



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



Во всех задачах, в ответах допускаются 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.

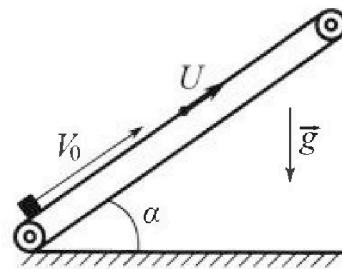
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 $V_0 = 6 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



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

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

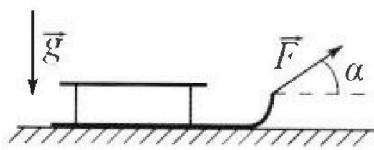
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1 \text{ м/с}$?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 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 .

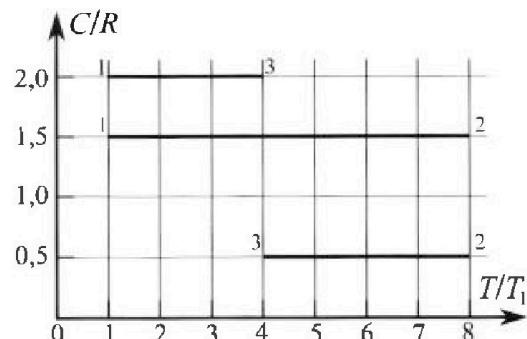
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

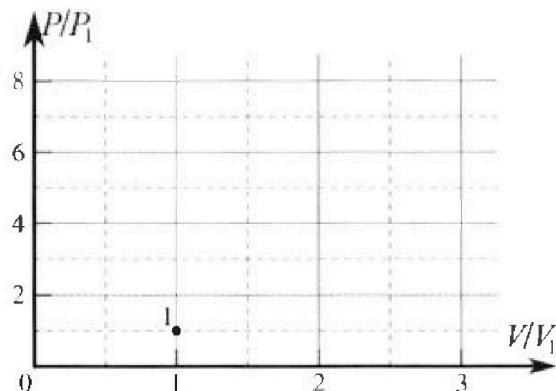
Вариант 10-02

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 процессы: 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).

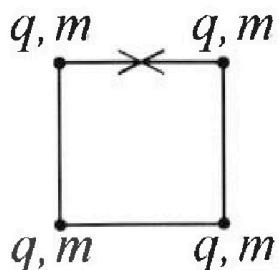


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

1) Всё время движения равно $t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$

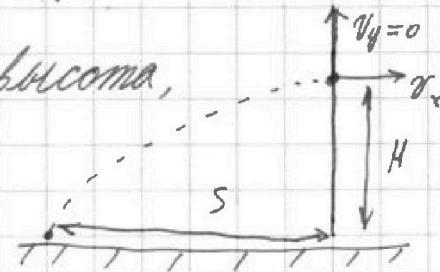
$$L = V_0 \cos \alpha t = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} ; V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

2) т.к. H - это наибольшая высота,

на которой происходит

столкновение, тогда мяч

в этой точке имеет $V_y=0$, следовательно это вершина параболы и время движ. до неё $t' = \frac{t_{\max}}{2}$



$$t' = \frac{V_0 \sin \alpha'}{g}$$

$$H = V_0 \sin \alpha' t' - \frac{gt'^2}{2} \quad \Rightarrow \quad H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha'}{g} - \frac{gV_0^2 \sin^2 \alpha'}{2g^2} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha'}{2g}$$

$$\sin \alpha' = \sqrt{\frac{2gH}{V_0^2}} ; \cos \alpha' = \frac{\sqrt{V_0^2 - 2gH}}{V_0}$$

$$S = \frac{s_{\max}}{2} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha'}{2g} = \frac{V_0^2 \sin \alpha' \cos \alpha'}{g} = \frac{V_0^2}{g} \frac{\sqrt{2gH} \sqrt{V_0^2 - 2gH}}{V_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{\frac{2H(V_0^2 - 2gH)}{g}} = \sqrt{\frac{7,2 \cdot (200 \frac{m^2}{s^2} - 10 \frac{m}{s} \cdot 3,6 m)}{10 \frac{m}{s^2}}} = \sqrt{92,16} m$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1 | <input checked="" 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!

