



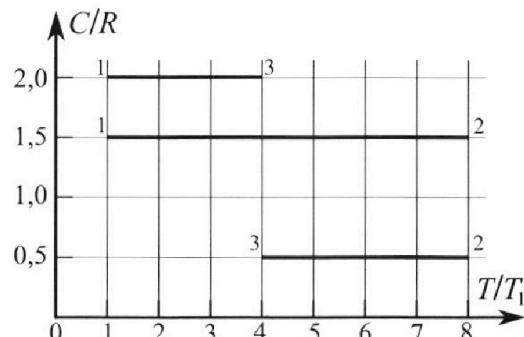
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

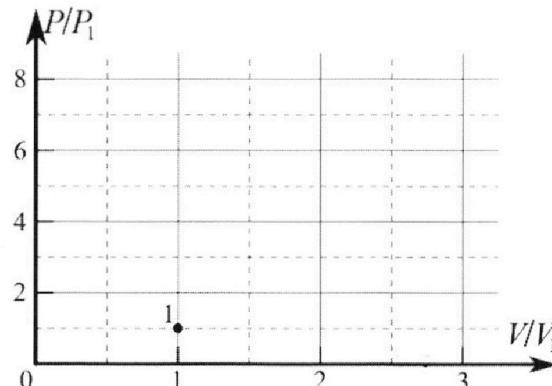


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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).

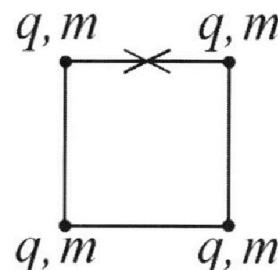


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

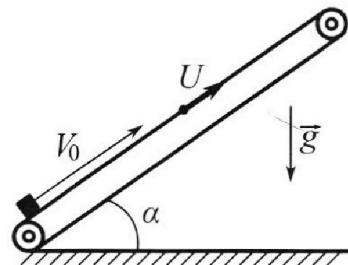
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 $T = 1 \text{ с}$?

Во 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.).

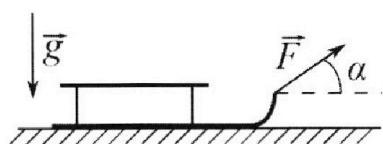
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна $U = 1 \text{ м/с}$?

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.

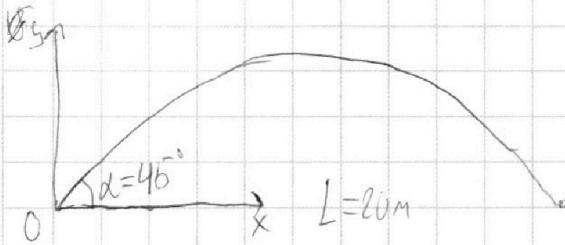
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ.

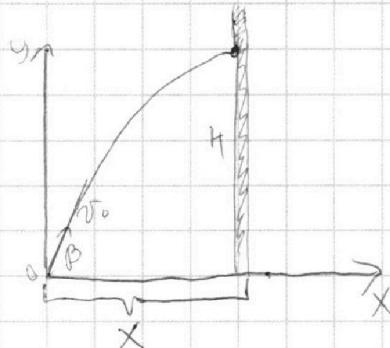
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\text{Время падения } t_n = \frac{2V_0}{g} = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{2} V_0}{g}$$

$$L = V_x \cdot t_n = V_0 \cdot \cos 45^\circ \cdot \frac{\sqrt{2} V_0}{g} = \frac{V_0^2}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{gL} = \sqrt{10 \cdot 20} = 10\sqrt{2}$$



$$\begin{cases} H = V_y t - \frac{gt^2}{2} \\ x = V_x t \end{cases} \quad \begin{cases} H = V_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \\ x = V_0 \cos \beta t \end{cases} \quad t = \frac{x}{V_0 \cos \beta}$$

$$H = V_0 \sin \beta \cdot \frac{x}{V_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = \frac{1}{2} g \beta \cdot x - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = \frac{1}{\cos^2 \beta} \cdot x - \frac{gx^2}{2V_0^2}$$

СТР 8

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

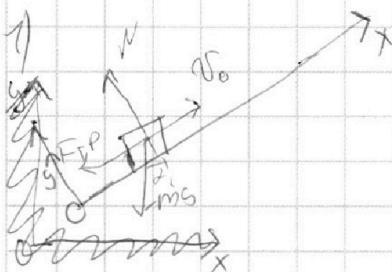
5

6

МФТИ.



