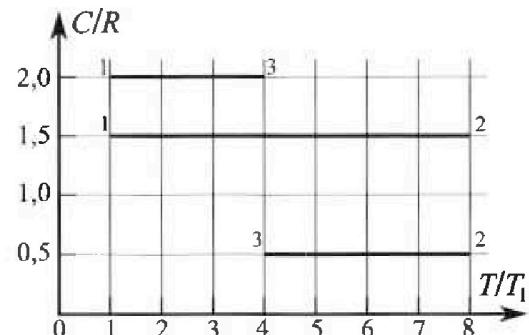


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

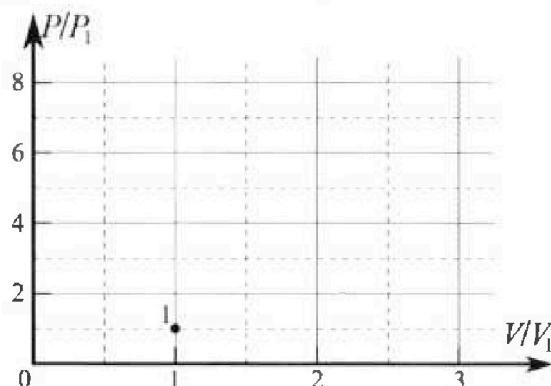
Вариант 10-02

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 процессых: 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).

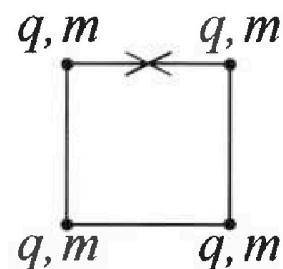


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

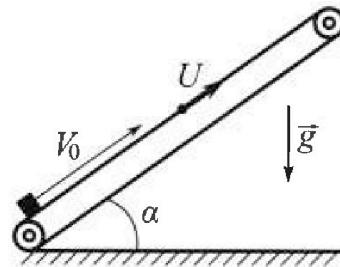
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

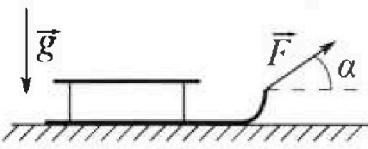
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки *во втором опыте* будет равна $U = 1 \text{ м/с}$?

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.

Ометьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

1. Дано

$$\varphi = 45^\circ$$

$$L = 20\text{ м}$$

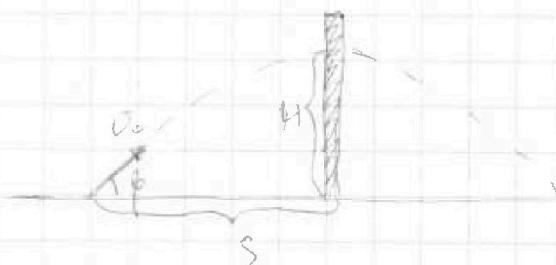
$$H = 3,6\text{ м}$$

$$V_0 - ?$$

a) $L = \frac{V_0^2 \sin 2\varphi}{g} \Rightarrow$

$$V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\varphi}} = \sqrt{\frac{g \cdot L}{\sin 2\varphi}} : \sqrt{\frac{10 \cdot 36 \cdot 20}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

б) 2) Пк. H - максимальная высота, на к-рой проекция
сум соударения, т.е. значит, что мяч направлен под ма-
ксимальным углом, т.е. H - максимальная высота полета.



$$H = \frac{V_0^2 \sin^2 \varphi}{g} \Rightarrow$$

$$\sin^2 \varphi = \frac{\sqrt{2} \cdot H}{V_0^2} = \frac{\sqrt{10 \cdot 36}}{10\sqrt{2}} = \frac{10\sqrt{2} \cdot 36}{100 \cdot 2} = 0,6$$

$$\sin \varphi = 0,6 \Rightarrow \cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} = 0,8$$

Пк. H - максимальная высота полета, то расстояние S
является радиусом действия мяча под углом φ .

$$S = \frac{1}{2} L = \frac{V_0^2 \cdot \frac{1}{2} \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{g} = \frac{V_0^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g}$$

$$S = \frac{(10\sqrt{2})^2 \cdot 0,6 \cdot 0,8}{10 \cdot 9,8} = 9,6 \text{ м}$$

Ответ: $V_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

$$S = 9,6 \text{ м}$$

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!

