



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.

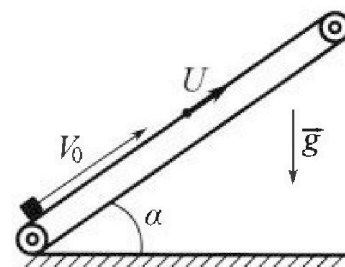
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободно го 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.).

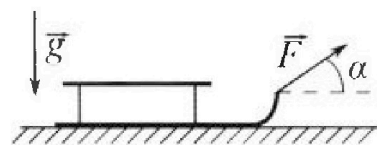
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.



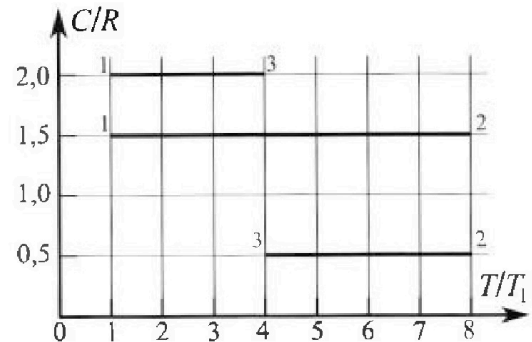
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

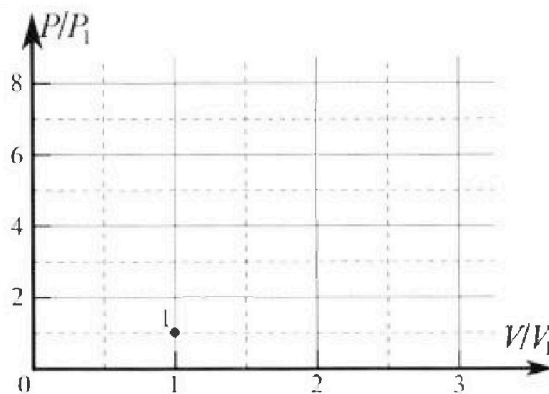


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

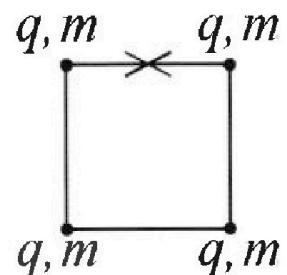


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

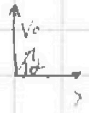
МФТИ

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



Задача №1

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

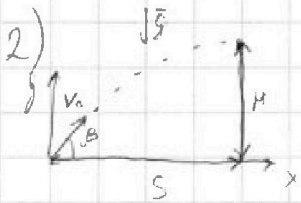


1) Выпишем канонические связи для оси x ^{если и горизонт.}
 t - время всего полета $\Rightarrow \frac{t}{2}$ - время до середины полета (вернувшись туда ₍₌₀₎)
 проекция на ось x $V_0 \cos \alpha$ в силу известной скорости и среднего полета

$$\begin{cases} V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = L \\ g \cdot \frac{t}{2} = V_0 \cdot \sin \alpha \end{cases} \text{ (условие } v_y = 0 \text{ для вернутой точки)}$$

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

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



β - угол броска L - время полета до стены.

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

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

Высота до броска т.е. высота стены на горизонтальной ст. справа.

$$= S \cdot \tan \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cdot \cos^2 \beta} \leftarrow \begin{cases} 1 + \tan^2 \beta = 1 + \frac{\sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{\cos^2 \beta + \sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\cos^2 \beta} \end{cases}$$

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

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 ветвится вниз, максимум которой в вершине (H максимального т.е.

$$\tan \beta_{\text{opt}} = \frac{-1}{2 \cdot \frac{-g S}{2 V_0^2}} = \frac{V_0^2}{g S} \Rightarrow H = S \cdot \left(\frac{-g S \cdot V_0^2 \cdot V_0^2}{2 V_0^2 \cdot g S \cdot g S} + \frac{V_0^2}{g S} - \frac{g S}{2 V_0^2} \right)$$