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



$$C_1: N = m g \cdot \cos \alpha$$

$$Ox: ma = F_{TP} + mg \cdot \sin \alpha$$

$$ma = (\mu mg \cdot \cos \alpha + m g \cdot \sin \alpha) \cdot \frac{1}{m}$$

$$\alpha = \mu g \cdot \cos \alpha + g \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6 = \\ = 10 \text{ rad/s}^2$$

~~Следует~~

но $V_0 < aT$ значит скорость уменьшит
наличие.

$$S = S_1 + S_2 = \left(V_0 T_1 - \frac{a T_1^2}{2} \right) + \frac{a T_2^2}{2} = \left(V_0 \frac{V_0}{a} - \frac{a \cdot \frac{V_0^2}{a^2}}{2} \right) + \frac{a \left(T_0 - \frac{V_0}{a} \right)^2}{2} = \\ = \left(\frac{V_0^2}{a} - \frac{V_0^2}{2 \cdot 10} \right) + \frac{10 \left(1 - \frac{V_0}{10} \right)^2}{2} = \frac{36}{20} + \frac{10 \cdot 0,4^2}{2} = 1,8 + 0,8 = 2,6 \text{ м}$$

$$\boxed{\text{Ответ: } S = 2,6 \text{ м}}$$

2) Третий в движении остановил движ. Жив CO
единой начальной. Второй пуки остановил к
машине $m_2 = 5 \text{ кг}$ а уронил ее гравитацией.
Из условия для броши горизонтальной

скорости, какая передает скорость 2 м/с в
небо CO по направлению "вниз" CTP 3



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"/> |

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

МФТИ

\$1) час T_{11} - время до самолета

T_{12} - время до часа вниз

~~Р112~~ $\frac{V_1}{c}$ $\frac{V_1}{c}$ $\frac{V_1}{c}$

~~Р112~~ $\frac{V_1}{c}$

$$T_{11} = \frac{V_1}{cc} = 0,5c$$

СТР 4

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

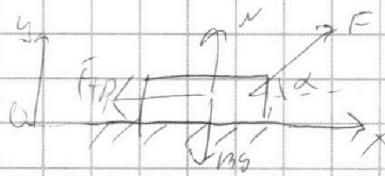
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



$$\text{с) } N = mg - F \cdot \sin\alpha$$

$$F_{Tp} = \mu mg - \mu F \cdot \sin\alpha$$

$$a_1 m = F \cdot \cos\alpha - F_{Tp}$$

$$a_1 m = F \cdot \cos\alpha - \mu mg + \mu F \cdot \sin\alpha$$

$$a_2 m = F \cdot 1 - \mu mg + \mu F \cdot 0$$

$$a_2 m = F - \mu mg$$

$$k_1 = k_2$$

$$m \frac{\omega_1^2}{2} = m \frac{\omega_2^2}{2}$$

$$\Sigma_1 = \Sigma_2$$

$$a_1 t = a_2 t$$

$$a_1 = a_2$$

$$a_1 m = a_2 m$$

$$F \cdot \cos\alpha - \mu mg + \mu F \cdot \sin\alpha = F - \mu mg$$

$$F(\cos\alpha - \mu F \sin\alpha + \mu g -$$

$$F \cdot \cos\alpha + \mu F \cdot \sin\alpha = F$$

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

$$2) S \cdot F_{Tp} = K$$

$$S \cdot \mu mg = K$$

$$\boxed{\text{Ответ: } S = \frac{K}{\mu mg}}$$

CTP5

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!

