



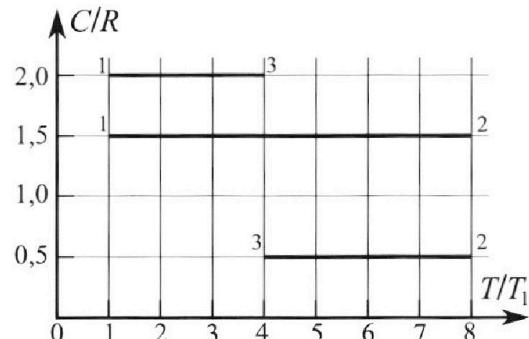
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

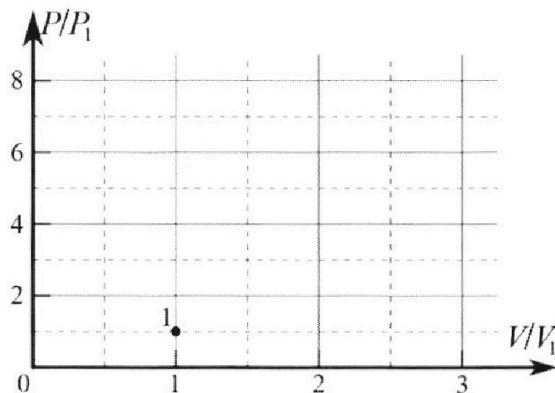


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

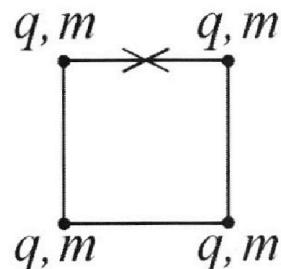


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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





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.

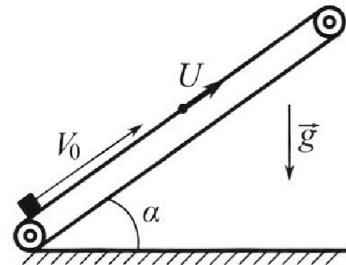
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

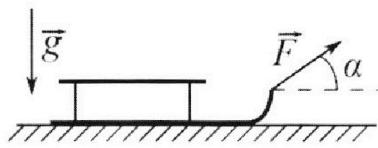
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

$$U = 1 \text{ м/с?}$$

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!

максимальное достигаемое в вершине горизонта
~~расстояние~~ ~~высота~~ = ~~20~~

$$y = S \operatorname{tg} \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \operatorname{tg}^2 \beta$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{-S}{-\frac{g S^2}{V_0^2} \cdot 2} = \frac{V_0^2}{g S^2} \cdot S = \frac{V_0^2}{g S} \quad \begin{array}{l} \beta_1 - \text{угол при} \\ \text{котором} \\ H - \text{макс} \end{array}$$

$$f(\operatorname{tg} \beta_1) = H \Leftrightarrow S \cdot \frac{V_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{V_0^2}{g^2 S^2} =$$
$$= \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{V_0^2}{g} = \frac{V_0^2}{2 g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$

$$\frac{g S^2}{2 V_0^2} = \frac{V_0^2}{2 g} - H \Leftrightarrow g S^2 = \frac{V_0^2}{g} - H$$

~~$$g S^2 = \frac{V_0^2}{g} - H$$~~

~~$$g S^2 = \frac{200}{2 \cdot 10} - 3,6 = 10 - 3,6 = 6,4$$~~

$$\frac{S^2 \cdot 1}{2 \cdot 200} = 6,4 \Leftrightarrow S^2 = 40 \cdot 6,4 = \frac{40 \cdot 6,4}{10} = 2^2 \cdot 8^2 =$$

$$= 16^2 \Leftrightarrow S = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $V_0 = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $S = 16 \text{ м}$

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

Отметьте 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.