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

$$\Rightarrow S = \sqrt{\frac{V_0^4 - 2 V_0^2 H}{g^2}} = \sqrt{\frac{(1000)^2 - 2 \cdot (200)^2 \cdot 3.6}{10^4}} = \sqrt{\frac{4000000 - 2 \cdot 200 \cdot 3.6}{10000}} = \sqrt{4 \cdot (1000 - 36)}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



Задача №2

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

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

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

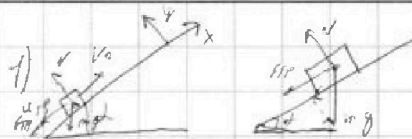
$$u = 1 \frac{m}{s}$$

$S_1, L - ?$

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

$$F_{тр} = m a_{тр} \text{ (23-й Ньютон)}$$

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



$F_{тр}$ и $a_{тр}$ соответствуют направлению V_0

$$\mu a_{тр} = \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha$$

$$\Rightarrow a_{тр} = \mu \cdot g \cdot \cos \alpha$$

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

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

т.е. S колесиков \Rightarrow ~~переходит еще не останавливаясь~~

проверим, что скорость еще не остановилась и $F_{тр}$ не меняет направление.

$V(t) = V_0 - g(\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha) \cdot t = -4 \text{ т.е.}$ скорость направлена уже в другую сторону т.е. $F_{тр}$ должна поменять свое направление и колесикой надо S изменить знак.

рассмотрим \Rightarrow пролетит ли

до остановки (время t_1)

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

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

$$\text{после } S_2 \text{ (т.е. } F_{тр} \text{ и } a_{тр} \text{ меняют направление в другую сторону)} = 1,8 \text{ м}$$

$$\text{т.е. } S_2 = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha) \cdot (t - t_1)^2}{2} = \frac{5 \cdot (0,8 - 0,5 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,6)^2}{2} = \frac{5 \cdot 0,2 \cdot 0,4^2}{2} = 0,16 \text{ м}$$

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

т.к. движение равноускоренное по осям. $1 \text{ м} \cdot 0,76$

2) перейдем в ИСО транспорте ра z_0 $S = V_{ис} \cdot t - u$ тогда, если $V_{ис}$ z_0 приобретает скорость u , то она останавливается в z_0 ИСО.

т.е. можно переформулировать задачу в коробку залезшую на неподвижный транспорт с $V_{ис} = V_0 - u$, через какое время она остановится.

в рассуждениях пользоваться вправо и влево.

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

Задача №2 (продолжение)

В) в какой с.о. требуется считать, на каком расстоянии от т. старта (с какой скоростью двигаться)

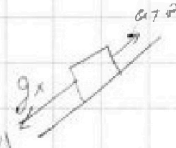
$$v_{\text{старт}} = -u$$

т.е. спустя время t_1 (из прошлого пункта) Фор полмнет направление

и за время t_2 возголит сошки до $-u$

$$u = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \cdot t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{u}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$\Rightarrow t_{\text{всех}} = t_1 + t_2 = 0,5 + \frac{1}{10 \cdot 0,2} = 0,5 + 5 = 5,5 \text{ с}$$



путь, пройденный лентой

тогда L от точки старта = $S(t_1) - S(t_2) + S_{\text{ленты}}$

$$S(t_1) = (v_0 - u) \cdot t_1 - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_1^2}{2}$$

$$S(t_2) = \frac{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) t_2^2}{2}$$

$$S_{\text{ленты}} = u \cdot t_{\text{всех}}$$

$$\Rightarrow S(t_1) = 5 \cdot 0,5 - 5 \cdot 0,5^2 = 0,25 \cdot (1 - 0,5) = 1,25 \text{ м}$$

$$S(t_2) = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,5^2 = 0,125 \text{ м}$$