$$2 \cdot \sin\alpha = 0,6$$

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

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$g = 9,81$$

$$T = 1 s$$

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$U = 1 \frac{m}{s}$$

$$T_1 = ?$$

$$S = V_0 T - \frac{1}{2} g T^2$$

$$S = V_0 T - \frac{1}{2} g (\mu \cos\alpha + \sin\alpha) T^2 = 1,4$$

2) Летчина движется со скоростью U . Если у летчика скорость U , то она останавливается относительно самолета. Переядет в 6 (0 летчика), одна ИСО, $U = \text{const}$



$$\text{ЗСС: } V_{0,0} = V_0 - U$$

При переходе в другие ИСО картина сине не меняется, т.к. в реальности будет только α

$$0 = V_{0,0} - \alpha T_1 \Rightarrow$$

$$T_1 = \frac{V_{0,0}}{\alpha} = \frac{V_0 - U}{g(\mu \cos\alpha + \sin\alpha)} = \frac{6 - 1}{9,81(0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = 0,5 \text{ s}$$

$$\text{Ответ: } S = 1,4$$

$$T_1 = 0,5 \text{ s}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

3. Дано | 1/1 способ



$$2 \text{ баллы} \quad N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$$

$$F_{\text{нр}} = \mu(N) = \mu mg$$

ЗУМЭ $K = A_F + A_{F_{\text{нр}}}$

$$A_F = FL \cos(\theta) \quad A_{F_{\text{нр}}} = F_{\text{нр}} L \cos(180^\circ) = -\mu mg L$$

$$K = FL - \mu mg L$$

2 способ



$$2 \text{ баллы} \quad N - F \sin \theta - mg = 0$$

$$N = mg + F \sin \theta$$

$$F_{\text{нр}} = \mu N = \mu mg + \mu F \sin \theta$$

ЗУМЭ $K = A_F + A_{F_{\text{нр}}}$

$$A_F = FL \cos \theta \quad A_{F_{\text{нр}}} = F_{\text{нр}} L \cos(180^\circ) = -\mu mg L + \mu F \sin \theta L$$

$$K = FL \cos \theta - \mu mg L + \mu F \sin \theta L$$

$$FL - \mu mg L = FL \cos \theta - \mu mg L + \mu F \sin \theta L$$

$$\varphi = \cos \theta + \mu \sin \theta \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}$$

2) Использование принципа вспомогательных сил:



2

$$2 \text{ баллы} \quad N - mg = 0$$

$$N = mg$$

$$F_{\text{нр}} = \mu mg$$

$$F_{\text{нр}} = \mu mg$$

$$\mu mg = \mu mg$$

ЗУМЭ $A_{F_{\text{нр}}} = 0 - K$

$$A_{F_{\text{нр}}} = F_{\text{нр}} S \cos 180^\circ = -\mu mg S$$

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

$$\mu mg S = K \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg}$$

$$\text{Однако } \mu = \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1

2

3

4

5

6

7

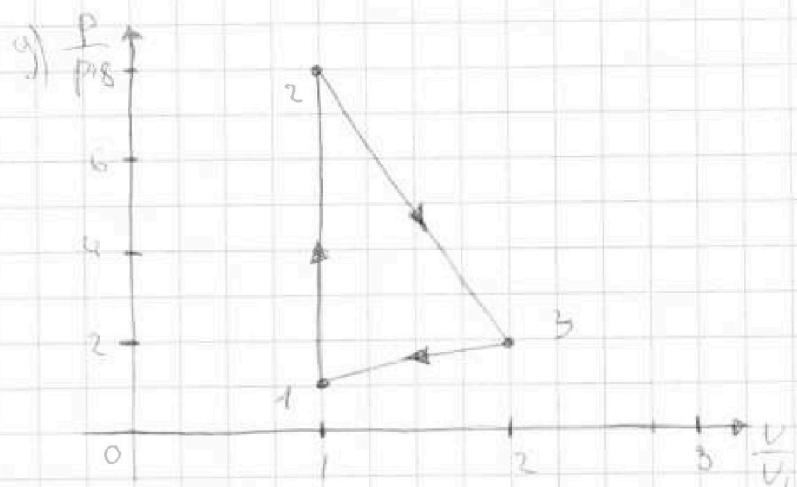
МФТИ

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

8) Идеальный газ проходит из начального состояния 1 в конечное состояние 2, при этом температура в конечном состоянии $T_2 = 2T_1$.
Докажите, что $V_2 = 2V_1$, тогда $P_2 = 4P_1$.