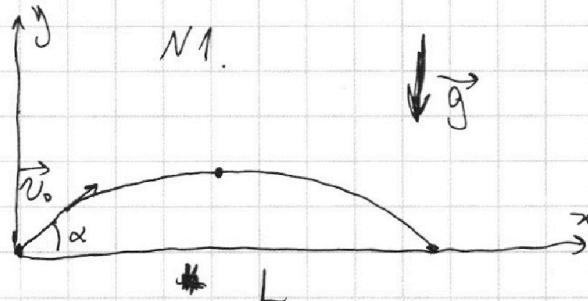


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$



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

если $y=0$, то (меньше уравнения)

$$V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Leftrightarrow V_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \Leftrightarrow t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = t \cdot V_x = t \cdot V_0 \cos \alpha = \frac{2V_0 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$= \frac{V_0^2}{g} \quad \text{и} \quad V_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Пусть β - угол к горизонту, под которым брошен

камень.

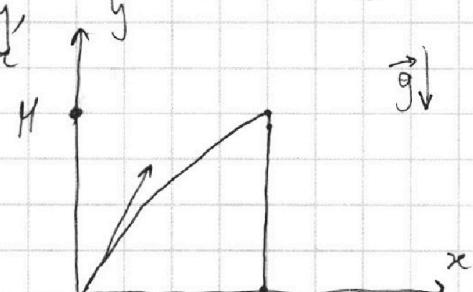
$$\Leftrightarrow t = \frac{x}{V_0 \cos \beta}$$

$$y = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2} =$$

$$= xt \tan \beta - \frac{g \cdot x^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} = xt \tan \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2} (1 + \tan^2 \beta) \Leftrightarrow$$

$$= xt \tan \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2} (1 + \tan^2 \beta) - xt \tan \beta + y = 0$$

или $\tan \beta = \frac{2V_0^2 y}{gx^2}$



$$\Leftrightarrow y = xt \tan \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2} (1 + \tan^2 \beta)$$

и $y = f(t \tan \beta)$ найти максимум $f(t \tan \beta)$

$x = 5$
x - фиксированное
значение ($x=5$)

$y = t \tan \beta$ - меняется

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

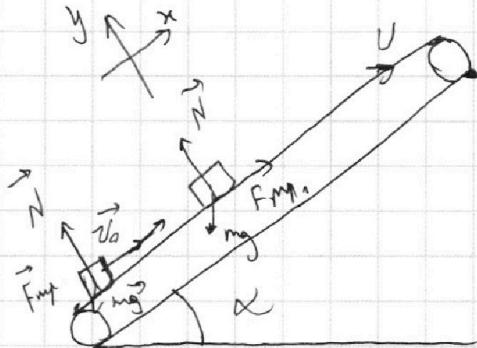
МФТИ

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

Dans:
 $\sin \alpha = 0,6$
 $v_0 = 6 \frac{m}{s}$
 $M = 0,5$
 $T = 1s$

11 S-?

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$



Задачи № 3. Кинематика:

Oy:
 $N = mg \cos \alpha$

ax:

$$mgs \sin \alpha + F_{f\parallel} = ma$$

$$F_{f\parallel} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10 \frac{m}{s^2}$$

(T₂- время, которое прошло alpha-
наклонки)

~~S₁ = V₀T₂ + 0,5gT₂²~~
~~V₁ = V₀ - gT₂~~
~~S₁ = V₀T₂ - 0,5gT₂²~~

Коробка остановилась ($V_1 = 0$)

~~(S₁ - норма за T₂)~~ ~~0,1T₂V₀g + gT₂~~ $V_1 = V_0 - aT_2 \Rightarrow$
 $S_1 = V_0 T_2 - \frac{a T_2^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} =$ $\therefore T_2 = \frac{V_0}{a} = 0,6 s$

$$= 0,6(6 - 5 \cdot 0,6) = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ м}$$

Задачи № 3. Кинематика, когда коробка движется
вниз: (начальная будем направлена вверх по склону)

Oy: $N = mg \cos \alpha$ $mg \sin \alpha - F_{f\parallel} = ma \Rightarrow$

$$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$$

$$= 10 \cdot (0,6 - 0,9) = 2 \frac{m}{s^2}$$

(S₂ - норма за T₂)

$$S_2 = \frac{a_1 \cdot (T - T_2)^2}{2} = 0,9^2 = 0,16 \text{ м}$$

но $S_2 < S_1$, значит коробка не
достигла нач. положения.

