



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



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

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

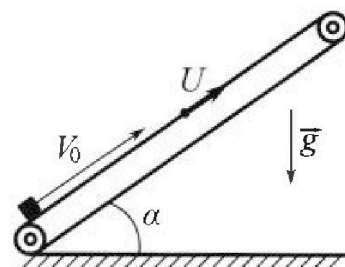
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



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

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

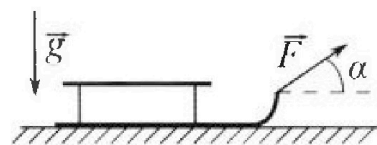
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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

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

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



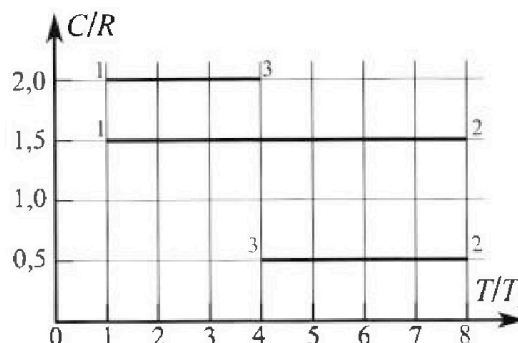
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

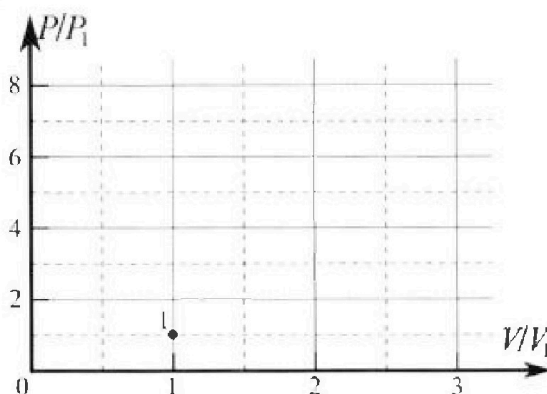
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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).

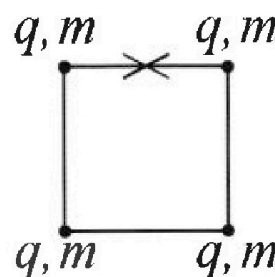


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

МФТИ

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



Задача №1

$\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $H = 3.6 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $V_0 = ?$



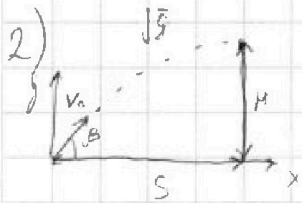
1) выписываем канонические уравнения для оси Ox и Oy

T - время всего полета $\Rightarrow \frac{T}{2}$ - время до середины полета (вершина траектории)
проекции на ось Ox в силу симметрии времени и самого полета

$$\begin{cases} V_0 \cdot \cos \alpha \cdot T = L \\ g \cdot \frac{T}{2} = V_0 \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (\text{условие } V_y = 0 \text{ для вершины точки})$$

$$\Rightarrow T = \frac{2V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \Rightarrow \frac{V_0^2 \cdot 2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha}{g} = L$$

$$\Rightarrow \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = L \Rightarrow V_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{\sin(2 \cdot 45^\circ)}} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



β - угол броска L - время полета до стены.

$$V_0 \cdot \cos \beta \cdot t = S \rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cdot \cos \beta}$$

$$H_s = V_0 \cdot \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow H_s = \frac{V_0 \cdot S \cdot \sin \beta}{V_0 \cdot \cos \beta} - \frac{g \cdot S^2}{V_0^2 \cdot 2 \cdot \cos^2 \beta}$$

Высота до вершины т.е. высота стены на расстоянии S от начала.

$$= S \cdot \tan \beta - \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} \quad \left(1 + \tan^2 \beta = 1 + \frac{\sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{\cos^2 \beta + \sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\cos^2 \beta} \right)$$

$$= S \cdot \tan \beta - \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot (1 + \tan^2 \beta) = S \left(\tan \beta - \frac{gS}{2V_0^2} (1 + \tan^2 \beta) \right)$$

