\text{при } T = 1 \text{ мол. Я здесь и далее} \right. \\ \left. \text{не буду писать химического} \right. \\ \left. \text{состава} \right)$$

$$C = \frac{\partial R dT \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} \right)}{\partial T} = R \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} \right)$$

$$\frac{C}{R} = \frac{3}{2} + \frac{1}{1-n}$$

3) пересмотр уравнения в $(\frac{P}{P_1}, \frac{V}{V_1})$ координатах

$$[\text{участок } 1 \rightarrow 2] \quad C = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{3}{2} = \frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} ; \quad \frac{1}{1-n} = 0$$

$n \rightarrow \infty$ - изокориевый процесс

$$V_1 = V_2$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_2}{8T_1} \Rightarrow P_2 = 8P_1$$

$$[\text{участок } 2 \rightarrow 3] \quad C = \frac{1}{2} R$$

$$\frac{1}{2} = \frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} ; \quad \frac{1}{1-n} = -1 ; \quad n = 2$$

$$PV^2 = \text{const} \Rightarrow P \sim \frac{1}{V^2}$$

$$[\text{участок } 3 \rightarrow 1] \quad C = 2R$$

$$2 = \frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} ; \quad \frac{1}{1-n} = \frac{1}{2} ; \quad n = -1$$

$$P \sim V$$



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!

№ 4 продолжение, участок 3 → 1 на диаграмме

$p = \lambda V$, где λ - некоторой константой

Здесь точка 1, видно, что $\lambda = \frac{p_1}{V_1}$

Найду координаты точки 3;

$$p_3 V_3^2 = p_2 V_2^2 \quad p_3 V_3^2 = 8 p_1 \cdot V_1^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \\ \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \end{array} \right. \quad ; \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \end{array} \right.$$

$$V_3^3 = 8 p_1^3$$

$$V_3 = 2 p_1$$

$$p_3 = 2 p_1$$

Теперь могу построить диаграмму:

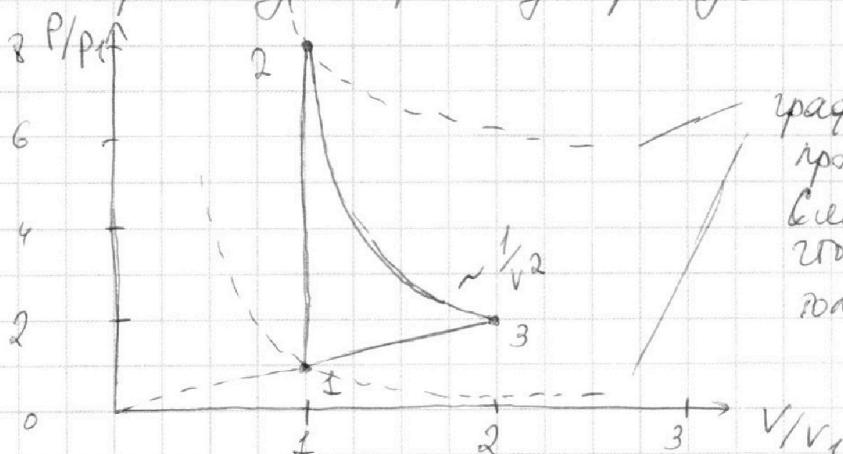


диаграмма адиабатических процессов.

Следующую видно,
что "нареватель работы"
только на участке 1 → 2

3) Работа газа на участке 3 → 1 есть площадь под
графиком со знаком "-"

Работа внешних сил есть площадь под графиком

$$A_{31} = \frac{p_1 + p_3}{2} \cdot V_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

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!

2) $\eta = \frac{A_y}{Q_1}$, где A_y - работа газом за цикл
 Q_1 - кон-в. тепло в., получаемое
газом

$$Q_1 = Q_{12} \quad (\text{у3 н. 3})$$

$$Q_1 = Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (8p_1 V_1 - p_1 V_1) = \frac{21}{2} p_1 V_1$$

$$A_y = |A_{23}| - |A_{31}| \quad (\text{работа - это}\braket{\text{получаемое газом}})$$

$$A_{23} = \int_{V_2}^{V_3} p(V) dV$$

$$p(V) = \frac{c}{V^2}, \text{ где } c - \text{коэффициент}$$

$$c = \frac{p_1 V_1^2}{2V_1}$$

$$A_{23} = \int_{V_1}^{2V_1} \frac{8p_1 V_1^2}{V^2} dV = 8p_1 V_1^2 \int_{V_1}^{2V_1} \frac{dV}{V^2} = 8p_1 V_1^2 \left(-\frac{1}{V} \right) \Big|_{V_1}^{2V_1} =$$
$$= 8p_1 V_1^2 \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{2V_1} \right) = 4p_1 V_1$$

$$|A_{31}| = \frac{3}{2} p_1 V_1 \quad (\text{у3 н. 2})$$

$$A_y = 4p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{5}{2} p_1 V_1$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{2} p_1 V_1}{21 p_1 V_1} = \frac{5}{21}$$