2) 3. 11. 3:

$$\frac{mV_0^2}{2} - mgh - \frac{mu^2}{2} = mg\mu s \cos \alpha \quad \text{Все силы, кроме веса}$$

$$g s \sin \alpha \quad h = s \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{mV_0^2}{2} - mg s \sin \alpha - \frac{mu^2}{2} = mg\mu s \cos \alpha$$

$$\boxed{\frac{V_0^2}{2} - g s \sin \alpha - \frac{u^2}{2} = g\mu s \cos \alpha}$$

$$\boxed{s = V_0 T_1 - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1^2}{2}}$$



$$\Rightarrow V_0 T_1 - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1^2}{2} = \frac{\frac{V_0^2}{2} - \frac{u^2}{2}}{g \sin \alpha + g \mu \cos \alpha}$$

$$V_0 T_1 - \frac{\beta T_1^2}{2} = \frac{V_0^2 - u^2}{2 \beta}, \text{ где } \beta = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\frac{\beta}{2} T_1^2 - V_0 T_1 + \frac{V_0^2 - u^2}{2 \beta} = 0$$

$$\Delta = V_0^2 - \beta \frac{V_0^2 - u^2}{\beta} = u^2$$

$$T_1 = \frac{V_0 \pm u}{\beta} = \frac{V_0 \pm u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

(получают только корень со знаком '+', т.к. $F_{Tr} = 0$ когда $V = u$)

$$\Rightarrow T_1 = \frac{V_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$
$$T_1 = 0,5 \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | X | <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) Когда $v=0$:

Нарис

$$m \ddot{v}^2 / r + mg h' = m \dot{v}^2 / r_{kp}$$



$$\frac{m \ddot{v}^2}{r} + mg h' = m \dot{v}^2 / r_{kp}$$

$$\frac{m \ddot{v}^2}{r} + mg \Delta s' \cdot \sin \alpha = m g \mu \cos \Delta s' \Rightarrow \Delta s' = - \frac{1}{4} \text{ м}$$

$$\Delta s' + s' = \underline{\underline{1,5 \text{ м}}}$$

$$s' = \frac{1}{4} \text{ м}$$

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"/> |

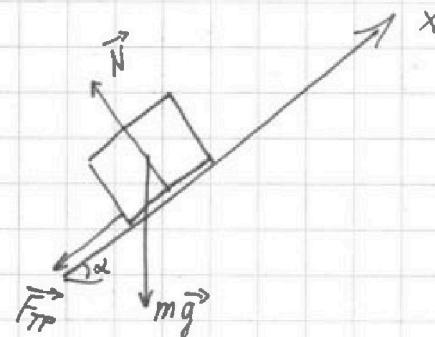
МФТИ

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

1) Найдём a_x :

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

$$F_{T\bar{P}} = \mu N$$



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

$$S = v_0 T + \frac{a_x T^2}{2} = v_0 T - \frac{T^2 g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} = 1 \text{ m}$$

2) Переидём в CO линии, в которой она покажется.

~~$$\frac{v_0'^2}{2} - mg S' \sin \alpha = S' mg \cos \alpha \mu, \text{ где } v_0' = v_0 - u$$~~

~~$$\frac{v_0'^2}{2} = S' (g \sin \alpha + g \mu \cos \alpha) \Rightarrow S' = \frac{v_0'^2}{2(g \sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$~~

~~Все это означает что параллельно траектории~~

~~$$S' = v_0' T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2} = \frac{v_0'^2}{2(g \sin \alpha + \mu \cos \alpha)}, \text{ т.к. CO - UCO, но } a_x = \text{const.}$$~~

~~$$\frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} T_1^2 - v_0' T_1 + \frac{v_0'^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0$$~~

~~$$(g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1 - v_0')^2 = 0$$~~

~~$$T_1 = \frac{v_0'}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$~~

(уравн. задачи)

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!