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!

$$S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ м}$$

а) 2) a_3 - ускорение коробки при движении вверх
(во второй ступ.)

$$a_3 = a = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{зф } U = U_0 - a_3 \cdot T_1 \Leftrightarrow T_1 = \frac{U_0 - U}{a} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

3) имея движение скорости U коробка начнет движение вниз с ускорением $a' = a_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ (н.к. сна
према бдем движением
вверх по скло-
ну к заб.)

$$0 = U - a T_2' \Leftrightarrow T_2' = \frac{U}{a} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ с}$$

$$S_1' = U_0 T_1 - \frac{a_3 T_1^2}{2}$$

(S_1' - расстояние, которое прошло
брюхом до мом. остановки
коробки его скорость (исходного положения и т.д.)
не стала равной U)

$$= 6 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} =$$

$$= 3 - 5 \cdot 0,25 = \cancel{3,75} \quad 3 - 1,25 = 1,75 \text{ м}$$

$$S_2' = \frac{a' T_2'^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,5^2}{2} = 0,25 \text{ м}$$

(S_2' - расстояние, которое прошло брюхом до мом.
как его скорость стала
равной нулю.)

$$S_1' - S_2' = L = 1,5 \text{ м}$$

Ответ: $S = 1,96 \text{ м}; T_1 = 0,5 \text{ с}; L = \cancel{2,25} \text{ м}$



На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДИНУ** 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!

После прекращения силы F на санки действует
в проекции на ось Ox только $F_{\text{тр}} = \mu mg$

Запишем ЗУЭ:

$$\Delta E_{kz} \approx K = \mu mg \cdot S \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} ; S = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

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

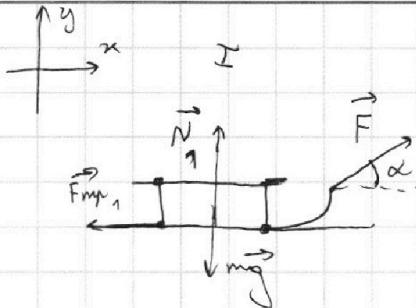
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

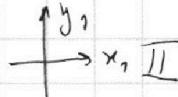
МФТИ



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



N3.



Запишем II закон Ньютона для I случая.

$$N_1 + mg + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр},1} = m \vec{a}$$

ОУ:

$$N_1 - mg + F \sin \alpha = 0 \quad (\Rightarrow) \quad N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр},1} = \mu N_1 = \mu(mg - F \sin \alpha)$$

Запишем II З. Ньютона для 2 случая.

ОУ:

$$N_2 = mg$$

$$F_{\text{тр},2} = \mu N_2 = \mu mg$$

~~Изменение траектории неизвестно~~

$$A_{F_{\text{тр},1}} = -S_1 \cdot F_{\text{тр},1}; \quad A_F = F \cdot S_1 \cos \alpha; \quad A_{F_{\text{тр},2}} = -S_2 \cdot F_{\text{тр},2};$$

$$A'_F = F \cdot S_1 \quad (\text{S}_1 - \text{длина пути, проходимого соколом в конекной форме})$$

И.к. конекий. энергия одинакова у брухов:

$$A_F + A_{F_{\text{тр},1}} = A'_F + A_{F_{\text{тр},2}} \quad \Rightarrow \quad F \cdot S_1 \cos \alpha = S_1 \cdot \mu(mg - F \sin \alpha) =$$

$$= F \cdot S_1 - S_1 \cdot \mu mg$$

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

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

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 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!

Dано:
 $T_1 = 1 \text{ мон}$
 $T_1 = 290 \text{ K}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
 $i = 3$

№4.

$$\begin{aligned} 1) Q_{31} &= C \cdot \Delta T_{31} = \cancel{C \cdot (T - T_1)} = C \cdot (T - 4T) = \\ &= -3CT = \Delta U_{31} + A'_{31} = \\ &= -\frac{3}{2} \cdot R \cdot (+3T) + A'_{31} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A'_{31} &= -3 \cdot 2R \cdot T \neq \frac{3}{2} RT \cdot (-3) = \\ &= -6RT - \frac{9}{2} RT = -10,5 RT \end{aligned}$$

$$2) A'_{31} = -6RT + \frac{9}{2} RT = -1,5 RT$$

$$\begin{aligned} A'_{31} &- \text{работа газа, } \cancel{\text{затраченная}} \quad A'_{31} = -A'_{31} = 1,5 RT = \\ &= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 290 = 24,93 \cdot 10^3 = 2493 \text{ Дж} \end{aligned}$$

$$3) \text{ в процессе } 1-2 \quad C_{12} = 1,5 R = \frac{i}{2} R \cancel{\text{Дж}}$$

