

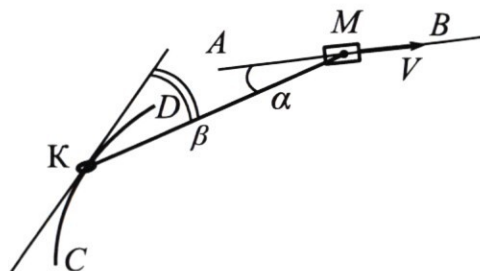
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влс

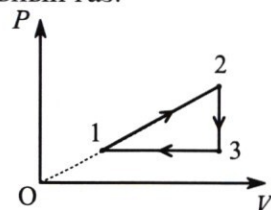
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

- 1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
- 2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

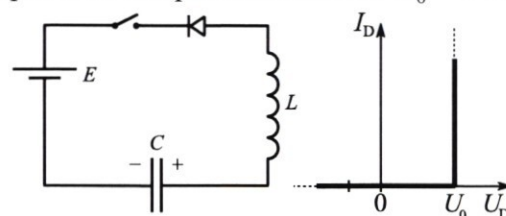
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

Ключ замыкают.

- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

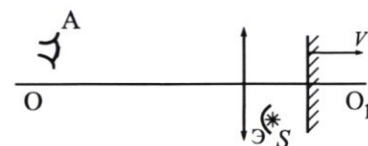


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Дано:

$$V = 2 \text{ м/с}$$

$$m = 0,4 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

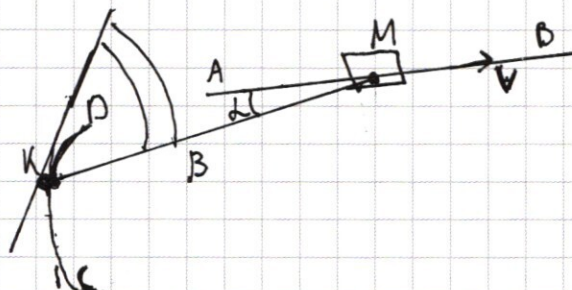
$$l = \frac{17R}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

Решение

①



Кин. связь на длине троса

$$V \cos \alpha = V_k \cos \beta$$

$$V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$V_k = \left(2 \cdot \frac{4}{5} \right) \cdot \frac{17}{8} = \frac{8}{5} \cdot \frac{17}{8} = 3,4 \text{ м/с}$$

2. Перейдем в СО муфты

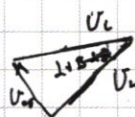
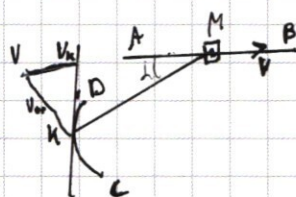
$\vec{v}_{AB}$ - скорость конца в СО муфты