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

$$\Rightarrow L = 1,25 + 1,5 = 1,75 \text{ м}$$

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

$$= 1,875 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

Задача №3 χ, m, μ

так как силы разгоняют χ одинаково в промежуток пути (тогда χ)
разница тратится только на трение и кинетич. энергию, поэтому запишем З.С. χ :

$$A_f = A_{гр} + K \quad A_{уд} = F_{гр} \cdot \chi \quad F_{тр} = \mu N$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F \cdot \chi = \mu mg \cdot \chi + K \\ F \cdot \chi \cdot \cos \alpha = \mu mg \cdot \chi - \mu F \cdot \sin \alpha \cdot \chi + K \end{cases} \quad \begin{matrix} N_1 = mg \\ N_2 = mg - F \cdot \sin \alpha \\ A_{r1} = F \cdot \chi \\ A_{r2} = F \cos \alpha \cdot \chi \end{matrix}$$

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

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

$$\Rightarrow F = \mu mg (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) \Rightarrow \cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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

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

$$2) k = \mu mg \cdot S \quad (\text{из З.С.} \Rightarrow \text{для 2 случаев})$$

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

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!

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

$i = 3$ (одноат. газ)

Выпишем 1 моль-до Термодинамика: $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$ | $\nu \cdot \nu \Rightarrow C = \frac{A}{\Delta T \cdot \nu} + \frac{\Delta U}{\Delta T \cdot \nu}$ | $\cdot R$

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

тогда ясно, что в процессе 12 - $A = 0$ т.е. $V = \text{const}$ изохорич.

Но в условии не было числа (состоят процессы) $12 \rightarrow A > 0$ (газ нагревают - окислитель. процесс)

$23 \rightarrow A > 0$ (газ охлажд + нагрев. сев. рол) $32 \rightarrow A < 0$ (газ нагрев. + нагрев. сев. рол)

$31 \rightarrow A < 0$ (газ охлажд + нагрев. сев. рол)

Ясно, что т.к. на графике $C = \text{const} \Rightarrow A \sim \Delta T$ т.е. $dA \sim dT$

т.к. работа выдел. сев. $\Delta T = \left(\frac{\Delta T}{T_1}\right) T_1$

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

т.е. на графике $P(V) \Rightarrow$ это площадь эллипса под графиком

$$= -(-3) \cdot \left(2 - \frac{3}{2}\right) \cdot 1 \cdot 8,31 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 = 12,465 \text{ Дж} = 12,465 \cdot 200 = 2493 \text{ Дж}$$

2) $\eta = \frac{Q_{полн}}{Q_{зат}}$

$$Q_{полн} = C_{12} \cdot \nu \Delta T_{12} + C_{23} \cdot \nu \Delta T_{23} + C_{31} \cdot \nu \Delta T_{31}$$

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

$$= 2 T_1 \cdot 4 = 8 \cdot 31 \cdot 200 \cdot 4 = 6648 \text{ Дж}$$

из ранее указанного

$$A_{полн} = (C_{12} - \frac{3}{2} R) \cdot \nu \Delta T_{12} + (C_{23} - \frac{3}{2} R) \cdot \nu \Delta T_{23} + (C_{31} - \frac{3}{2} R) \cdot \nu \Delta T_{31}$$

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

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

$$\Rightarrow \eta = \frac{5 R T_1}{4 R T_1} = \frac{5}{4} = 0,625 \Rightarrow \text{ответ}$$

3) $V_2 = V_1$ (Изохор.) $P_2 = \frac{\nu R T_2}{V_2}$ ссл. ур. МКТ $\Rightarrow \nu R T_2 = P_2 \cdot V_1 \cdot \frac{T_1}{T_2}$

$\nu R T_1 = P_1 \cdot V_1 \Rightarrow P_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$

$\Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = P_1 \cdot \frac{1}{2}$

$\frac{C}{P} = \frac{3}{2}$ соответствует из некоторому количеству на графике для 23 $k = -\frac{1}{2}$
для 31 $k = -\frac{1}{2}$