значит процесс изохорический

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Leftrightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 = \frac{8T_1}{T_1} P_1 = \cancel{8P_1} \boxed{8P_1}$$

$$\begin{aligned} \text{расмотрим процесс } 2-3: \\ Q_{23} = C_{23} \Delta T = \Delta U_{23} + A_{23} = 6,5 R \Delta T - 1,5 R \Delta T = A_{23} = \end{aligned}$$

Процесс с постоянной температурой, описываемый формулой:

$$C = C_V \quad \frac{C = C_P}{C - C_V} = \text{const}$$

$$PV = \text{const}$$

$$\text{В процессе } 2-3 \quad C = 0,5 R \cancel{\text{Дж}}$$

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

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!

В процессе 1-3-1 $C = 2R$, значит

$$pV^{\frac{2-2,5}{2-1,5}} = pV^{\frac{-0,5}{0,5}} = pV^{-1} = \frac{P}{V} = \text{const}$$

в процессе 2-3

$$(2) \quad pV^2 = \text{const} \quad \Rightarrow T \cdot V = \text{const} \Rightarrow V \cdot T = \text{const}$$

$$V_2 \cdot 8T_1 = V_3 \cdot 9T_1 \Leftrightarrow V_3 = 2V_2 \quad \cancel{\Rightarrow V_3 = 2V_1}$$

$$p_2V_2 = JRT_2 = 8JRT_1 \Leftrightarrow p_2V_2 = 8JRT_1 \Leftrightarrow p_2 = 8JRT_1 \quad \cancel{V_2 = V_1}$$

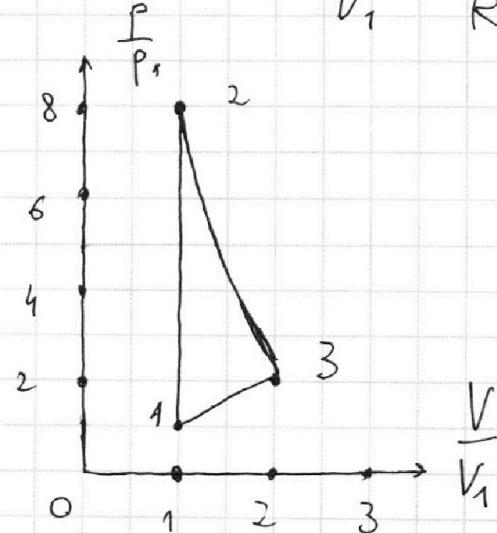
$V_2 = V_1$ мк. 1-2 изотермический процесс

$$\boxed{V_3 = 2V_1}$$

$$p_3V_3 = JRT_3 \Leftrightarrow p_3 \cdot 2V_1 = R \cdot 9T_1 \Leftrightarrow$$

$$p_3 = \frac{2T_1 R}{V_1} ; \quad p_1V_1 = JRT_1 = RT_1 \Leftrightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{P_1}{R}$$

$$P_3 = 2R \cdot \frac{P_1}{R} = \boxed{2P_1}$$



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) Найдем КПД & η цикла

Ак разрыв $Q_{12} = C_{12} \cdot (8T_1 - T_1) = 1,5R \cdot 7T_1 =$

$$= \frac{21}{2} RT_1$$

$Q_{23} = Q_{12}$ $Q_{23} = C_{23} \cdot (4T_1 - 8T_1) = 0,5R \cdot -4T_1 =$
 $= -2RT_1$

$Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - 4T_1) = 2R \cdot (-3) \cdot T_1 = -6RT_1$

$Q_x = -6R$ $Q_{31} + Q_{23} = -8RT_1$; $Q_x = \frac{21}{2} RT_1$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{|Q_H|} = 1 - \frac{8 \cdot 2}{21} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21} \approx 0,24$$

Ответ: 1) $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

2) $\eta \approx 0,24$

3) см. рис.