$$\begin{cases} p_1 V_1 = DRT_1 \\ p_2 V_2 = DRT_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_1 V_1 = DRT_1 \\ p_2 V_2 = 2DRT_1 \end{cases} \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{2T_1}{T_1} = 2$$
$$V_2 = \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} V_1 = \sqrt{\frac{1}{2}} V_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} V_1 = \frac{V_1}{\sqrt{2}} = \frac{V_1}{2}$$

Выходит, что $V_2 = 2V_1$, $P_2 = 2P_1$



Окончание. $A_{cycle} = 14.93 \text{ Дж}$

$\eta = 24\%$

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!

4. Дано | 1) Из графика видно, что $T_1 = T$, $T_2 = 8T$, $T_3 = 4T$,
 $i = 3$ $\frac{C_{31}}{R} = 2 \Rightarrow C_{31} = 2R$ $\frac{C_{12}}{R} = 1,5 \Rightarrow C_{12} = 1,5R = \frac{3}{2}R$
 $D = 1 \text{ час}$
 $T = 200K$ $C_{23} = 0,5R \Rightarrow C_{23} = \frac{1}{2}R$
 $A_{31, \text{наг}}$? $\eta = ?$ 2) Рассмотрим процесс 31
 $Q_{31} = C_{31} \bar{v}(T_1 - T_3) = 2R \bar{v}(T - 4T) = -6RT$
 $Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \bar{v} R(T_1 - T_3) + A_{31}$
 $2 \bar{v} R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \bar{v} R(T - 4T) + A_{31}$
 $A_{31} = \frac{1}{2} \bar{v} R(T - 7T) = \frac{1}{2} \bar{v} R(T - 4T) - \frac{1}{2} \bar{v} R(-3T) = -\frac{3}{2} \bar{v} RT$
 $A_{31, \text{наг}} = -A_{31} = \frac{3}{2} \bar{v} RT = \frac{3}{2} \cdot 8,7 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 1 \text{ час} \cdot 200K = 3,493 \text{ Дж}$
3) Рассмотрим процесс 12
 $C_{12} = C_{12} \bar{v}(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \bar{v} R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \bar{v} R(8T - T) = \frac{21}{2} \bar{v} RT$
 $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$
 $\frac{3}{2} \bar{v} R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \bar{v} R(T_2 - T_1) + A_{12} \Rightarrow A_{12} = 0$, значит, процес 12 - изотермический
4) Рассмотрим процесс 23
 $C_{23} = C_{23} \bar{v}(T_3 - T_2) = \frac{1}{2} \bar{v} R(T_3 - 8T) = \frac{1}{2} \bar{v} R(-4T) = -2 \bar{v} RT$

5) К циклу подводится тепло 6 процессов 12, 6 теплоизделий
 Q_{12} и т.д. $Q_H = Q_{12} = \frac{21}{2} \bar{v} RT$.
Он цикла отводится тепло 6 теплоизделий $Q_A = (-Q_{23}) + (-Q_{31})$, т.е. $Q_A = (-Q_{23}) + (-Q_{31}) =$
 $= 2 \bar{v} RT_1 + 6 \bar{v} RT_1 = 8 \bar{v} RT_1$.
 $\eta = \frac{Q_H - Q_A}{Q_H} = \frac{\frac{21}{2} \bar{v} RT_1 - 8 \bar{v} RT_1}{\frac{21}{2} \bar{v} RT_1} = \frac{\frac{3}{2} \bar{v} RT_1}{\frac{21}{2} \bar{v} RT_1} = \frac{5}{21} \approx 0,24$ или 24%

6) Монотонная зависимость в прямопропорциональной
зависимости p от объема V :

$$C = C_V + \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}R + \frac{1}{2}R = 2R = C_{31} \Rightarrow$$

процесс 31 - процесс прямопропорциональной зависимости p от объема V .