Используем параметр только β т.е. и $\tan \beta$, и относительно него H - квадратичный многочлен с отриц. коэф. при $\tan^2 \beta$ т.е. парабола ветвями вниз, максимум которой в вершине (H максимального т.е. $(\tan \beta)_{\text{opt}} = \frac{-1}{2 \cdot \frac{gS}{2V_0^2}} = \frac{V_0^2}{gS} \Rightarrow H = S \cdot \left(\frac{-gS \cdot V_0^2}{2V_0^2 \cdot gS \cdot gS} + \frac{V_0^2}{gS} - \frac{gS}{2V_0^2} \right)$

$$= S \cdot \left(\frac{V_0^2}{2gS} - \frac{gS}{2V_0^2} \right) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} \Rightarrow \frac{gS^2}{2V_0^2} = \frac{V_0^2}{2g} - H \Rightarrow S^2 = \frac{V_0^4}{g^2} - \frac{2V_0^2 H}{g}$$

$$\Rightarrow S = \sqrt{\frac{V_0^4}{g^2} - \frac{2V_0^2 H}{g}} = \sqrt{\frac{(1000)^4}{10^4} - \frac{2 \cdot (1000)^2 \cdot 3.6}{10}} = \sqrt{\frac{40000}{100} - \frac{2 \cdot 1000 \cdot 3.6}{10}} = \sqrt{400 - 36} = \sqrt{364} \approx 19.1 \text{ м}$$

$$= 2 \cdot 8 = 16 \text{ м} \leftarrow \text{отв}$$

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!

Задача №2

$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$V_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$u = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$S, t, L - ?$

$$F_{\text{тр}} = \mu N; N = mg_y = mg \cdot \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = m a_{\text{тр}} \quad (2 \text{ 3-й Ньютона})$$

$$g_x = g \cdot \sin \alpha$$

$$\text{из кинематических соотношений по осям: } S = V_0 T - \frac{(g_x + a_{\text{тр}}) T^2}{2}$$

$$= V_0 T - \frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2} = 6 \cdot 1 - \frac{10 \cdot (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 1^2}{2} = 6 - 5 = 1 \text{ м}$$

т.е. S вычислен до ~~перехода еще не останавливаясь~~
 проверим, что скорость еще не стала отрицательной и $F_{\text{тр}}$ не меняет
 направления. $V(T) = V_0 - g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot T = 4 \text{ м/с}$ скорость
 направлена уже в другую сторону т.е. $F_{\text{тр}}$ должен поменять свое направление
 и полученная нами S не имеет физического смысла.

рассмотрим $\rightarrow$ продолжение

до остановки (время t_1)

$$\text{остановка при } V_0 = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot t_1 \quad \text{т.е. } t_1 = \frac{V_0}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

$$\text{тогда } S_1 (\text{до остановки}) = V_0 t_1 - \frac{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_1^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - 5 \cdot 0,6^2 = 0,6 (6 - 0,3)$$

$$\text{после } S_1 \text{ } F_{\text{тр}} \text{ наоборот направлено в другую сторону.} \quad = 1,8 \text{ м}$$

$$\text{т.е. } S_2 = \frac{g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \cdot (t - t_1)^2}{2} = \frac{10 \cdot (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,6)^2}{2} = 0,16 \text{ м}$$

$$\Rightarrow S = |S_1| + |S_2| = 0,6 + 0,16 = 0,76 \text{ м}$$

т.к. движение равноускоренное по отрез. 1 м/с и 0 с .

2) перейдем в ИСО транспорта $\text{где } \vec{S} = \vec{S}_{\text{м}} - u$ тогда, если $\vec{S}_{\text{м}}$ тогда
 приобретает скорость u и она останавливается в ИСО .

т.е. можно переформулировать задачу в формулировку на неподвижном
 транспорте с $V_0 = V_0 - u$, через какое время она остановится.