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

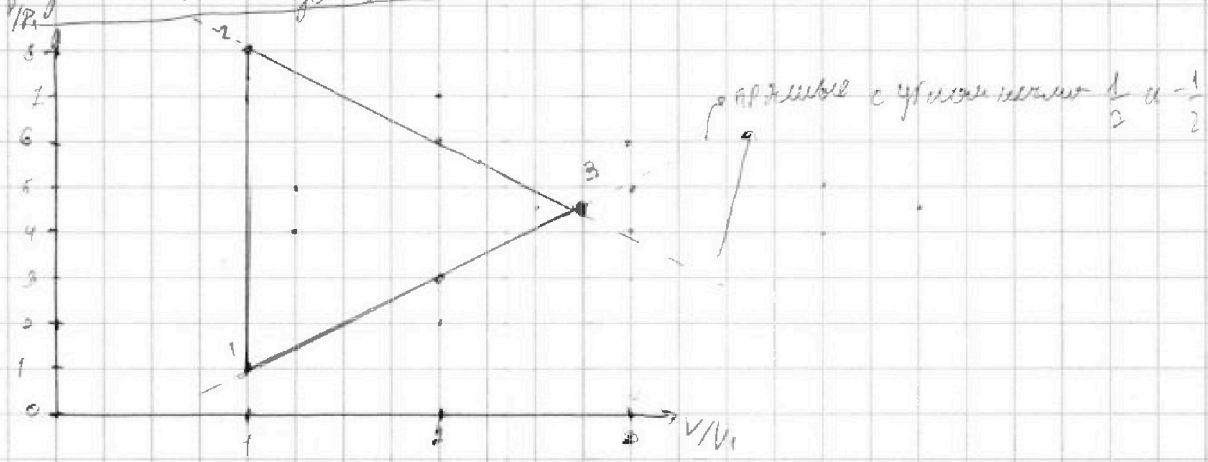
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

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



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

Подставим найденные параметры q^2 :

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

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

Т. к. цилиндров F_{12} то будем считать, что эта установка будет

Схема цилиндра F_{12}

В силу симметрии они могут приобрести только ширину

и раздвинуть нити. Увеличение внешнего радиуса происходит по дуге окружности

найдем это положение из закона сохранения U масс

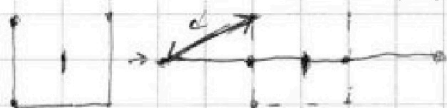
т. к. внешние нити не движутся

Центр тяжести U находится в центре цилиндра.

Угол α находится между зарядом 1 и 2 .

т. е. $\Delta l = \frac{a}{2}$ U и смещена на $\frac{a}{2}$ вниз

т. е. центр тяжести находится на $\frac{a}{2}$ откос. для CO



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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

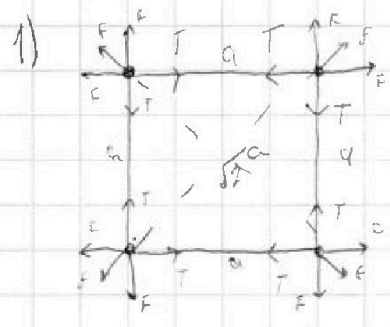
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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

Задача 15



заметим, что любых соседних зарядов должны быть одного знака. т.к. в ином случае они притянутся, а сила действующая по диагонали будет отталкивающей с меньшей силой. т.к. Из заряда одинаковы, и расстояния до него \Rightarrow все шары одного знака

тогда система симметрична и все силы

T одинаковы, рассмотрим один заряд F - силы от ближних зарядов их результирующая = $\sqrt{2}F$ и направлена по диагонали и противоположна и суммируется по диагонали от T $= \sqrt{2}T$ и сила δ

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

$$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \sqrt{2} \cdot a^2} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a^2} \Rightarrow q^2 = \frac{4\pi\epsilon_0 a^3}{1 + \frac{1}{\sqrt{2}}} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 a^3}{1 + \frac{1}{\sqrt{2}}}}$$

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

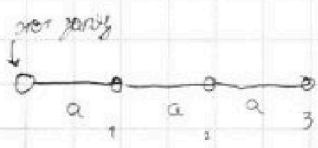
$\Rightarrow K = q \cdot (\varphi_{\text{пол}} - \varphi_{\text{конц}})$ в начальном моменте есть только эл. потенциальная энергия зарядов.