(найд)

3) приблизим в CO, в котором сила тяжести ненулевая.

$$3. \text{c. 3.} \quad \frac{m v_0'^2}{2} - m g s'$$

2) Требуется в CO центры:

$$3. \text{u. 3.} \quad \begin{cases} \frac{m v_0'^2}{2} - m g (a_x T_1 + s') \sin \alpha = \mu m g \cos \alpha s' \\ s' = v_0' T_1 + \frac{a_x T_1^2}{2} = \frac{v_0'^2}{g \sin \alpha} \end{cases}, \text{здесь } s' \text{ - отн. перемещ.}$$
$$v_0' = v_0 - u$$
$$a_x = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$s' = \frac{\frac{m v_0'^2}{2} - m g u T_1 \sin \alpha}{\mu m g \cos \alpha + m g \sin \alpha} = \frac{v_0'^2 - g u T_1 \sin \alpha}{2 g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$v_0' T_1 - \frac{\beta T_1^2}{2} = \frac{v_0'^2 - g u T_1 \sin \alpha}{2 g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{v_0'^2 - g u T_1 \sin \alpha}{2 \beta}$$

$$2 \beta v_0' T_1 - \beta^2 T_1^2 = v_0'^2 - g u T_1 \sin \alpha$$

$$\beta^2 T_1^2 - (2 \beta v_0' - g u \sin \alpha) T_1 + v_0'^2 = 0$$

$$\Delta = 4 \beta^2 v_0'^2 - 4 \beta v_0' g u \sin \alpha + g^2 u^2 \sin^2 \alpha - \alpha \beta^2 v_0'^2$$

$$\Delta = g^2 u^2 \sin^2 \alpha - 4 \beta v_0' g u \sin \alpha$$

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!

1) Запишем законы сохр. энергии для двух
движений.

$$\{ K = F \cdot S_1 - mg\mu S_1 \quad (1)$$

$$\{ K = F \cos \alpha \cdot S_1 - S_1(mg - F \sin \alpha) \quad (2)$$

$$(1):(2) \quad 1 = \frac{F - mg\mu}{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)} \Rightarrow F - mg\mu = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

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

2) По Задачу изменим энергию:

$$S mg\mu = K ; S = \frac{K}{mg} \frac{\sin \alpha}{(1 - \cos \alpha)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

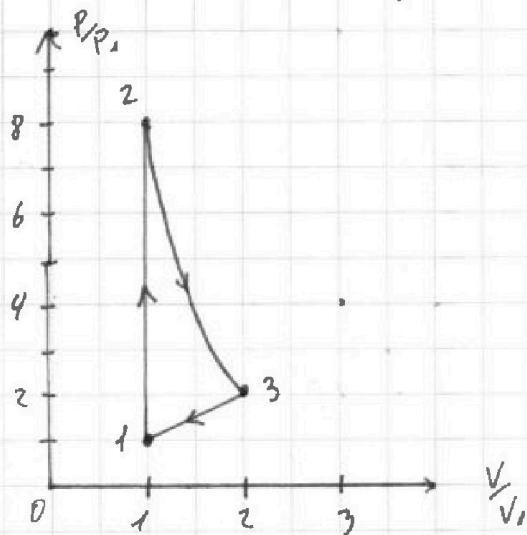
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

построили „точный“ график цикла



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!

С процессом 2-3 всё не однозначно, т.к. на
всём этом участке тепло только поглощается или
отводится. Найдём момент, когда $dQ=0$, это и
будет момент, когда теплоотдача "меняет знак".

$$dQ = dU + dA$$

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

$$dQ = \frac{3}{2} (P dV + V dp) + P dV \Rightarrow dQ = \frac{5}{2} P dV + \frac{3}{2} V dp$$

~~$$\text{Пусть } \gamma = \frac{1}{2} = \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = 2 \Rightarrow PV^2 = \alpha$$~~

$$PV^2 = \alpha \Rightarrow P = \frac{\alpha}{V^2}$$

$$dQ = \frac{5}{2} \frac{\alpha}{V^2} dV + \frac{3}{2} V (-2) \alpha V^{-3} dV \quad -dp = -2 \alpha V^{-3} dV$$

$$dQ = 0 : 0 = \frac{5}{2} \frac{\alpha}{V^2} - 3 V^{-2} \alpha$$

$$0 = \frac{5}{2} V^{-2} - 3 V^{-2} \rightarrow \text{такого при } V=0 \Rightarrow$$