используем полученный в первом пункте

$$T_1 = \frac{(V_0 - u)}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача №2 (Продолжение)

3) В коток с.о. вопрос дуга зегать, на како
расстояние от т. старта (с какой скоростью двигаться)

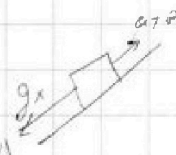
↓ скорость = -u

т.е. скорость время t_1 (из прошлого пункта) Для момента направление

и за время t_2 возникли силы до -u

$$u = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \cdot T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{u}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$\Rightarrow T_{\text{вс}} = T_1 + T_2 = 0,5 + \frac{1}{10 \cdot 0,2} = 0,5 + 5 = 5,5 \text{ с}$$



пути, пройденный
лентой

тогда L от точки старта = $S(T_1) - S(T_2) + S_{\text{ленты}}$

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

$$S(T_2) = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) T_2^2}{2}$$

$$S_{\text{ленты}} = u \cdot T_{\text{вс}}$$

$$\Rightarrow S(T_1) = 5 \cdot 0,5 - 5 \cdot 0,5^2 = 0,25 \cdot (1 - 0,5) = 1,25 \text{ м}$$

$$S(T_2) = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,5^2 = 0,125 \text{ м}$$

$$S_{\text{ленты}} = 1 \cdot \frac{0,5}{1} = 0,5 \text{ м}$$

$$\Rightarrow L = 1,25 + 0,125 + 0,5 = 1,875 \text{ м}$$

$$L = 1,25 + 0,125 + 0,5 \approx 2 \text{ м}$$

$$= 1,875 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

Задача №3 χ, m, μ

так как силы разгоняющей χ одинаковы в промежуток пути (по χ)
затрачивается только на трение и кинетическую энергию, поэтому запишем З.С.Э:

$$A_F = A_{тр} + K \quad A_{тр} = F_{тр} \cdot S \quad F_{тр} = \mu N$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F \cdot \chi = \mu mg \cdot \chi + K \\ F \cdot \chi \cdot \cos \alpha = \mu mg \cdot \chi - \mu F \cdot \sin \alpha \cdot \chi + K \end{cases} \quad \begin{matrix} N_1 = mg \\ N_2 = mg - F \cdot \sin \alpha \end{matrix}$$

$$A_{F1} = F \cdot \chi \quad A_{F2} = F \cos \alpha \cdot \chi$$

$$\Rightarrow L(F - \mu mg) = K + \mu mg L$$

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

$$\Rightarrow F = \frac{K}{L(\cos \alpha + \mu \sin \alpha - \mu)} \Rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \rightarrow \text{ответ}$$

если $\alpha = 0$, то может быть любой μ
если $\alpha = \frac{\pi}{2}$, то $\mu = 0$ это невозможно

2) $K = \mu mg \cdot S$ (из З.С.Э. для 2 случаев)

$$\Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg} \rightarrow \text{ответ}$$

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!

 $i = 3$ (соднот. газ)

Задача № 4 $T_1 = 200 \text{ K}$; $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$; $V = 1 \text{ моль}$

Formule 1. Wertes Temperaturkoeffizient: $\Delta Q = \Delta A + \Delta u \quad | : \Delta T \cdot J \Rightarrow C = \frac{A}{\Delta T \cdot J} + \frac{\Delta u}{\Delta T \cdot J} \quad | : R$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot J R \Delta T \Rightarrow \frac{C}{R} = \frac{A}{4T \cdot J R} + \frac{3}{2}$$

тогда ясно, что в уравнении 12 - $A=0$ т.е. $k=\text{const}$
узокорпус.

Но в центре нашего цикла (центр тяжести) $13 \rightarrow A > 0$ газ нагревается - окисляется. Ясно

23 → A до град охладж + водна сакупина B2 → A до град нагрет, подним сакуп.