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!

м.к. кинематическая:

$$x_5 = x_3 \cos \alpha$$

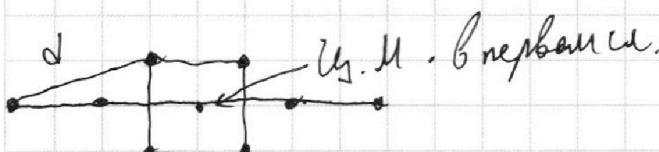
$$x_6 = x_2 \cos \alpha = x_3' \cos \alpha$$

Запишем ЗСД:

$$m \ddot{x}_2 + m \ddot{x}_4 + m \ddot{x}_6 = 0$$

по м.о. движению $\ddot{x}_6 \Rightarrow M \cdot \text{ч} m a_{y,6} = 0 \Rightarrow a = 0$

У. М. остановка на шесте



Напомним где короткая
запороть

У. М. во втором

$$d = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{3a}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{a^2}{2}\right) \cdot (1+9)} =$$

$$= \frac{a}{2} \sqrt{10}$$

$$\text{Ответ: 1) } q = a \sqrt{\frac{8T\sqrt{2} \pi \varepsilon_0}{(2\sqrt{2}+1)}}$$

$$2) V = g q \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{2}-1}{25m a \pi \varepsilon_0}}$$

$$3) d = \frac{a}{2} \sqrt{10}$$

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!

Найдем конечную потенциальную энергию системы:

$$\begin{aligned}W_K &= W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{23} + W_{24} + W_{34} = \\&= \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{2a} + \frac{Kq^2}{3a} + \frac{Kq^2}{a} + \frac{Kq^2}{2a} + \frac{Kq^2}{a} = \\&= \frac{Kq^2}{a} \cdot \frac{13}{3}\end{aligned}$$

π. к. работа сил притяжения равна нулю
затемнил ЗС(?)

$$\begin{aligned}W_H &= W_K + E_K \Leftrightarrow E_K = \frac{Kq^2}{a} \left(q + \sqrt{2} - \frac{13}{3} \right) = \frac{Kq^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) = \\&= \frac{Kq^2}{3a} \cdot 3\sqrt{2}(3\sqrt{2}-1)\end{aligned}$$

$$E_K = \frac{mV^2}{2} \cdot 4 = 2mV^2 = \frac{Kq^2}{3a} (3\sqrt{2}-1) \Leftrightarrow V^2 = \frac{Kq^2}{6am} (3\sqrt{2}-1)$$

$$\therefore V = q \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{2}-1}{24ma\epsilon_0 \cdot \pi}}$$

Всё движение симметрично
шаров 2 и 3 не имеют

одинаковые преломления на оси о y_1 , а

$v_1' = v_2' = v_3'$ - склонение 2-й шары

$(v_5' + v_6') = v_4'$ - склонение 1 шары.

$v_6' + v_1' = v_4'$ - склонение 1 шары.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

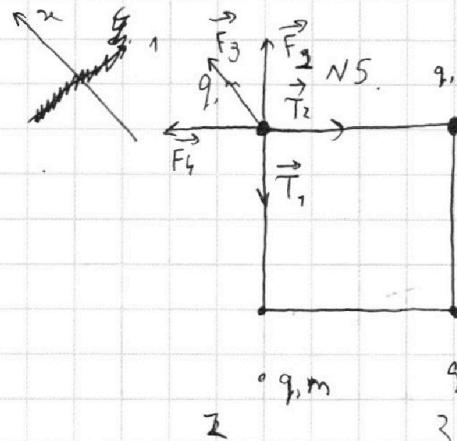
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Дано:
 a, T



$$1) |q_1| = ?$$

1) Гашення першої
шарів.