можно однозначно сказать Q_{23} на всём процессе "одного
знака". $Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta (-4T_1) = -4T_1 \cdot \frac{1}{2} R = -2 \Delta RT_1$

$$Q_{23}'' = 2 \Delta R (-3T_1) = -6 \Delta RT_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} R \Delta \cdot \Delta T_1 = \frac{21}{2} \Delta RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{23}|}{Q_{12}} = 1 - \frac{8 \Delta RT_1 \cdot 2}{21 \Delta RT_1} = 1 - \frac{16}{21} = -\frac{5}{21}$$

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 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!

1) Попробуем начертить график цикла (примерный)

М.к $\frac{C}{R} = 2$ у процессов прямой квадратич, а у
изохорных $\frac{C}{R} = 1,5$, то можно предположить, что
график такой:

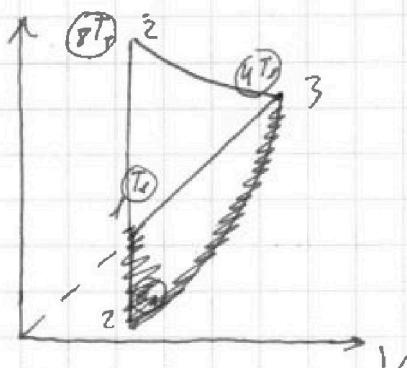
$$\Delta U = -A + \alpha V \quad (V = \text{const})$$

$$C_V \Delta T = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T \Rightarrow C_V = \frac{3}{2} R$$

$$\Delta U = -A + \alpha V \quad (\frac{P}{V} = \text{const})$$

$$\frac{3}{2} \Delta R \Delta T = C_P \Delta T - \frac{1}{2} \Delta R \Delta T$$

$$C_P = 2R$$



из графика: $b \odot T_1$

$b \odot 4T_1$

$b \odot 8T_1$

2) $A_{31} - ?$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = \frac{3}{2} \Delta R (-3T_1) - \Delta (1-3T_1) \cdot C_P \approx 2,5 \Delta R$$

$$A_{31} = 6 \Delta R T_1 - \frac{9}{2} \Delta R T_1 = 1,5 \Delta R T_1$$

$$A_{31} = 2493 \text{ Дж} \approx 2,5 \text{ кДж}$$

$$3) \eta = \frac{A_3}{Q_{max}} = 1 - \frac{|Q_{out}|}{Q_{max}}$$

$$\Delta U_{12} = -A_{12} + Q_{12} \quad : Q_{12} > 0$$

$$\Delta U_{23} = -A_{23} + Q_{23} \quad : Q_{23} < 0$$

$$\Delta U_{31} = -A_{31} + Q_{31} \quad : Q_{31} < 0$$

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!

1) П.к рисунок симметричен, то

все шарика идет под действием одного знака. $q > 0$ т.к. шарик направлен вправо.

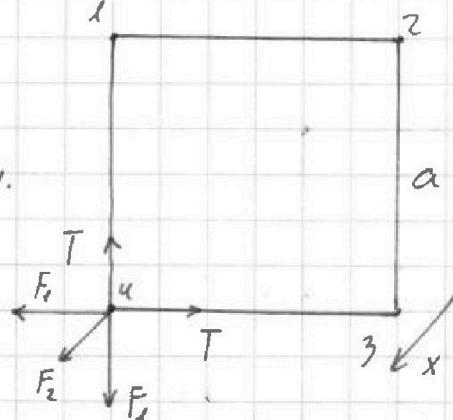
2) (X): $F_1 \sqrt{2} + F_2 = T \sqrt{2}$

$$F_1 = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{a^2 \cdot 2}$$

$$k \frac{q^2}{a^2} \sqrt{2} + k \frac{q^2}{2a^2} = T \sqrt{2} \Rightarrow q^2 = \frac{T \sqrt{2}}{\frac{k}{a^2} (\sqrt{2} + \frac{1}{2})} = \frac{a^2 T 4 \pi \epsilon_0 \sqrt{2}}{(\sqrt{2} + \frac{1}{2})}$$