3-1 → ASC (10%) OTC + 10% KVM (10%) OTC

Ясно, что т.п. на графике $c = \text{const} \Rightarrow A \sim \Delta t$ т.е. $\Delta A \sim \Delta T$

$$1) \frac{A_{31}}{\Delta T_{31} \cdot R} = \left(\left(\frac{C}{R} \right)_{31} - \frac{3}{2} \right) \Rightarrow A_{31} = \Delta T_{31} \left(\left(\frac{C}{R} \right)_{31} - \frac{3}{2} \right) \cdot R$$

$$= -(-3)^{11} \cdot \left(2 - \frac{3}{2} \right) \cdot 1,831 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^8 = 12,465 \cdot 10^8 = 1,2465 \cdot 10^9 = 1,2465 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$2) \text{ A } \frac{Q_{\text{gross}}}{Q_{\text{gross}}} = \eta \quad Q_{\text{gross}} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} + C_{23} \cdot \Delta T_{23} + C_{31} \cdot \Delta T_{31}$$

$$= \frac{3}{2} R \cdot 7 T_1 - \frac{1}{2} \cdot 4 T_1 - 2 \cdot 3 T_1 = 2 T_1 \cdot \left(\frac{21 - 1 - 12}{2} \right)$$

$$= R T_1 \cdot 4 = 831.200 \cdot 4 = 6648 \text{ J}$$

из ранее указанного

$$A_{\text{NO,CH}} = (C_{12} - \frac{3}{2}R) \cdot \Delta T_{12} + (C_{23} - \frac{3}{2}R) \cdot \Delta T_{23} + (C_{31} - \frac{3}{2}R) \cdot \Delta T_{31}$$

$$= (\frac{3}{2} - \frac{1}{2})R \cdot T_1 \cdot 4 + (\frac{3}{2} - 2)R_{T_1} \cdot 3 = R T_1 \cdot (4 - \frac{3}{2}) = R T_1 \cdot \frac{5}{2}$$

$$= 500 \cdot 8,31 = 4155 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{5}{2}RT_1}{4RT_1} = \frac{5}{8} = 0,625 \rightarrow 62,5\%$$

3) $V_2 = V_1$ (изохор.) $P_2 = \frac{p R T_2}{V_2}$ $\leftarrow$ сох. ур. МКТ $\Rightarrow p R T_2 = p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$
 $p R T_1 = p_1 \cdot V_1$ $\leftarrow$ $= p_1 \cdot V_2 \cdot \frac{T_1}{T_2}$

$$\Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 1013 \cdot \frac{273}{300} = 912 \text{ hPa}$$

$\frac{C}{P} = \frac{3}{2}$ соответствует углу наклона касательной для 23 $k = -\frac{1}{2}$
для 31 $k = -\frac{1}{2}$



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

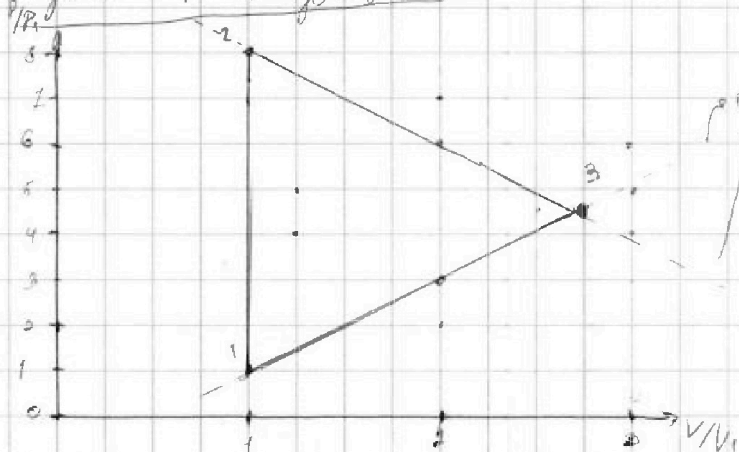
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Задача №4 продолжение



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!