T_1, T_2 - сили контакту
підпіжки, дієствуєчі на
нігах

F_2, F_3, F_4 - сили вітру -
на

III. к. шар після згинання $a_1 = 0$ замінили 2 згини K_6 -
шарів

для цього

$$(1) F_4 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 45^\circ + F_3 - 2T \cos 45^\circ = 0$$

$$F_2 = F_4 = \frac{k q^2}{a^2} \quad (K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0})$$

$$F_3 = \frac{k q^2}{(\sqrt{2} \cdot a)^2} = \frac{k q^2}{2a^2}$$

$$(1) \frac{k q^2}{a^2} (\sqrt{2} + \frac{1}{2}) + \frac{k q^2}{2a^2} = 2T \cos 45^\circ$$

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

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

$$(1) \frac{\sqrt{2}}{2} \left(\frac{2kq^2}{a^2} \right) + \frac{kq^2}{2a^2} = 2T \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

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!

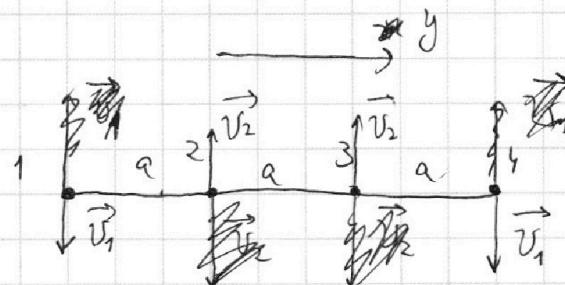
$$\frac{kq^2}{a^2} (2\sqrt{2} + 1) = 2T\sqrt{2} \quad q^2 = \frac{2T\sqrt{2}}{(2\sqrt{2} + 1)k} \cdot a^2$$

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

2)

По ЗСУ.

В симметрии



$V_2 = V_3$; $V_1 = V_4$; Тут же ~~такая~~ любая скорость имеет ненулевую проекцию на ось Оу. Поэтому в

ити переносим эти составляющие вниз у каждого пары 'и тогда симметрия удачается ~~все~~ влево и вправо'. Но можно не иметь быть всему симметрии.

Значит скорости всех пар обуславливают перенесенные при этом.

$$\text{по ЗСУ: } 2m\vec{V}_1 = -2m\vec{V}_2 \Leftrightarrow \vec{V}_1 = -\vec{V}_2$$

$$\text{значит } |V_1 + V_2| = V$$

Найдем начальную скорость. Энергия системы.

$$W = \frac{kq_1 q_2}{r} \quad (\text{обратимся к 2 задачам})$$

$$W_C = W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{23} + W_{24} + W_{34} = \frac{kq^2}{a}$$

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

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



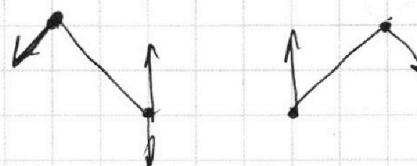
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

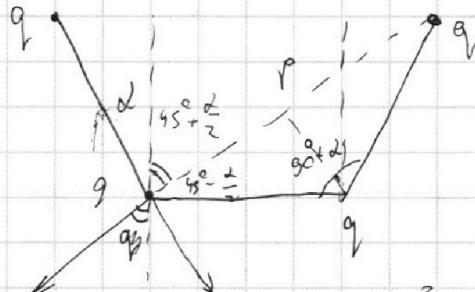
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$P^2 = q^2 + a^2 - 2qa \cos(90^\circ + \alpha)$$

$$\cos \alpha = 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 1$$

$$90^\circ + \frac{\alpha}{2}$$

$$2a \sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) = P$$



$$\frac{kq^2}{a^2} \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{kq^2}{a^2} \sin^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) - \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})$$

$$\frac{kq^2}{a^2} \left(\cos \alpha \times \frac{\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})}{\sin^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2})} \right)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2})$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{q} \left(\frac{\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} \right) = \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha + \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})}{2 \sin \alpha} =$$

$$\frac{\sin 2\alpha + \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}{2 \sin \alpha} = 2 \sin \left(\frac{\frac{3\alpha}{2} + 45^\circ}{2} \right)$$