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

$$A = \Delta U - Q \quad A = \frac{3}{2} \sqrt{R_0 T} - C \sqrt{\Delta T} = \sqrt{A T} \left(\frac{3}{2} R - C \right)$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} 1 \cdot R \cdot (8T_1 - T_1) - 1,5 R \cdot 1 \cdot (8T_1 - T_1) = 0 \text{ - значит } 1-2 \text{ изолюра}$$

$$A_{23} = \sqrt{(4T_1 - 8T_1)} \left(\frac{3}{2} R - \frac{1}{2} R \right) = -4\sqrt{T_1} R = -4\sqrt{RT_1}$$

$$A_{31} = \sqrt{(T_1 - 4T_1)} \left(\frac{3}{2} R - 2R \right) = 3T_1 \sqrt{\frac{1}{2} R} = \sqrt{\frac{3}{2} \sqrt{RT_1}} = \\ = 1,5 \cdot 8,37 \cdot 200 = 2493 \text{ Дж ответ}$$

2) $Q > 0$ когда $\Delta T > 0$ т.к. $C > 0$. 6 циклических процессах

Теперь подводимость тепла в циклосе 1-2

$$Q_{12} = 9T_1 \cdot 1,5R = 10,5 \sqrt{RT_1}$$

$$\eta = \frac{\sum A_i}{Q_{in}} = \frac{(-A_{12} + A_{23} + A_{31})}{Q_{in}} = \frac{(-10,5 + (-4) + \frac{3}{2})(\sqrt{RT_1})}{Q_{in}} =$$

$$= \frac{2,5 \sqrt{RT_1}}{10,5 \sqrt{RT_1}} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$

$$\text{Ответ: } \eta = \frac{5}{21}$$

Запишем МК для состояний 1 и 2

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{8T_1} \quad V_1 = V_2$$

$$P_2 = 8P_1$$

СТР 1



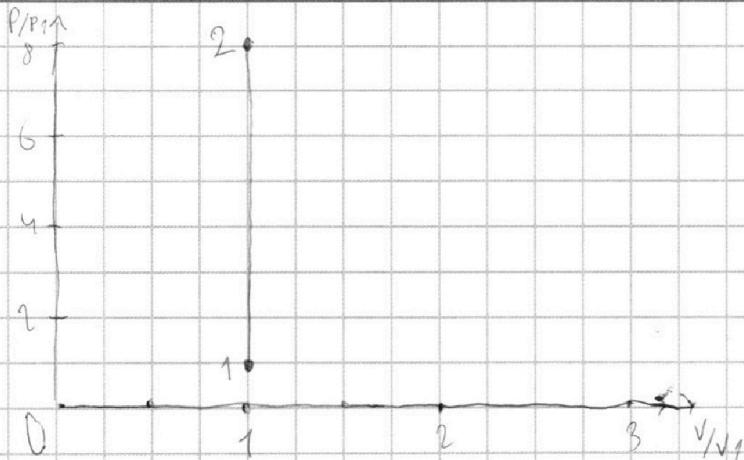
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



СТР 2

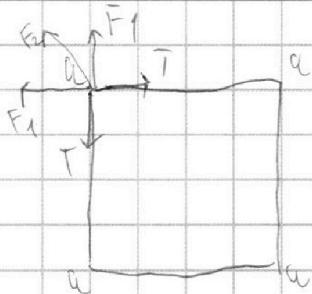
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



Спресурую сили на ось вдав
анда F_2

$$F_2 + 2F_1 \cdot \cos 45^\circ = 2T \cdot \cos 45^\circ$$

$$F_2 + \sqrt{2}F_1 = \sqrt{2}T$$

$$K \cdot \frac{q^2}{(5\sqrt{2}a)^2} + \sqrt{2}K - \frac{q^2}{a^2} = \sqrt{2}T$$

$$q^2 \left(\frac{K}{2a^2} + \frac{2\sqrt{2}K}{2a^2} \right) = \sqrt{2}T$$

$$q^2 = \frac{\sqrt{2}T}{\frac{K}{2a^2} (1+2\sqrt{2})} = \frac{T \cdot 2a^2}{K} \cdot \frac{\sqrt{2}}{1+2\sqrt{2}}$$

$$q = \sqrt{\frac{T a^2}{K} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{1+2\sqrt{2}}}$$