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



3) Из Задачи: $\Delta E_K = -\Delta E_\Pi$

ΔE_Π - изменение пот. энергии взаимодействия
с a^2 , между которыми была первоначально.

$$\Delta E_\Pi = E_{\Pi_2} - E_{\Pi_1} = k \frac{q^2}{\cancel{3a}} - k \frac{q^2}{\cancel{a}} = -\frac{q^2}{3a} 2 K$$

$$\Delta E_K = \frac{2}{3} \frac{q^2}{a} K$$

4) Из Тв. о движении центра масс и симметрии \Rightarrow что
все шарика будут иметь одинаковуюскор. м.к.

$$V_{y.m} = 0 \quad (\text{пред. далее})$$



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!

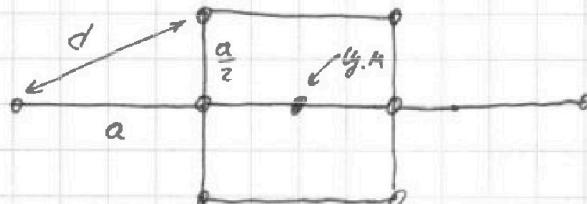
$$\frac{umv^2}{2} = \frac{\epsilon}{3} \frac{q^2}{a} k \Rightarrow v^2 = \frac{2 q^2 k \cdot 2}{3 a \cdot 4 m} = \frac{q^2 k}{3 a m}$$

$$V = q \sqrt{\frac{k'}{3am}} = \sqrt{\frac{k T a^3 \pi \epsilon_0 4 \sqrt{2}}{3am (\frac{1}{2} + \sqrt{2})}} = \sqrt{\frac{T a \cdot 16 \pi^2 \epsilon_0^2 \sqrt{2}}{3m (\frac{1}{2} + \sqrt{2})}}$$

$$V = 4 \pi \epsilon_0 \sqrt{\frac{T a \sqrt{2}}{3m (\frac{1}{2} + \sqrt{2})}}$$

$$3) F_{BH} = 0 \Rightarrow V_{4,4} = 0 \Rightarrow$$

он остается также.



Из рисунка:

$$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = a \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{a}{2} \sqrt{5}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$\frac{1}{2} + 6 \Delta S' = 5 \cdot 0,8 \Delta S'$$

4

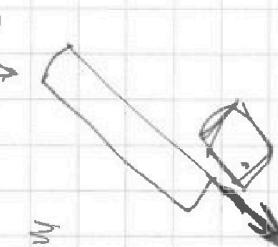
$$x^2 \cdot \frac{1 \cdot \frac{1}{2}}{2} - \frac{1}{2} = -2 \Delta S'$$

$$\Delta S'$$

$$\frac{3}{2} - \frac{5}{4}$$

$$\frac{7}{4}$$

$$= 4 \Delta S'$$



$$\begin{array}{r} 0 \ 0 \ 5 \ 2 \\ 2 \ 2 \ 0 \ 2 \\ \hline 6 \ 2 \ 4 \\ 6 \ 2 \ 4 \\ \hline \end{array}$$

$$= \frac{2}{2 \pi R} - \frac{4 \delta M}{2 \pi R M}$$

$$92 \cdot 0.01 - 1.2 \times 4 = 88$$

$$0.52 + 7.146 - 2.102 = 5.96$$

$$100 T_1 - (2 \cdot 1.05 - 10 \cdot 0.96) T_1 + 25 = 100 - 6$$

нед

$$D = g / \sin \alpha + \mu \cos \alpha = (0.96 + 0.5) = 1.46$$

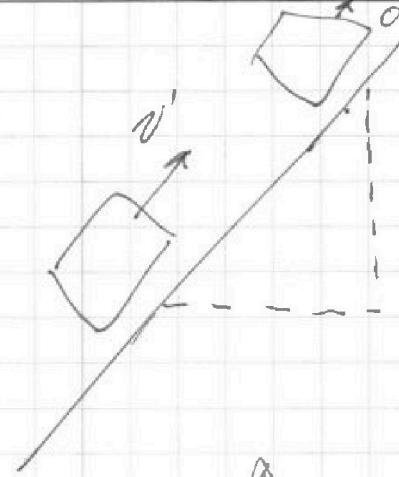
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