Подставим найденные R и r в q^2 :

$$\Rightarrow k = q \cdot T \cdot \frac{1 + \frac{1}{\sqrt{2}}}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}} = a \cdot T \cdot \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} + 2}{2\sqrt{2} + 1} = a \cdot T \cdot \frac{\sqrt{2} + 6}{3(2\sqrt{2} + 1)} = \frac{4 - \sqrt{2} + 12\sqrt{2} - 6}{3 \cdot 4} \cdot a \cdot T = a \cdot T \cdot \frac{11\sqrt{2} - 2}{21}$$

так как полученная схема (все на одной прямой) является равновесием

T коленирует F_{12} то будем считать, что эта установка

симметрична (фигура).

в силу симметрии они могут приобрести только ширину

$\perp$ разрывной нити. Движение внешнего заряда происходит по дуге окружности

найдем это положение из закона сохранения U масс

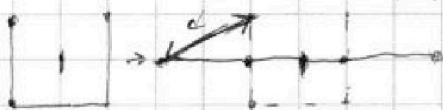
т.к. внешние силы не действуют

изначальная U м находится в центре квадрата.

затем он находится между зарядами 1 и 2 .

т.е. $\Delta l = a/2$ U м. сместился на $a/2$ влево

т.е. U м. сместился на $a/2$ от центра квадрата



важно, что тогда $d = \sqrt{a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = a \cdot \sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{\sqrt{5}a}{2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

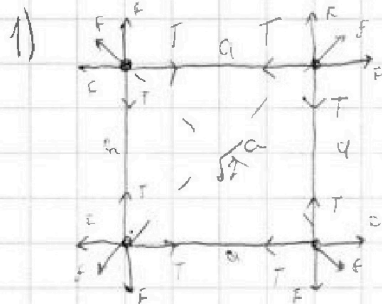
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 15



заметьте, что любых соседних зарядов должны быть одного знака. т.к. в ином случае они притянулись, а сил действующих по диагонали будет отталкивающая сила с меньшей силой. т.к. из зарядов одинаковых, рассмотрим его $\Rightarrow$ все шары одинаковы

тогда система симметрична и все силы

T одинаковые, рассмотрим один заряд F - силы от двух других зарядов их результирующая $= \sqrt{2}F$ и направлена по диагонали наружу, и суммируется со второй от $\sqrt{2}T$ и сила F

тогда условие равновесия: $\sqrt{2}T = F \cdot \sqrt{2} \Rightarrow T = F$

$$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 5 \cdot 2a^2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a^2} \Rightarrow q^2 = \frac{4\pi\epsilon_0 a^2}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 a^2}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$$

2) для системы выполняется З.СЭ, поэтому $K = W_{\text{мех}} - W_{\text{электр}}$

$$\Rightarrow K = q \cdot (\varphi_{\text{нач}} - \varphi_{\text{конеч}})$$

в начальном моменте есть только эл. потенциальная энергия зарядов.

рассмотрим любой из зарядов, у которого совершалась к-ть

$$\varphi_{\text{нач}} = 2\varphi_c + \varphi_d$$

соседний - диагональный за $\varphi = 0$ приближенно удален на бесконечность

$$\varphi_c = E_c \cdot a = \frac{F}{q} a = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot a}$$

$$\varphi_d = \frac{F}{q} \cdot \sqrt{2}a = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot \sqrt{2}a} \Rightarrow \varphi_{\text{нач}} =$$

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

теперь найдем $\varphi_{\text{конеч}}$

$$= \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot a} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right) = \frac{11}{6} \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot a}$$

$$\Rightarrow K = \Delta\varphi \cdot q = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a} \cdot \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{11}{6}\right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{6}\right)$$