Ortsber: 1) $A_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_1$

2) $\eta = \frac{5}{21}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

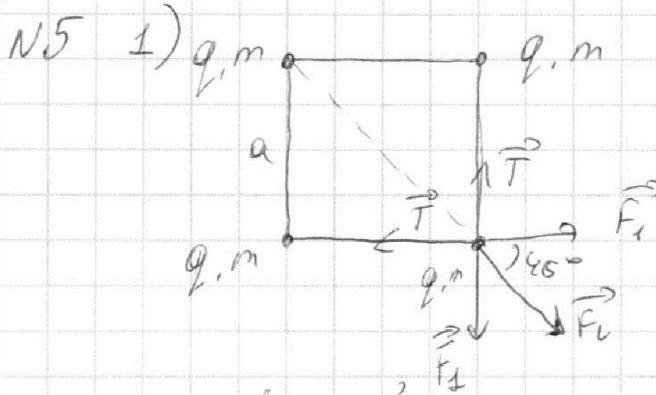
решение которой представлено на странице:



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



F_1 - сила взаимодействия
между соседних шариков

F_2 - сила взаимодействия
шариков, находящихся на
концах диполиса

суммарная сила равна

$$F_{\Sigma} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$$

и направлена по биссектрисе
угла между

$$F_1 = \frac{l}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2a^2}$$

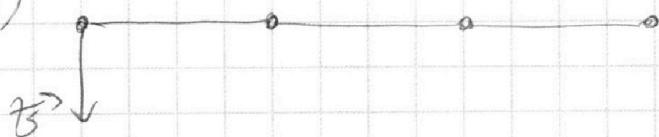
по II з. Ньютона

$$F_3 = T\sqrt{2}$$

$$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = \frac{q^2 (2\sqrt{2} + 1)}{8\sqrt{2} \pi \epsilon_0 a^2}$$

$$|q| = \sqrt{\frac{8\sqrt{2} \pi \epsilon_0 T a^2}{2\sqrt{2} + 1}}$$

2)



Будет рассмотрен
крайний (верхний)
шарик

В начале смотрим:

$$W^n = 2W_1^n + W_2^n \quad \left(W^n - \text{поглощаемое Энергия диполю} \right)$$

(поглощаемая энергия, индексов 1 и 2
активирует также же 6 н.д.)

$$W^n = 2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a\sqrt{2}} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$



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 checked="" 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!

Б) 2 случая суммарной энергии будет различна

$$E_B = \frac{m\beta^2}{2} + W_a^n + W_{2a}^n - W_{3a}^n, \text{ где шесть } a; 2a; 3a \text{ образуют различные} \\ \text{ между мерцаниями}$$

$$E_B = \frac{m\beta^2}{2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right)$$

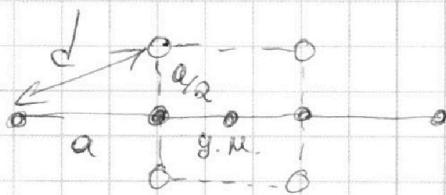
$$\text{но закон сохранения энергии } E_B = W^n$$

$$\frac{m\beta^2}{2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{11}{6} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\frac{m\beta^2}{2} = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\beta = q \sqrt{\frac{\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}}}{2\pi\epsilon_0 a m}}$$