7) $V_1 = V_2$, т.е. процесс 12 - изотермический ($\frac{V_2}{V_1} = 1$)
 $p_1 V_1 = \bar{v} RT_1$, $p_2 V_2 = \bar{v} RT_2 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$



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"/> |

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

МФТИ

$$K = \left(\frac{3aT}{\sqrt{2}} - \frac{aT}{3\sqrt{4+2}} \right) \frac{6aT - \sqrt{2}aT}{(4+\sqrt{2})\sqrt{2}} = \frac{aT(6-\sqrt{2})}{3\sqrt{2} - (4+\sqrt{2})}$$

Ответ:

$$1) |q| = 6a \quad T = E_0$$

$$2) K = \frac{aT(6-\sqrt{2})}{12\sqrt{2} + 6}$$

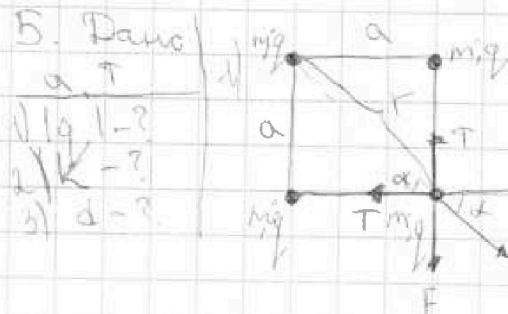
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$F = \frac{kq^2}{a^2} \quad F' = \frac{kq^2}{r^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$r^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \quad r = \sqrt{2a^2} = \sqrt{2}a \quad \alpha = 45^\circ$$

III. К все шары не подвижны, то $\ddot{\alpha} = 0$
 Давно сидят шары

$$2) 3H: \quad F + F \cos \alpha - T = 0$$

$$T = F + F \cos \alpha$$

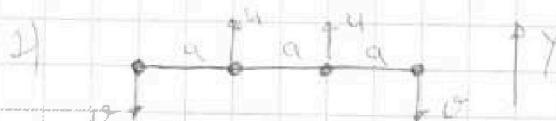
$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot 2$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}kq^2}{4a^2} = \frac{kq^2(4+\sqrt{2})}{4a^2} \Rightarrow$$

$$|T| = 2a \frac{T}{Tc(4+\sqrt{2})} = 2a \sqrt{\frac{TcE_0}{(4+\sqrt{2})}} = 4a \sqrt{\frac{TcE_0}{4+\sqrt{2}}}$$

Найдем общую силу:

$$W_0 = \frac{4kq^2}{a^2} + \frac{2kq^2}{a^2}$$



3) (Учитываем)

$$y: 0 = 2m(1 - 2m\alpha) \Rightarrow \alpha^2 = \frac{1}{2}$$

и т.к. начальные углы
всех шаров будут равны

$$W_K = \frac{3kq^2}{a^2} + \frac{2kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{4kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$3C): \quad W_0 = W_K + 4K$$

$$4K = \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a} - \frac{kq^2}{3a}$$

$$K = \frac{kq^2}{2\sqrt{2}a} - \frac{kq^2}{12a} = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{12} \right) =$$

$$K = \frac{4\sqrt{2}a^2 T c E_0}{4TE_0 \alpha (4+\sqrt{2})} \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{12} \right) = 4a^2 T \left(\frac{1}{2\sqrt{2}} - \frac{1}{12} \right)$$

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!

1

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_1 = V_1$$

$$T^2 = 4 \Rightarrow T = 2$$

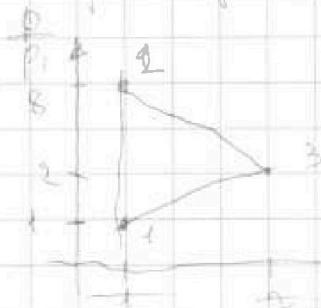
$$p_2 = kV_2 = p_1 + \Delta p$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{1}{2}$$

$$p_2 = 2p_1 \quad V_2 = 2V_1$$



3

1 случай:



$$\frac{m\omega^2}{2} \cdot 3H \cdot y \cdot m g \cdot \frac{1}{2} \cdot m g = m g$$

$$F L - \mu m g L = \frac{1}{2}$$

2 случай:



$$\frac{m\omega^2}{2} \cdot 3H \cdot N + F \sin \theta = m g$$

$$N = m g - F \sin \theta \Rightarrow F_{\text{up}} = \mu m g - \mu F \sin \theta$$

$$\frac{m\omega^2}{2} = F L \cos \theta - \mu m g + \mu F \sin \theta$$

$$F L - \mu m g = F L \cos \theta - \mu m g + \mu F \sin \theta$$

$$F = F L \cos \theta + \mu F \sin \theta \Rightarrow F = \frac{F L \cos \theta + \mu F \sin \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$$

$$\frac{m\omega^2}{2} = \mu m g \Rightarrow S = \frac{m\omega^2}{2\mu g}$$

2 ЗА наче превратили в каскад

$$S = \sqrt{\frac{m\omega^2}{2\mu g}}$$

$$S = \sqrt{\frac{m\omega^2}{2\mu g}}$$

$$F_{\text{up}} = F_{\text{up}} = \mu m g$$

$$K = \mu m g \Rightarrow S = \frac{K}{\mu m g}$$

$$K = \mu m g$$

$$a = \frac{K}{m g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ

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

$$V_0 = \text{const} \quad L = \frac{v_0^2 \sin \alpha}{g} \Rightarrow \left[v_0 = \sqrt{gt^2} \right]$$

$$H = V_0 y t - \frac{gt^2}{2}$$

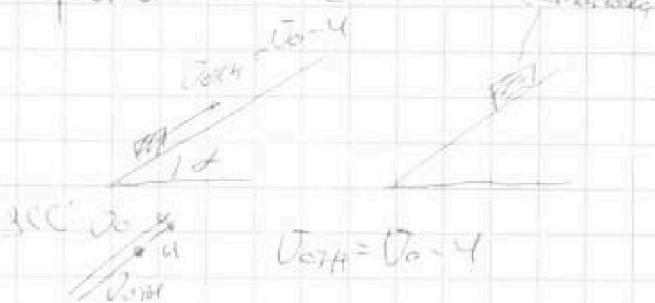
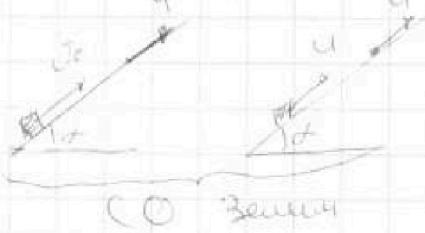
2. a) первая попытка:



$$\begin{aligned} 2 \text{ зн. } x: N &= m \cos \alpha \\ y: ma &= F_{\text{норм}} - m g \sin \alpha \\ ma &= m g \cos \alpha + m g \sin \alpha \\ a &= g(\cos \alpha + \sin \alpha) \end{aligned}$$

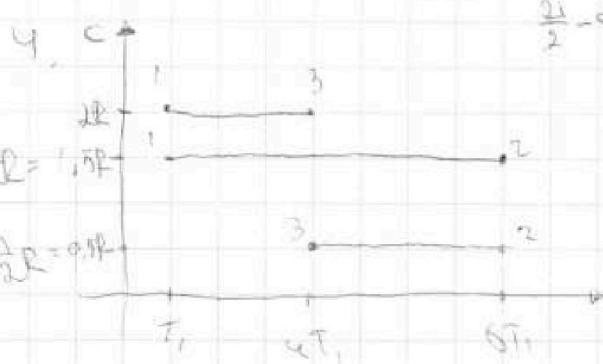
$$S = V_0 t + \frac{at^2}{2} = V_0 t - \frac{1}{2} g(\cos \alpha + \sin \alpha) t^2$$

2) первая попытка со скоростью $(t+1)^{\text{мс}}$



1) при переходе из состояния 1 в 2 супротив нормали сила не меняется \Rightarrow
а также не изменяется

$$0 = V_0 t_1 - a t_1 \Rightarrow T_1 = \frac{V_0 t_1}{a} = \frac{V_0 - 4}{g(\cos \alpha + \sin \alpha)}$$



$$\frac{21}{2} - 8^2 = \frac{21}{2} - \frac{16}{2} - \frac{5}{2} \quad T_1 = T_1 \quad T_3 = 4T_1 \quad T_2 = 8T_1$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot \alpha T$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} - A_{12}$$

$$I R \Delta (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} I T_2 - I T_1$$

$$A_{12} = 0 \Rightarrow 1 \cdot 2 \cdot V \cdot \cos \alpha$$

$$I_{\text{норм}} = -A_3 = \frac{3}{2} I R T_1$$

$$I R \Delta (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} I R \Delta (T_1 - T_3) + A_{31}$$

$$I R \Delta (T_1 - 4T_1) = A_{31} = \frac{1}{2} R^2 \cdot (-3T_1) = -\frac{3}{2} R^2 I$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