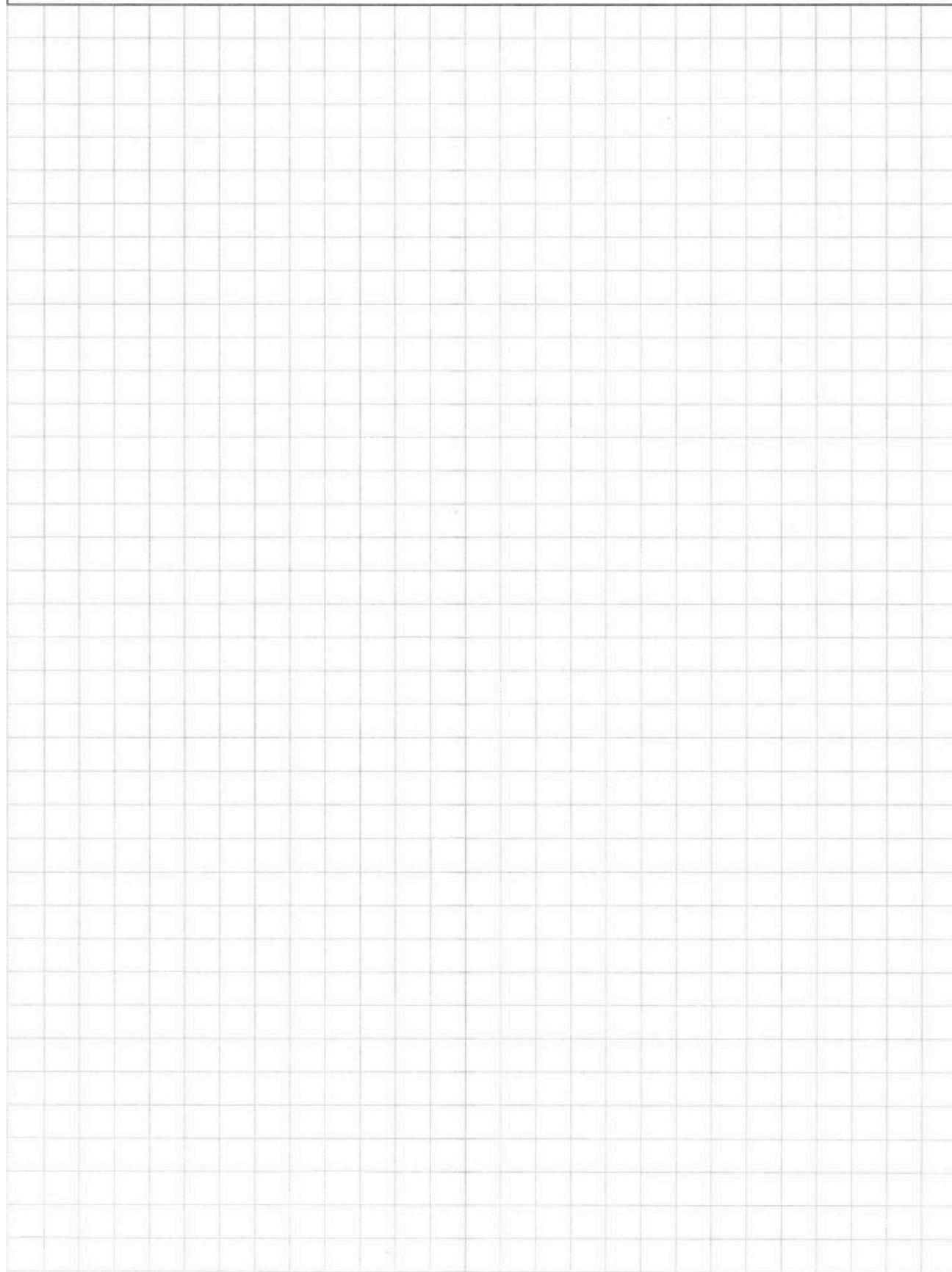
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