3) система зарядов асимметрична, поэтому общий центр масс не изменяет свою позицию



$$d = \sqrt{a^2 + \frac{(2a)^2}{4}} = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

$$\text{Ответ: 1) } |q| = \sqrt{\frac{802 \pi \epsilon_0 a \Gamma}{252+1}}$$

$$2) \beta = q \sqrt{\frac{46 + 4\sqrt{2}}{2\pi\epsilon_0 a m}}$$

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

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

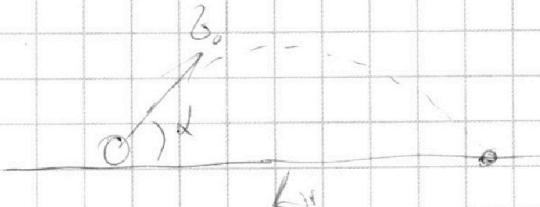
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$x = v_0 \cos \alpha_0 t$$

$$x = L$$

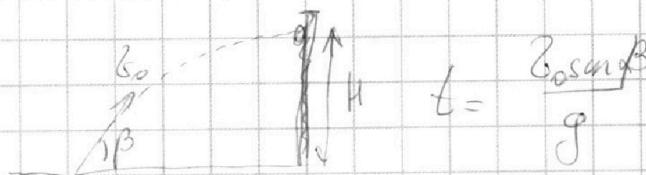
$$y = v_0 \sin \alpha_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = 0$$

$$v_0 \sin \alpha_0 t = \frac{gt^2}{2} \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}$$

$$L = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha_0}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin 93^\circ}} = \sqrt{200}$$



$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{2g h}{v_0^2} \quad \sin \beta = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 36}{200}} =$$

$$= \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$\cos \beta = 0,8 \quad \sin 2\beta = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,96$$

$$S = x \left(t = \frac{v_0 \sin \beta}{g} \right) = v_0 \cos \beta \cdot \frac{v_0 \sin \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{2g} =$$
$$= \frac{200 \cdot 0,96}{20} = 96 \text{ m}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



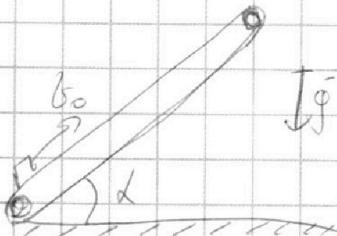
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ

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

N2

1)



$$\sin \alpha = 0,6 \quad \alpha = 6^\circ / c$$

$$\mu = 0,8$$

$$\cos \alpha = 0,8$$

$$Q: ma = \mu N + mg \cdot \sin \alpha$$

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

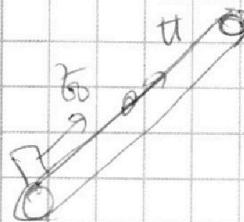
$$ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

$$S = \alpha t - \frac{\alpha t^2}{2} = \alpha t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2} =$$

$$= 6 \cdot 1 - \frac{10(0,8 \cdot 0,8 + 0,6) \cdot 1^2}{2} = 6 - 5 = 1 \text{ m}$$

2)



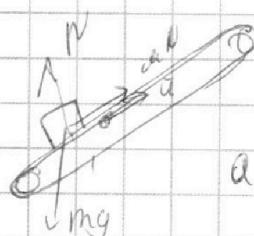
$$= \alpha t - \frac{\alpha t^2}{2} = \alpha t - \frac{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) t^2}{2} =$$

$$= 3 - \frac{10 \cdot 0,25}{2} = 1,75 \text{ m}$$

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

$$T_2 = \frac{\alpha t - 4}{a} = \frac{\alpha t - 4}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{1,75 - 4}{10(0,8 \cdot 0,8 + 0,6)} = -95 \text{ s}$$

3)



$$mg \sin \alpha = 6 \text{ m}$$

предположим $\mu N = \mu mg \cos \alpha = 4 \text{ m} \Rightarrow$ тело скользит
относительно неподвижной земли

$$a = 2 \cdot g^2 \Rightarrow \alpha t = 0,8 \text{ s}$$

$$S = u_0 t - \frac{\alpha t^2}{2} = 0,5 - 0,15 = 0,35 \text{ m}$$

$$L = S = 1,75 + 0,35 = 2 \text{ m}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

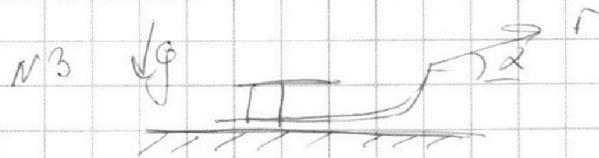
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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



$$K = A_F - |A_{sp}|$$

$$A_F = F \cdot S_1 \cdot \cos \alpha$$

II₃. Нескользка

$$|A_{sp}| \approx \mu N S_1 \approx$$

$$mg = F_{\text{сн}} \cos \alpha + N$$

$$= \mu (mg - F_{\text{сн}} \cos \alpha) S_1$$

$$N = mg - F_{\text{сн}} \cos \alpha$$

$$K = FS_1 \cos \alpha - \mu mg S_1 + \mu FS_1 \sin \alpha = FS_1 (\cos \alpha + \sin \alpha) - \mu mg S_1$$