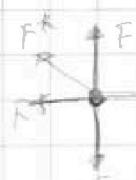
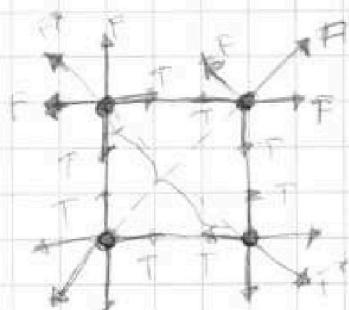
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



$$T = \frac{kq^2}{a} \quad F' = \frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$



$$F'^2 = a^2 + a^2$$

$$F'^2 = 2a^2 - T^2 = a\sqrt{3}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cos 45^\circ$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cos 45^\circ$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\pi}{4}$$

$$\omega^2 T = kq^2 (4 + \frac{\pi}{4})$$

$$|q| = \sqrt{k(4 + \frac{\pi}{4})} = \sqrt{k(4 + \frac{\pi}{4})}$$

$$T = \frac{4kq^2 + kq^2\sqrt{2}}{4a^2} = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4a^2}$$



$$W_0 = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$0 = \ln W_0 - \ln W_1 \Rightarrow 0 = 4$$

$$W_1 = 3 \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{3a^2} =$$

$$\frac{3kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{3a^2} = \frac{10kq^2}{3a^2} + \frac{kq^2}{3a^2}$$

$$= \frac{12kq^2 + kq^2}{3a^2} = \frac{13kq^2}{3a^2} = \frac{13kq^2}{3a^2}$$

$$\frac{13kq^2}{a^2} + \frac{13kq^2}{2a^2} = \frac{13kq^2}{3a^2} + 4K$$

$$4 \cdot \frac{13kq^2}{3a^2} + \frac{13kq^2}{2a^2} = \frac{13kq^2}{3a^2}$$

$$\frac{52kq^2}{9a^2} + \frac{13kq^2}{6a^2} - \frac{13kq^2}{3a^2} = 4K$$

$$K = \frac{1}{4} \left(\frac{52kq^2}{9a^2} + \frac{13kq^2}{6a^2} \right) - \frac{kq^2}{2 \cdot 3a^2} = \frac{kq^2}{12a^2}$$

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!

12 - первая

23 - вторая

31 - третья

$$Q_{12} = \frac{1}{2} R T (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R T (4T_1 - 8T_1) = \frac{1}{2} R T (-4T_1)$$

$$= - \frac{2}{3} \pi R T_1 = - 2 \pi R T_1$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \pi R (8T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 7 \pi \cdot 2 R = \frac{21}{2} \pi R T_1$$

$$Q_{31} = 2 \pi R (T_1 - T_3) = 2 \pi R (T_1 - 4T_1) = 2 \pi R (-3T_1) = - 6 \pi R T_1$$

К исходной первичной температуре в процессе 12 $\Rightarrow Q_{12} + Q_{31} = \frac{21}{2} \pi R T_1$

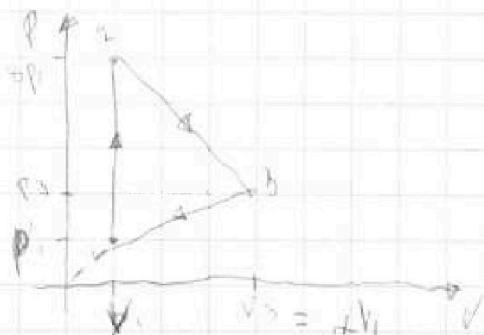
Втак. От сюда вторичная температура $(-Q_{23}) / 4 = (-Q_{31})$

$$Q_{23} = 0.5 R T_1 + 6 \pi R T_1 = 8 \pi R T_1$$

$$Q_{23} - Q_{21} = 0.5 R T_1 (\frac{4}{3} - 8) = \frac{5}{6} \pi R T_1 = A_{\Sigma}$$

$$\frac{Q_{23} - Q_{21}}{Q_{21}} = \frac{\frac{5}{6} \pi R T_1}{2 \pi R T_1} = \frac{\frac{5}{6}}{2} = \frac{5}{12}$$