рассмотрим любой из зарядов, у которого совершалась работа

$\varphi_{\text{пол}} = 2\varphi_c + \varphi_d$
 соседний - диагональный
 за $\varphi = 0$ приближенно учтем ее величину

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

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



теперь найдем $\varphi_{\text{конц}}$
 $= \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot a} (1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}) = \frac{11}{6} \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot a}$

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



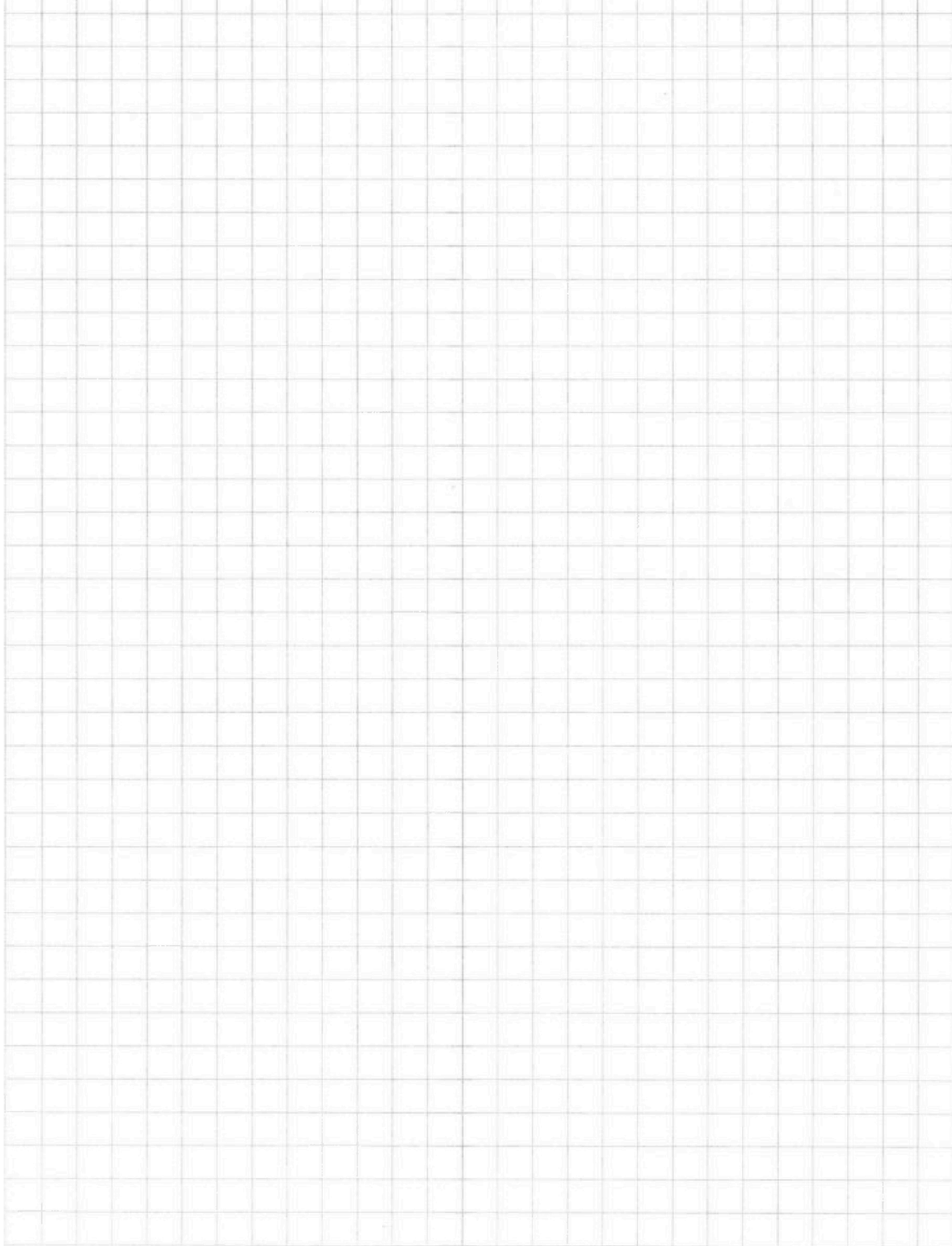
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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