$$K = A_F - |A_{sp}|$$

$$A_F = FS_2$$

II₃. Нескользка

$$|A_{sp}| = \mu NS_2 = \mu mg S_2$$

$$mg = N$$

$$K = FS_2 - \mu mg S_2$$

$$S_1 = S_2$$

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

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

$$F \cos \alpha = \mu (mg - F_{\text{сн}} \cos \alpha)$$

$$F = \mu mg$$

~~$$F(\sin \alpha + \cos \alpha)$$~~

$$S = \frac{S^2}{2a} = \frac{2k}{2ma} = \frac{k}{ma} = \frac{k}{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg} = \frac{k}{F - \mu mg}$$

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

$$a_2 = F - \mu mg$$

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!

$$F = \frac{k}{s} + \mu mg$$

$$\left(\frac{k}{s} + \mu mg\right)(\sin \alpha + \cos \alpha) s - \mu mg s = k$$

$$\frac{k}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha) + \mu mg (\sin \alpha + \cos \alpha - 1) = \frac{k}{s}$$

$$\mu mg (\sin \alpha + \cos \alpha - 1) = \frac{k}{s} (1 - \sin \alpha \cos \alpha)$$

~~$$\mu mg = -\frac{k}{s}$$~~

~~$$k = -\mu mg s$$~~

$$\mu^2 mg \sin \alpha + \mu mg (\cos \alpha - 1) + \mu \frac{k}{s} \sin \alpha = \frac{k}{s} (1 - \cos \alpha)$$

$$\mu^2 mg \sin \alpha + \mu (mg (\cos \alpha - 1) + \frac{k}{s} \sin \alpha) = -\frac{k}{s} (1 - \cos \alpha) = 0$$

$$D = m^2 g^2 (1 - \cos \alpha)^2 + \frac{k^2}{s^2} \sin^2 \alpha + 2mg \frac{k}{s} \sin \alpha (\cos \alpha - 1) + 9mg \frac{k}{s} \sin \alpha (1 - \cos \alpha) = \\ = (mg (\cos \alpha - 1) - \frac{k}{s} \sin \alpha)^2$$

$$\mu = \frac{-mg (\cos \alpha - 1) - \frac{k}{s} \sin \alpha \pm mg (\cos \alpha - 1) + \frac{k}{s} \sin \alpha}{2mg \sin \alpha}$$

$$\mu = \frac{-2mg (\cos \alpha - 1)}{2mg \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{k}{mg \tan \alpha}$$

$$S = \frac{z^2}{2\mu g} = \frac{2k}{2\mu mg} = \frac{k}{\mu mg} = \frac{k}{mg \tan \alpha} = \frac{k \sin \alpha}{mg (1 - \cos \alpha)}$$

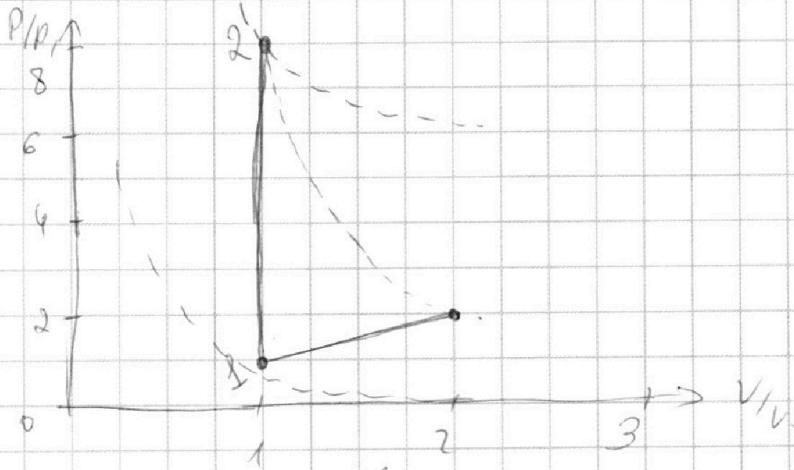
На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДНУ** задачу.

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!