$V_1 = V_2$, m.e. 1-2 - изохорный



$$p_1 V_1 = 0.5 R T_1$$

$$p_2 V_1 = 2 \pi R \cdot 8 T_1$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 8 \Rightarrow p_2 = 8 p_1$$

$$p_3 V_3 = 2 \pi T_3 = 4 \pi R T_1$$

$$Q_{23} = \frac{1}{2} \pi R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \pi R (T_3 - T_2) + A \Rightarrow A_{23} \gg (V_1, T_1)$$

$A_{23} \ll (V_1, T_1)$

$s_2 = \frac{1}{2} \alpha h$

$$A_{\Sigma} = \frac{1}{2} (s_{p_1} - p_1) (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_3 - \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$$A_{\Sigma} = \frac{3}{2} p_1 (2V_1 - V_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 (\frac{1}{2} - 1) = \frac{3}{2} 0.5 R T_1 (\frac{1}{2} - 1)$$

$$\frac{3}{2} R T_1 = \frac{3}{2} 0.5 R T_1 (\frac{1}{2} - 1) \quad \frac{3}{2} = \frac{3}{2} (\frac{1}{2} - 1)$$

$$C_{p+V} = \frac{1}{2} R + \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R = 2R \quad 5 = 7 \cdot \frac{1}{2} - 7$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

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

МФТИ

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!

$$S = \frac{1}{2} U_0^2 \sin^2 \varphi \quad S = \frac{1}{2} L^2 = \frac{1}{2} \frac{U_0^2 \sin^2 \varphi}{g} = \frac{U_0^2 \cdot 2 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi}{2g} = \frac{U_0^2 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi}{g}$$

$$H = \frac{U_0^2 \sin^2 \varphi}{2g}$$

$$\frac{m U_0^2}{2} = mgH + \frac{m U_0^2 \cos^2 \varphi}{2} + \frac{U_0^2}{2g}$$

$$0,48 \frac{V^2}{5} = \frac{0,096}{5}$$

$$\frac{U_0^2 - U_0^2 \cos^2 \varphi}{2} = gH$$

$$\frac{U_0^2 \sin^2 \varphi}{2} = gH \quad \sin^2 \varphi = \frac{\sqrt{2gH}}{U_0} = \frac{\sqrt{gH}}{U_0}$$

$$U_0 = \frac{10 \cdot 20}{\sqrt{\sin 30}} = \frac{200}{\sqrt{1}} = 200 \text{ V}$$

$$\times \frac{831}{3}$$

$$\sin \varphi = \frac{2 \cdot 10 - 3,6}{\sqrt{10 \cdot 32}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 36}}{10} = \frac{6}{10} = \frac{0,6}{1} = 0,6 \text{ V}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8 \text{ V}$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 0,6 = \frac{1}{2} \cdot 0,48 = \frac{0,48}{5} = 0,096 \text{ J}$$

$$2. [S = U_0 T - \frac{1}{2} g l \mu \cos \varphi + \sin \varphi l T^2 = 6 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 10 (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) \cdot 1^2]$$

$$= 6 - 5 (0,4 + 0,6) \cdot 1^2 = 6 - 5 = 1$$

$$T_1 = \frac{6 - 1}{10 (0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = \frac{5}{10 \cdot 1} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ c}$$

$$3. \text{ Analog} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 9,51 \cdot \frac{100}{200} = 3 \cdot 0,51 = 2493 \text{ Дж}$$

$$n = \frac{5}{2} \approx 0,25 \text{ или } 25\%$$

$$\times \frac{4,8}{2} \\ \underline{- 9,6}$$

$$- \frac{514}{20,258} \\ - 10 \\ - 42 \\ \underline{- 40} \\ - 63 \\ \underline{- 60}$$

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"/> |

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

 **МФТИ**