☐

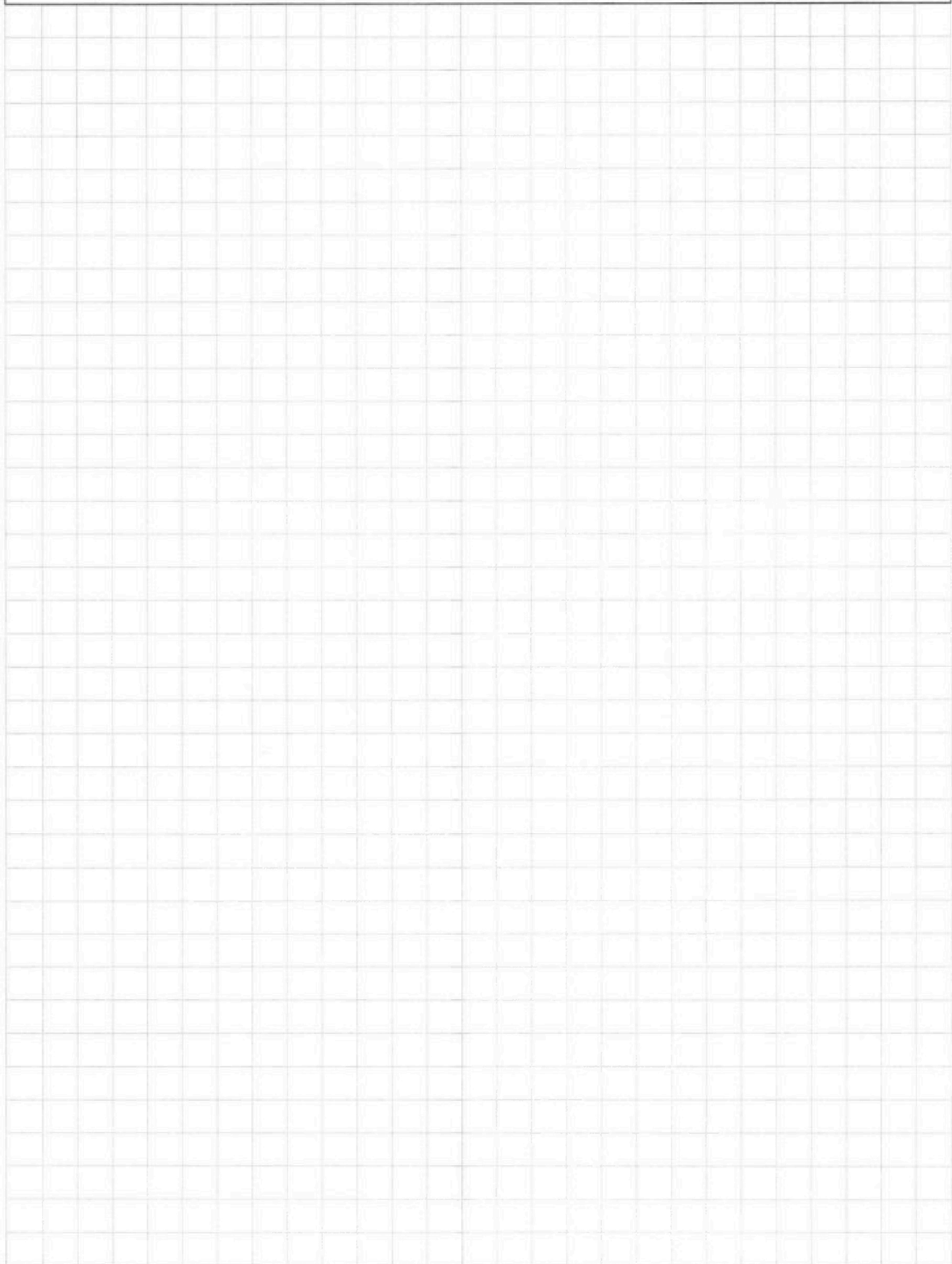
6

☐

7

☐

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





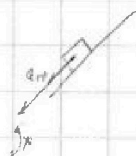
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 800 \\ \hline 6648 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5,018 \\ - 4,810,625 \\ \hline 20 \end{array}$$

$$3,6 - 3 \cdot 0,6 = 3,6 - 1,8 = 1,8$$

$$2,4 - 0,16$$

$$\begin{array}{r} 0,3(5 - 0,25) \\ \hline 40 \\ 16 \\ \hline 24 \end{array}$$

$$\frac{C_p}{R} = \frac{C_v}{R} + 1$$

$$\frac{3}{2} + \frac{\int p dV}{\Delta T}$$

$$A \sim \Delta T$$

$$P = 2V$$

$$\begin{array}{r} 2513 \\ \div 0,5 \\ \hline 1,25 \\ - 4 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$0,5$$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

$$p dV \int \Delta T$$

$$p dV = 2 \Delta T$$

$$-\frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 5 \\ \hline 4155 \end{array}$$