~~$J = \frac{A}{Q_1}$~~

попутрона

$$pV^n = \text{const} \quad p = \frac{J}{V} \quad V^n = \frac{C}{p}$$

$$\delta U = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} ((p + \delta p)(V + \delta V) - pV) = \\ = \frac{3}{2} (p\delta V + V\delta p) = \frac{3}{2} p\delta V (1 - n)$$

$$V \frac{dp}{dV} + p_n V^{n-1} \frac{dV}{dV} = 0 \quad \partial A = p \delta V$$

$$Vdp + npdV = 0 \quad \delta Q = p \delta V$$

$$Vdp = -npdV \quad \delta Q = p \delta V \left(\frac{5}{2} - \frac{3}{2} n \right) =$$

$$\partial R \delta T = pV$$

$$= \frac{\partial R \delta T}{2} \frac{5-3n}{1-n} =$$

$$\partial R \delta T = pdV + p' dp =$$

$$= pdV (1 - n)$$

$$= \frac{\partial R \delta T}{2} \left(3 + \frac{2}{1-n} \right) =$$

$$pdV = \frac{2R \delta T}{1-n}$$

$$= \partial R \delta T \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{1-n} \right)$$

1) изобара

$$pV^{\alpha} = \text{const}$$

$$C = \frac{3}{2} + \frac{1}{1-n}$$

$$C = \frac{5}{2}$$

2) изокора $p = \frac{C}{V^{\alpha}}$ $C = \frac{3}{2}$ 4) изоэнтальпа

3) изотерма $p = \frac{C}{V}$ $C \rightarrow \infty$

$$pV^{\alpha} = \text{const} C = 0$$

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!

$$C = \frac{3}{2} + \frac{1}{1-n}$$

$$2 \rightarrow 3$$

$$C = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{1-n} = -1 \quad n = 0.2$$

$$p \sim \frac{1}{V^2}$$

$$3 \rightarrow 1$$

$$C = 2 \Rightarrow \frac{1}{1-n} = \frac{1}{2} \quad n = -1$$

$$pV^2 = \text{const}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const} \Rightarrow p = A V$$

$$A = -\frac{3}{2} \quad p_1 V_1 = \frac{p_1 + p_3}{2} \cdot (V_3 - V_1) =$$

$$= \frac{A(V_3 + V_1)}{2} \cdot (V_3 - V_1) = +\frac{3}{2} A V_1^2$$

$$V_3^2 - V_1^2 = +3 V_1^2$$

$$V_3^2 = 4 V_1^2$$

$$V_3 = 2 V_1$$

$$p_3 = 2 p_1$$
~~$$8p_1 \cdot V_1^2 = 2p_1 \cdot$$~~

$$C = 8p_1 V_1^2$$

$$p = \frac{8p_1 V^2}{V^2}$$

$$A_{23} = \int \frac{8p_1 V^2}{V^2} dV = 8p_1 V^2 \int \frac{dV}{V^2} +$$

$$= 8p_1 V^2 \int V^{-2} dV =$$

$$= 8p_1 V^2 \left(-\frac{1}{V} \right) \Big|_{V_1}^{V_3} = 8p_1 V_1^2 \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{2V_1} \right) = 4p_1 V_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

2 → 3

$$U_2 = \frac{3}{2} \cdot RT \quad (0 = 2 \text{ моль})$$

$$U_3 = \frac{3}{2} RT$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} R \cdot 4T_1 = 6RT_1$$

$$\frac{A_{23} + 6RT_1}{RT_1} = 0,5$$

$$\frac{A_{23}}{RT_1} + 6 = 0,5$$

$$A_{23} = -5,5RT_1 \quad A_{23} = -5,5p_1V_1$$

3 → 1

$$T_3 = 4T_1$$

$$T_2 = T_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} 2R (T_3 - T_2) = \\ = \frac{3}{2} R \cdot (-3T_1) = -\frac{9}{2} RT_1$$

$$C = \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{T}} = \frac{Q_{31}}{\sqrt{T_{31}}} = \frac{Q_{31}}{-3T_1} = 2R$$

$$Q_{31} = -6RT_1 = A_{31} \neq -\frac{9}{2} RT_1 \neq$$

~~$$A_{31} = 10,5RT_1 \quad A_{31} = -1,5RT_1$$~~

$$A_{31} \text{ Вместе} = 1,5RT_1 = 1,5 \cdot 100k \cdot 8,31 =$$

$$= 1,5 \cdot 831 = 1246,5 \text{ Дж}$$

$$2RT_1 = p_1 V_1 = RT_1$$

$$A_{31} = -1,5 p_1 V_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

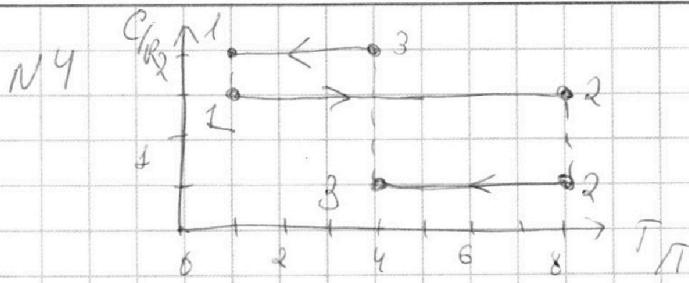
решение которой представлено на странице:



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



$$R = 8,31$$

$$T_1 = 200K$$

$$C = \frac{3}{2}R \rightarrow \text{изокорный процесс}$$

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (p_{\text{ди}} = 1 \text{ мон})$$

$$\begin{aligned} Q &= A + \int dU \\ \Delta U &= \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \\ &= \frac{3}{2}(JR T_2 - JR T_1) = \\ &= \frac{3}{2}JR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}JR \Delta T \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{const} \\ T_2 &= 8 T_1 \\ \frac{P_1}{T_1} &= \frac{P_2}{T_2} \end{aligned}$$

$$P_2 = 8 P_1$$

$$dQ = dA + dU$$

$$\begin{aligned} 1) \text{ изобар} \quad Q &= p_1 V + \frac{3}{2} p_1 V = \frac{5}{2} p_1 V = \frac{5}{2} J R n T \\ C &= \frac{5}{2} R \end{aligned}$$

$$2) \text{ изокора} \quad C = \frac{3}{2} R$$

$$3) \text{ изотерм} \quad \Delta U = 0 \quad p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad C = \infty$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ изоэнтальпия} \quad pV^{\gamma} &= \text{const} \quad (\rho V^{\gamma})'_{\rho} = V^{\gamma-1} \quad C = 0 \\ \cancel{p \cancel{V}^{\gamma-1} + V^{\gamma}} &= 0 \\ \cancel{\frac{d(pV^{\gamma})}{dV} + \frac{d(\rho V^{\gamma})}{d\rho}} &= 0 \quad (\rho V^{\gamma})'_{V} = \gamma p V^{\gamma-1} \\ &V^{\gamma-1} / (V + \gamma p) = 0 \end{aligned}$$

$$5) \text{ изотропна}$$

$$pV^n = \text{const} \quad V^n = \frac{C}{p} \quad dA = (p + dp)(V + dV) - pV - dV$$

$$\cancel{\frac{dp}{V} V^{n-1} + V^n dp} \geq 0$$

$$A = \int_{V_2}^{V_1} p(V) dV = -5,5 p_1 V_1$$

$$p(V) dV = (-5,5 p_1 V_1)'$$

$$dU = \cancel{p dV + V dp}$$

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!

$$Q_1 = Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (8\rho V_1 - \rho V_1) = \frac{21}{2} \rho V_1$$

$$A_y = (A_{23} - A_{12}) = 4\rho V - 1,5\rho V = 2,5\rho V$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \rho V_1$$

$$\beta = \frac{A_y}{Q_1} = \frac{\frac{5}{2} \rho V}{\frac{21}{2} \rho V} = \frac{5}{21}$$

$$N5 q, m \quad T \quad q, m \quad F_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2a^2}$$

$$F_{\Sigma} = 2F_1 + F_2 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) = T\sqrt{2}$$

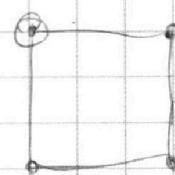
$$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(2 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) \approx =$$

$$T = \frac{q^2}{8\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a^2} (2\sqrt{2} + 1)$$

$$q = a \sqrt{\frac{8\sqrt{2}\pi\epsilon_0 T}{2\sqrt{2} + 1}}$$

2)

изображение:



$$W = 2 \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a\sqrt{2}} = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Когда включено:



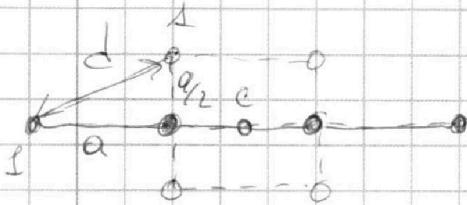
$$\Sigma = \frac{m\delta^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{3a} = \\ = \frac{m\delta^2}{2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = W^n$$

$$\frac{m\delta^2}{2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{11}{6} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\frac{m\delta^2}{2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\delta = q \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}}} \\ 2\pi\epsilon_0 ma$$

3) Т.к. система изолирована, то -члены тоже остаются на месте



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