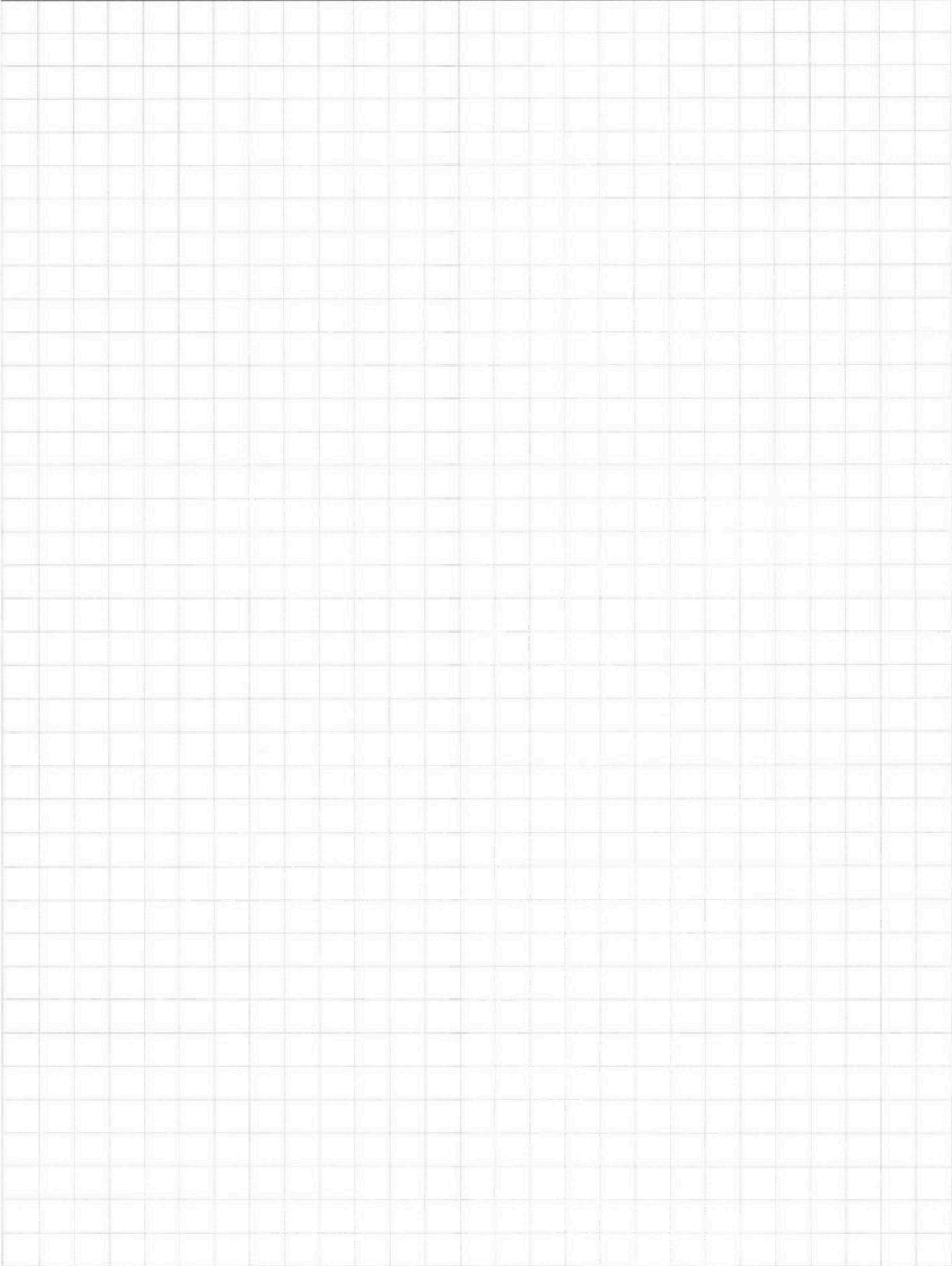
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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!