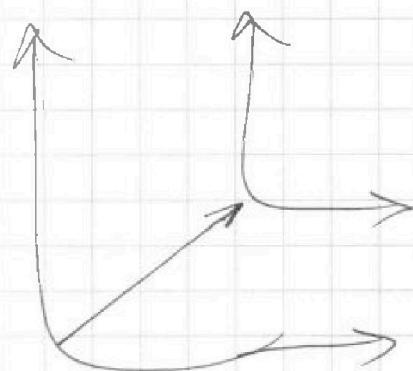
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$\frac{m v_0'^2}{2} - mgh = S'$$



$$S' +$$

$$D =$$

$$8 \cdot 2 =$$

$$8 \cdot 2 =$$

$$36 \cdot 2 \\ 72$$

$$200 - 4^2 \\ 128 \cdot 7,2 \\ \hline 10$$

$$128 \\ \times 7,2 \\ \hline 96 \\ 256 \\ \hline 128$$

$$128 \\ \times 7,2 \\ \hline 256 \\ 896 \\ \hline 921,6$$

$$\sqrt{92,16}$$

$$92,16$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

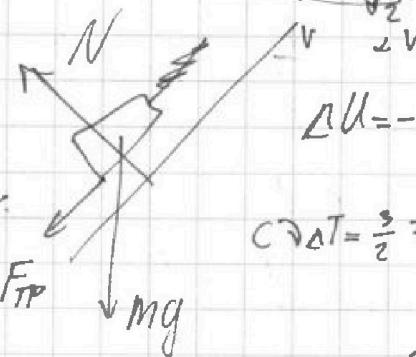
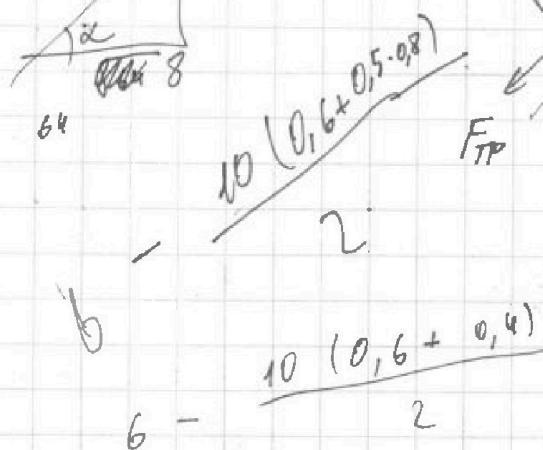
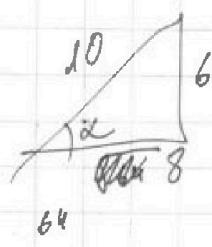
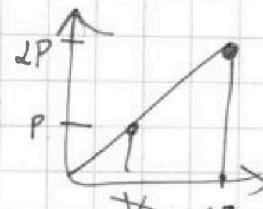
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 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!

№2

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} - mg \cdot s \sin \alpha = mg \cos \alpha \mu$$



$$\Delta U = -A + Q$$

$$C \Delta T = \frac{3}{2} \Rightarrow R \Delta T + \frac{1}{2} V_P (\kappa - 1)$$