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$$

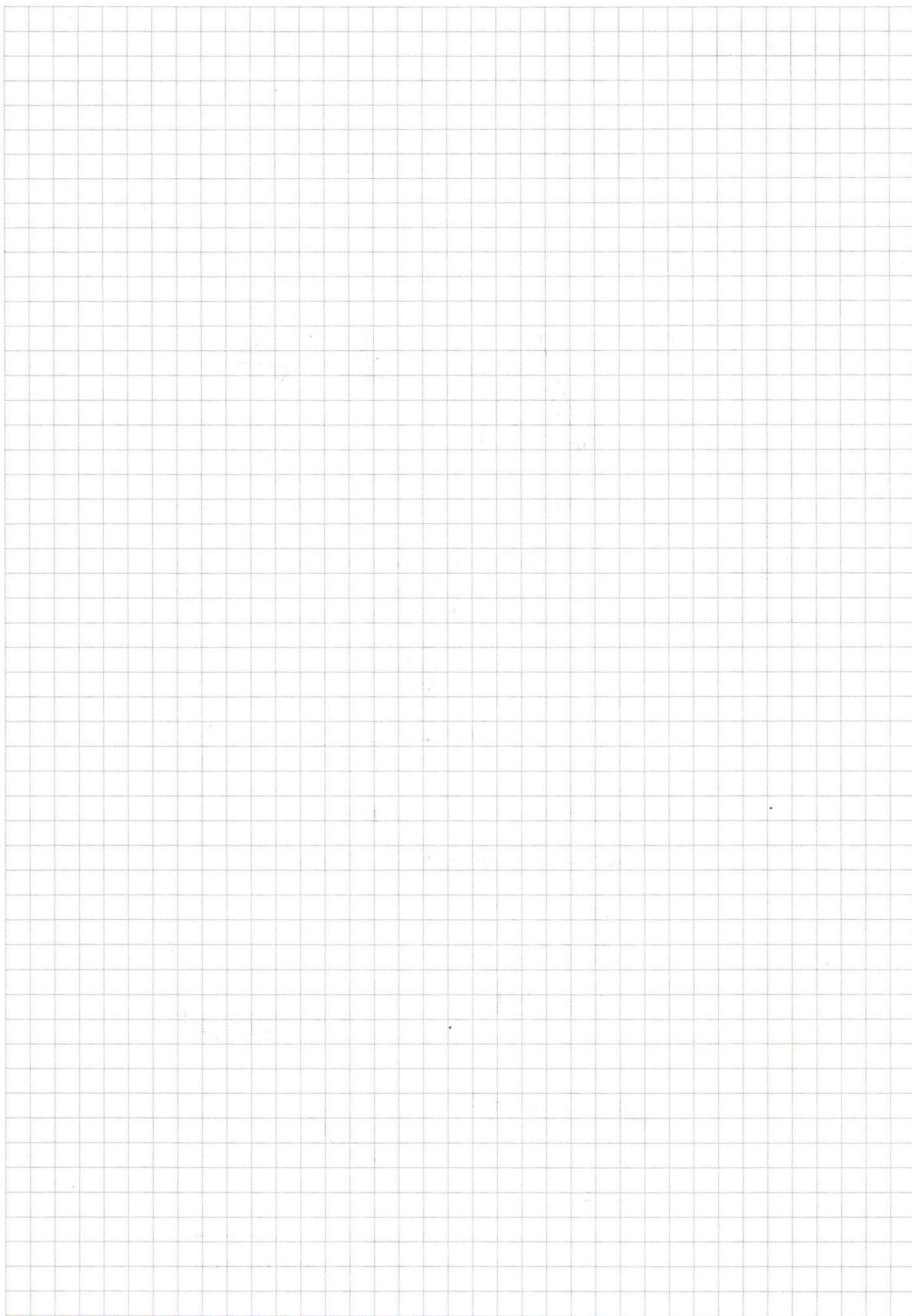
$$|v_{пер}| = |V|$$

$$|v_{отн}| = |V_k|$$

$$A'B' \parallel AB$$



$$v = \sqrt{V^2 + V_k^2 - 2VV_k \cos(\alpha + \beta)}$$



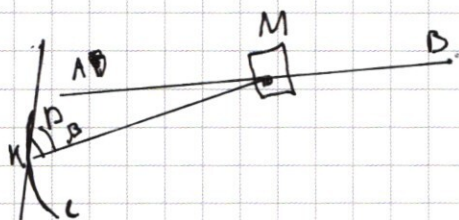
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $V_{отч} = \sqrt{4 + 3,4^2 - 2 \cdot 2 \cdot 3,4 \cdot \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)} = 4,2 \text{ м/с}$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \frac{15}{17}$$

3.