2) Ге дүйнүү ишеним K шарына на көмөрдүй
расстояние силье

Кандай разницу жерши бозалмадайтын?

$$W_1 = 2 \cdot K \cdot \frac{q^2}{a} + k \cdot \frac{q^2}{\sqrt{2}a} - kq^2 \left(\frac{2}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} \right) = kq^2 \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{2a}$$

$$W_2 = kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{\sqrt{2}a} + \frac{1}{3a} \right) = kq^2 \cdot \frac{11}{12a}$$

$$W_1 = W_2 + K \quad K = W_1 - W_2$$

$$K = kq^2 \cdot \frac{1}{a} \left(\frac{4+\sqrt{2}}{2} - \frac{11}{12} \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{13 - 6\sqrt{2}}{12}$$

СТР 6



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

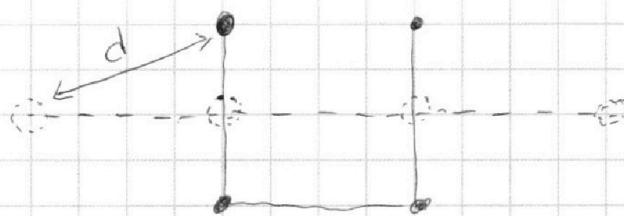
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Во время прыжка на заряды не действует внешнее
силе, значит начальное положение центра масс не
изменяется. Такое положение ~~точка~~ можно находить
без учета силы гравитации из соображений симметрии.



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

$$\boxed{d = \frac{\sqrt{5}}{2}a} \quad \text{ответ:}$$

СТР 7



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!

Черновик

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R T$$

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

Алг

$$2R \cdot V \cdot \frac{3}{2} T_p = A' + \frac{3}{2} V R 3 T_p$$

$$\frac{3}{2} V R T_p = A'$$

$$1-2 \leftarrow A' = 0 \text{ исхода}$$

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

$$dQ = pdV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} dPV$$

$$dU = \frac{5}{2} pdV + \frac{2}{3} dPV$$

$$dQ = dA' + dU$$

$$dQ = pdV + \frac{3}{2} V R dT$$

$$\frac{dQ}{dT} = C$$

$$C dT = pdV + \frac{3}{2} V R dT$$

$$dT(C - \frac{3}{2} V R) = pdV$$

$$\frac{dT}{dV} = \frac{p}{C - \frac{3}{2} V R} = \frac{\frac{pV}{T}}{C - \frac{3}{2} V R}$$

$$\frac{dT}{T} = \frac{dV}{V} \cdot \frac{\frac{pV}{T}}{C - \frac{3}{2} V R}$$

$$\ln T = \ln V \cdot \underline{\underline{}} + C$$

$$T = V \cdot e^C$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

$$\frac{p}{e^C} = \text{const}$$



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!

ЧЕРНОВИК

$$f_0 = \frac{1}{\cos^2} = 1 + t_0^2$$

$$\left(\frac{f(x)}{g(x)} \right) = \frac{t}{1 - \frac{1}{\cos}} = \frac{\sin}{1 - \frac{1}{\cos}}$$

$$(f(x)\sin(x))' = f'(x)\sin(x) + f(x)\sin'(x)$$

$$(\sin \cdot \frac{1}{\cos})' = \cos \cdot \frac{1}{\cos} + \sin \cdot \left(\frac{1}{\cos} \right)' = 1 + t^2$$

$$\sin \left(\frac{1}{\cos} \right)' = \frac{\sin t}{\cos^2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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