A

$$C \Delta T = \frac{3}{2} \Rightarrow R \Delta T + \frac{1}{2} V_R (\kappa - 1)$$

$$C \Delta T = 2 \Delta R \Delta T$$

$$\frac{1}{2} R$$

$$v_0' \quad C = PV$$

$$\frac{R}{2} = \frac{\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R}{\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R}$$

$$\frac{mv_0'^2}{2} - mgh = S' mg \cos \alpha \mu$$

$$\frac{-4}{-2} = 2$$

$$\delta = v_0'^2 - 2 \psi \cdot \frac{v_0'^2}{2 \psi}$$

$$\frac{\psi}{2} T_1^2 - v_0'^2 T_1 + \frac{v_0'^2}{2 \psi} = 0$$

$$\delta = v_0'^2 - (4 T_1 - v_0')^2$$

$$4 \psi T_1^2 - 8 v_0' T_1 + v_0'^2 = 0$$

$$4 \psi T_1^2 - 2 \psi v_0' T_1 + v_0'^2 = 0 \quad \frac{\psi}{2} T_1^2 - v_0' T_1 + \frac{v_0'^2}{2 \psi} = 0$$



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

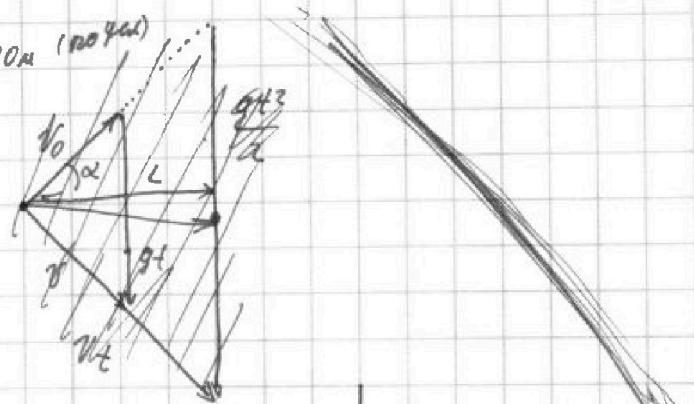
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

✓ 1

$$1) t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; \alpha = 45^\circ; l = 20 \text{ м} \quad (\text{но } q \text{ не})$$

$$L = v_0 \cos \alpha t = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

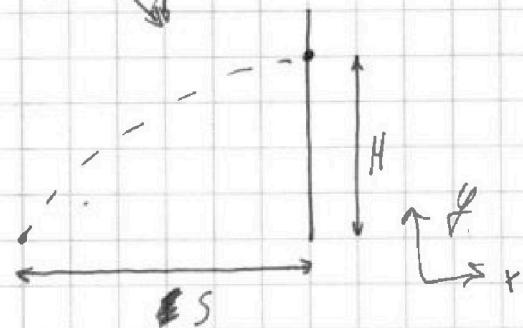
$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$2) \left\{ \begin{array}{l} x = v_0 \cos \alpha' t \\ t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha'} \end{array} \right.$$

$$y = v_0 \sin \alpha' t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y(x) = x \operatorname{tg} \alpha' - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha'}$$



$$\sin^2 \alpha' + \cos^2 \alpha' = 1 : \cos^2 \alpha'$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha' + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha'}$$

$$t' = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\sqrt{\frac{M \cdot \frac{M^2}{C^2} \cdot e^2}{M}}$$

$$H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}$$

2 · 3,6 · 700-

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha'}{2g} \Rightarrow \sin^2 \alpha' = \frac{\sqrt{2gH'}}{v_0^2}$$

$$S = \frac{l'}{2} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha'}{2g} = \frac{v_0^2 \sqrt{2gH'} \sqrt{v_0^2 - 2gH}}{v_0 g v_0}$$

$$\sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}}$$

$$S = \frac{\sqrt{2gH'} \sqrt{v_0^2 - 2gH}}{g}$$

$$\sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}}$$



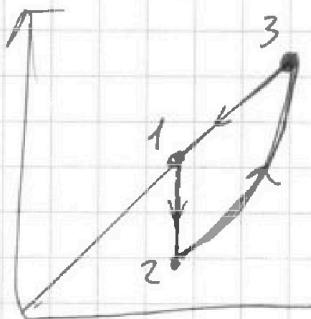
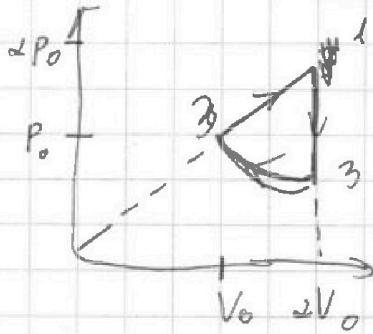
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\nabla R T_1 = P_1 V_1$$