4
1
2
3

$$\sin(x+y) + \sin(m-y) = 2 \sin x \cos y$$

the zdrobito myo Es

$$\frac{2\sqrt{2}}{2}$$

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 2 + \frac{1}{2} = 4 + \frac{1}{3} = \frac{13}{3}$$

$$10 \cdot \frac{13}{3} \leq 4\sqrt{2}$$

$$13 \leq 12 + 3\sqrt{2}$$

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

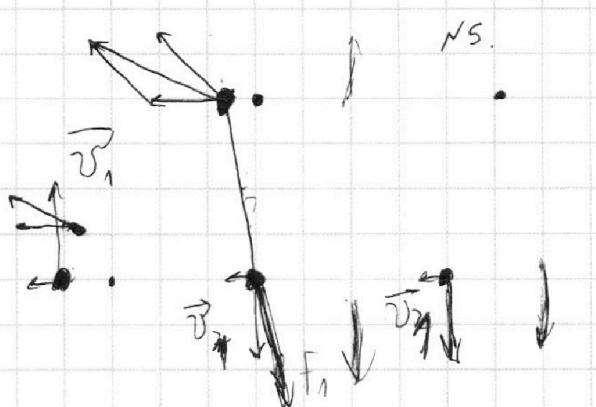
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



н5.

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 197 \\ \hline 17 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 168 \\ \hline 18 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 50 \\ 42 \\ \hline 89 \\ -63 \\ \hline 170 \\ -168 \\ \hline 2 \end{array}$$

(система симметрична, значит симметричные скорости

$$W_1 + K_1 = Mv_2 + K_2 \Leftrightarrow K_2 = W_1 - W_2$$

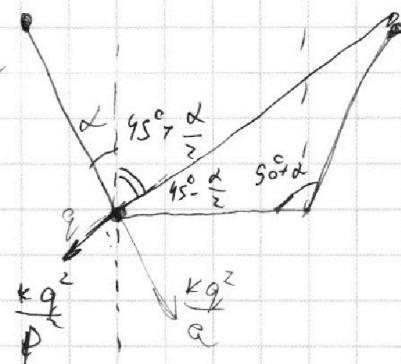
$$a(\alpha)$$

$$\frac{pV^2}{p} = \frac{c}{V^2}$$

$$\begin{aligned} p^2 &= \alpha^2 + \alpha^2 - 2\alpha^2 \cos(90^\circ + \alpha) = \\ &= 2\alpha^2(1 + \sin\alpha) \end{aligned}$$

$$\frac{Kq^2}{2\alpha^2(1 + \sin\alpha)}$$

$$f(\alpha)$$



$$F = r \cdot a = \frac{F(\alpha)}{m}$$

$$\int a(\alpha) = \dot{\theta}(\alpha) \quad \int V(\alpha) = x(\alpha)$$

$$\frac{Kq^2}{\alpha} \cdot \cos\alpha$$

$$\frac{Kq^2}{2\alpha^2(1 + \sin\alpha)} \cdot \cos(90^\circ + \frac{\alpha}{2})$$

$$1 + \cos(90^\circ - \alpha) = 2 \cos^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$$

$$\frac{Kq^2}{4\alpha^2 \cos^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}$$

$$x_{\alpha}$$

$$\frac{x_{\alpha}}{21} = \frac{0,24}{21}$$

$$+ \frac{24}{24}$$

$$\frac{5,04}{5,04}$$

$$1 + \frac{8}{2} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{24}{24} = \frac{1}{1}$$

$$\frac{3 \cdot 0,3}{2} = 0,45$$

$$1 - 0,45 = 0,55$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

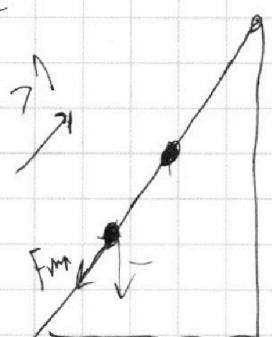
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

$$-4 - 5 \cdot 6$$

$$-5,5 RT_1$$



N3.



$$\frac{0,25}{17,5}$$

$$\frac{0,25}{17,5}$$

$$\frac{0,25}{17,5}$$

$\text{m} \sin \alpha / \mu \text{ m} \cos \alpha$

$$\frac{3}{7} = \tan \alpha / \mu$$

T - залеж

$$A_{23} = -R \cdot 4 T_1 = a = \text{const}$$

N9.