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$\frac{8,51}{800} = 0,0106375$$

$$\frac{5,018}{48} = 0,1045$$

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

$$2,4 - 0,16$$

$$0,3(5 - 0,25) = \frac{40}{16} = \frac{5}{2}$$

$$C_p = C_v + 1$$

$$A \sim \Delta T$$

$$\frac{25}{5} = 5$$

$$\times 0,5$$

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

$$P = 2V$$

$$P dV = \Delta T$$

$$P dV = 2 dT$$

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

$$\frac{831}{5} = 166,2$$

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

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

$$C = 2R$$

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

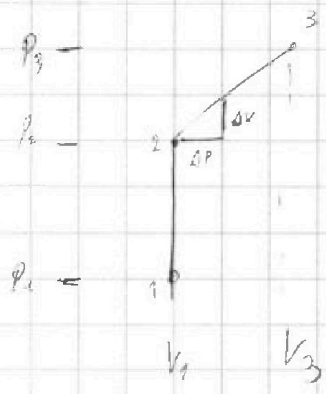
$$C = \frac{\Delta U}{\Delta T} + \frac{\Delta A}{\Delta T}$$

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

$$\frac{12,465}{2} = 6,2325$$

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

$$46,62$$



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

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

$$\frac{8,31}{2} = 4,155$$

$$\frac{24,93}{2} = 12,465$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta P} = 1$$

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

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

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

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. Печать QR-кода недопустима!

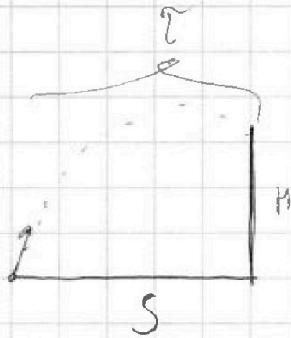
$\alpha = 45^\circ$ $L = 20 \text{ м}$ $V_0 = ?$

$$V_0 \cdot \cos \alpha \cdot \tau = L \Rightarrow \tau = \frac{L}{V_0 \cos \alpha}$$

$$g \cdot \frac{\tau}{2} = V_0 \cdot \sin \alpha \Rightarrow \tau = \frac{2 V_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

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

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin^2 \alpha}}$$



$$V_0 \cdot \cos \beta \cdot \tau = S \Rightarrow \tau = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

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

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

$$H_S = S \cdot \operatorname{tg} \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$\Rightarrow H_S = S \left(\operatorname{tg} \beta - \frac{g S}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} \right)$$

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

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

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

$$400 = 4 \cdot 36$$

$$9 \cdot (400 - 36)$$

$$4 \cdot 64$$

$$= 256$$

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

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

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

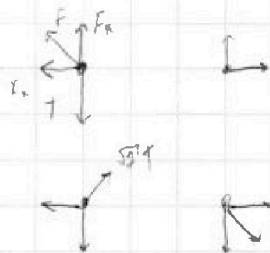
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



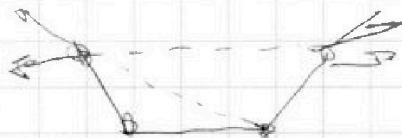
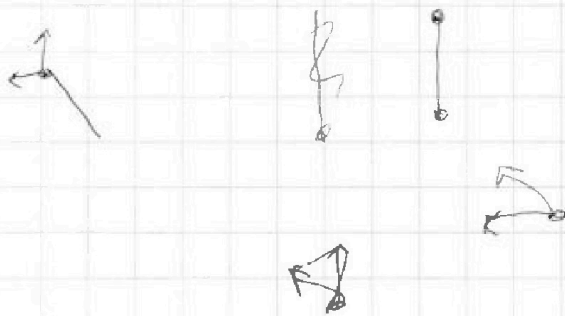
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

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

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





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