$$\nabla R_4 T_4 = \alpha^2 P_4 V_4$$

$$\Delta U = -P + \theta$$

$$\Delta U = A_{BH} + \theta$$

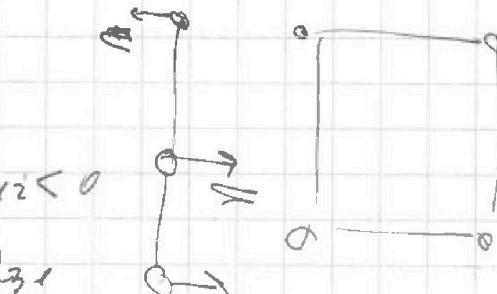
$$A_{BH} =$$

$$P_1 V_1 = \nabla R T_1$$

$$P_3 V_3 = \nabla R \theta T_1$$

$$\frac{P_1}{P_3} = \frac{1}{8}$$

$$\alpha_{12} < 0$$



$$1,5 \cdot 831 \cdot 200$$

$$3 \cdot 831 =$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\sigma = n P d$$

$$\nabla P \propto \theta / \sigma$$

$$n P d + n P \theta \sigma \frac{2}{3} = n P \theta \sigma \frac{2}{3}$$

$$n P d + n P \theta \sigma \frac{2}{3} =$$

$$88 + 88 = 88$$

$$88 + 88 - = 88$$

$$\Delta U = -A + \theta$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array}$$

$$C = \theta R \sigma$$

$$\frac{\left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right) \sigma}{\left(\frac{1}{2} - \frac{5}{2}\right) \sigma} =$$

$$P V \frac{1}{2} \sigma \text{ const}$$

88

1+
2+
3+
4+
5+



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!

$$\Delta P_3 - \Delta P_2 = dP \quad A =$$

~~такое~~

$$d = \alpha V^{-2}$$

$$P = \frac{V}{d}$$

$$\Delta P_{\frac{2}{5}} - \Delta \frac{2}{7} P = dP \Delta$$

$$2 \overline{2+1}$$

$$\frac{K}{x^2} \left(\sqrt{2} + \frac{2}{7} \right)$$

$$\Delta P_3 = -A_{23} + A_{23}$$

$$\frac{2}{5} \cdot \frac{\frac{2}{7} \Delta 2}{P} = \frac{\frac{2}{7} \Delta}{P} \frac{2}{5} = -22$$

$$\Delta P \cdot \frac{2}{5} - \Delta \frac{2}{7} P = dP \Delta$$

$$\frac{2}{5} \cdot \frac{\frac{2}{7} \Delta 2}{\Delta P \Delta} \Delta - \Delta P \frac{\frac{2}{7} \Delta}{\Delta} \frac{2}{5} = 0$$

$$\frac{\frac{2}{7} \Delta 2}{\Delta P \Delta} - 22 = dP$$

$$dP \Delta \frac{2}{5} + \Delta P \frac{\frac{2}{7} \Delta}{\Delta} \frac{2}{5} = 0$$

$$\left(\Delta P_{\frac{2}{5}} - \Delta \frac{2}{7} P \right) \Delta = dP \Leftrightarrow \frac{2}{5} \Delta P \Delta = dP \quad \frac{\frac{2}{7} \Delta}{\Delta} = d$$

$$dP \Delta \frac{2}{5} + \Delta P \frac{\frac{2}{7} \Delta}{\Delta} \frac{2}{5} = 0$$

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{x^2} - \frac{1}{x^3}$$

$$K =$$

$$K \int \frac{dx}{x^2}$$

$$K \int \frac{dx}{x^3}$$

$$x P$$

$$\Delta P \Delta + (dP_1 + \Delta P) \frac{2}{5} = 0$$

$$\Delta P \Delta + \Delta P \Delta \frac{2}{5} = 0$$

$$\Delta P + \Delta P = 0$$

$$\Delta P = \frac{2}{5} \Delta P$$

$$PV = \text{const}$$

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!