3-1

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\Delta V = 2 \text{ м}^3$$

4

$$\frac{0,5}{0,8}$$

$$0,9 + 0,6$$

$$\frac{5}{10} \cdot \frac{8}{10} = \frac{40}{100} = 0,4$$

$$3,6 \quad 5 \cdot 0,36$$

$$Q_{31} = C \Delta T = 2 R \Delta T = -6 R \cancel{RT} \quad 3,6 - 1,8 = 1$$

$$= 2 V \times A = -1 RT$$

$$3,6 \quad 3,00$$

$$\frac{5}{12} \cdot \frac{1,25}{1,25}$$

$$2,75$$

$$\frac{9-12}{2} =$$

$$-0,65$$

$$+ 0,31$$

$$0,31$$

$$24,93$$

$$3$$

$$3,18$$

$$0,6 \cdot (5 - 5,0)$$

$$3,18$$

$$Q = \frac{1}{2} \cancel{JRAT} \text{ если } \cancel{V} = 0$$

$$Q = \frac{1}{2} \cancel{JRAT} + \cancel{JRAT}$$

$$\frac{172}{2} \quad Q = 1,5 \cancel{JRAT} + A \quad A = -JRAT$$

$$A = -R \Delta T = -R \cdot (4 T_1) = 0,5 R \cdot \cancel{\Delta T} = 1,5 R AT + A \\ = 4 T_1 R_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

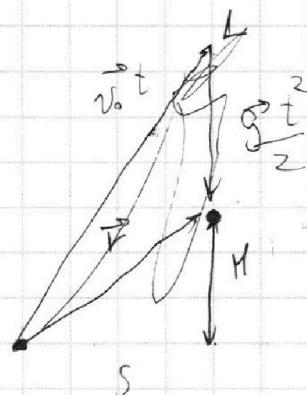
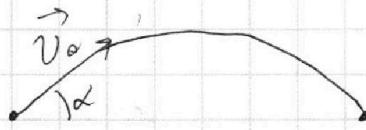


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

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

№1.



$$1) V_{0 \cos \alpha} \cdot t = \frac{2 V_0 \cos \alpha V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\Rightarrow V_0 \cos \alpha V_0 = g t \Leftrightarrow$$

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$



$$< \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\vec{r} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$\text{sof } \begin{cases} 21 \\ -50 \\ -62 \\ -80 \\ -63 \end{cases} \quad \begin{cases} 21 \\ -50 \\ -62 \\ -80 \\ -63 \end{cases}$$

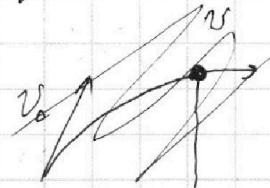
$$\Rightarrow V_0 \cos \alpha t = \alpha \cdot t \Rightarrow t = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$y = V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = \alpha t \tan \alpha - \frac{g \cdot x^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 V_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$H = S \tan \alpha - \frac{g x^2}{2 V_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$H = S \tan \alpha - \frac{S^2}{2 V_0^2} - \frac{g S^2 \tan^2 \alpha}{2 V_0^2} = \frac{g S^2}{2 V_0^2} \tan^2 \alpha - S \tan \alpha \cdot \frac{g S}{2 V_0^2} + H = 0$$



стабильн

$$x_0 = \frac{\tan \alpha V_0^2}{g S^2}$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{1}{1-\frac{1}{2}} = \frac{2}{1} = 2$$

$$P = \tan^2 \alpha - \left(\frac{g S^2}{V_0^2} \right)^2 - 4 H$$

$$+ \frac{g \cdot 3}{2} = C = (\sqrt{1 + \frac{1}{2}})^2 = \frac{3}{2}$$

$$pV \cdot \frac{C_V}{C_P} = \text{const}$$

$$\begin{array}{r} 1,41 \\ + 1,41 \\ \hline 2,82 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,23 \\ + 0,23 \\ \hline 1,46 \end{array}$$

$$\frac{i+3}{2} = \frac{5}{2} k$$

$$\begin{array}{r} 1,23 \\ + 0,23 \\ \hline 1,46 \end{array}$$