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

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

$$C = 1R$$

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

$$C = \frac{\Delta U}{\Delta T} + \frac{\Delta A}{\Delta T} = \frac{3}{2} + \frac{\Delta A}{\Delta T}$$

$$\begin{array}{r} 12,465 \\ \times 1246,5 \\ \hline 2493,0 \end{array}$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta T} = 0,5 R$$

$$46762$$

$$(V_3 - V_1) (P_3 - P_1 + P_2 - P_1)$$

$$= \frac{(V_3 - V_1) (P_3 + P_2 - 2P_1)}{2} = A$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 1246,5 \\ \hline 2493,0 \\ - 24 \\ \hline 6,3 \\ - 8,3 \\ \hline 13 \\ - 12 \\ \hline 10 \end{array}$$



$$\frac{\Delta P}{\Delta P}$$

$$\Delta P \cdot \Delta V = A$$

$$\Delta P = 2 \cdot \Delta T$$

$$2 \Delta T \cdot \Delta V = A$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

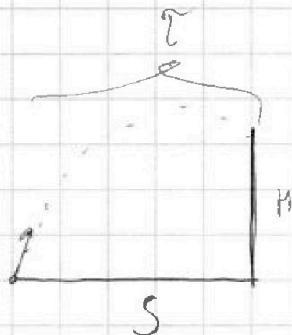
МФТИ

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

$$\alpha = 45^\circ \quad L = 20 \text{ м} \quad V_0 = ?$$

$$V_0 \cos \alpha \cdot \tau = L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g} \quad \Rightarrow \quad V_0^2 = \frac{gL}{\sin^2 \alpha} \quad \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7}$$

$$g \cdot \frac{\tau}{2} = V_0 \sin \alpha \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \quad \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \alpha}} \quad \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7}$$



$$V_0 \cos \beta \cdot \tau = S \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{S}{V_0 \cos \beta} \quad \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7}$$

$$H_s = V_0 \sin \beta \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2}$$

$$\Rightarrow H_s = \frac{S \cdot \sin \beta \cdot \tau}{\cos \beta} - \frac{g \cdot S^2}{V_0^2 \cdot \cos^2 \beta \cdot 2}$$

$$H_s = S \cdot \tan \beta - \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} \quad \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7}$$

$$\Rightarrow H_s = S \left(\tan \beta - \frac{gS}{2V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta} \right) \quad 1 + \tan^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta} \quad \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7} \cdot \frac{1,7}{1,7}$$

$$\tan \beta = \frac{V_0^2}{gS} = \frac{V_0^2}{gS}$$

$$\Rightarrow H_s = S \left(\frac{V_0^2}{gS} - \frac{gS}{2V_0^2} \right) = S \left(\frac{V_0^2}{2gS} - \frac{gS}{2V_0^2} \right)$$

$$400 - 40 \cdot 3,6$$

$$400 - 4 \cdot 36$$

$$4 \cdot (400 - 36)$$

$$4 \cdot 64$$

$$= 256$$

$$\frac{4}{x^2} \cdot x^2$$

$$\frac{4x^4}{x^2} = 4x^2$$

$$\frac{4x^2}{x^2} = 4$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

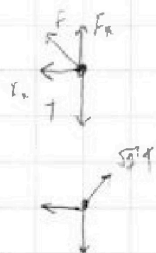
5
☐

6
☐

7
☐



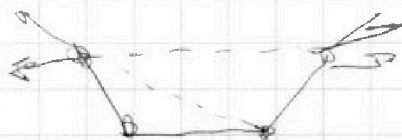
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\sqrt{2} F + \sqrt{2} = \sqrt{2} T$$

$$F + \frac{F}{\sqrt{2}} = T$$

$$\frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2 \sqrt{2}} = T$$
$$\Rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