II Закон Ньютона

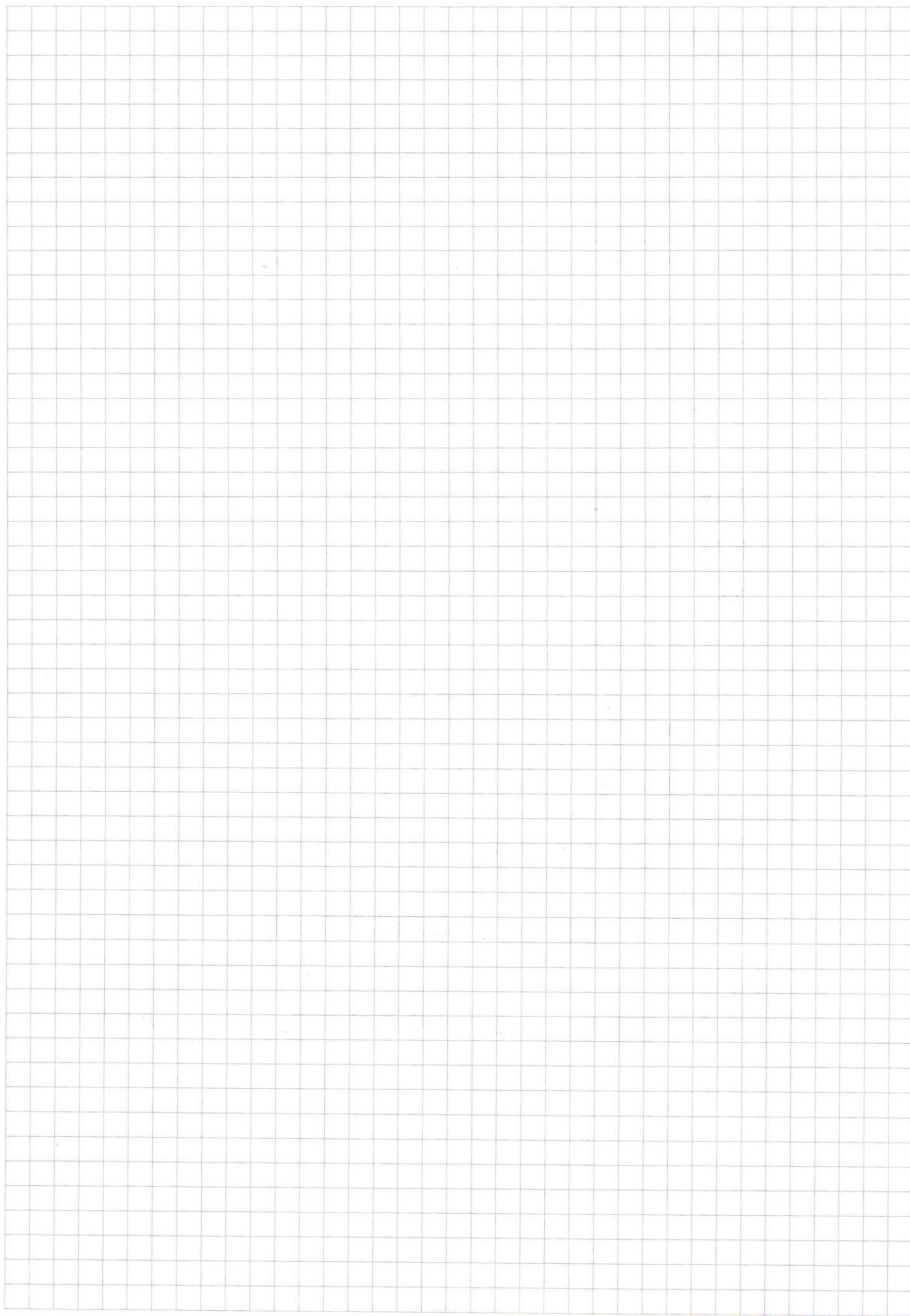
$$m\vec{a} = \vec{T}$$

$$\frac{mV_k^2}{R} = T \cdot \cos(90^\circ - \beta)$$

$$\frac{mV_k^2}{R} = T \cdot \sin \beta$$

$$T = \frac{mV_k^2}{R \cdot \sin \beta} = \frac{0,4 \cdot 3,4^2}{1,4 \cdot \frac{15}{17}} = 8,3 \text{ Н}$$

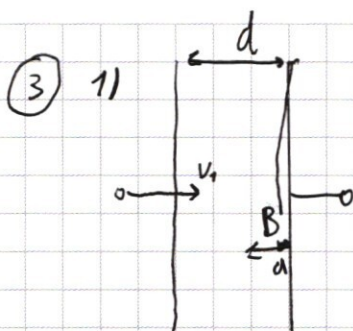
Ответ: 1) $V_k = 3,4 \text{ м/с}$ 2) $V_{отч} = 4,2 \text{ м/с}$ 3) $T = 8,3 \text{ Н}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Закон сохранения энергии

$$E_k = A$$

$$E_k = \frac{mV_1^2}{2} - \text{кинетическая энергия частицы при влёте в конденсатор}$$

$$A = |q|E(d-a) - \text{работа электрического поля}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{|q|U \cdot 0,8d}{d}$$

$$\gamma = \frac{|q|}{n} = \frac{V_1^2}{1,6U}$$

2) Пусть $T = t_1 + t_2$

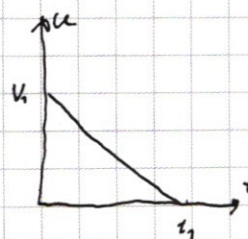
t_1 - время после влёта до остановки

t_2 - время от остановки до вылета

Площадь под графиком $v(t)$ пропорционально перп.

$$\Downarrow$$

$$0,8d = \frac{V_1 t_1}{2} \quad t_1 = \frac{1,6d}{V_1}$$



3) Случай, когда пластина влетает со стороны отриц. обкладки



Аналогичными рассуждениями получаем

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{14^2 \cdot 10^{-18} \cdot 0.2}{2}$$

$$\gamma_2 = \frac{14}{n} = \frac{V_1^2}{0.4n}$$

$$T_2 = \frac{0.4 \cdot 10^{-2}}{V_1} = \frac{0.8d}{V_1}$$

$$U_0 = V_1$$

4) 1) сразу после замыкания ключа по второму правилу Кирхгофа

$$\mathcal{E} + L \frac{\Delta I}{\Delta t} = U_1 - U_0$$



$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 - U_0 - \mathcal{E}}{L} = \frac{9 - 1 - 6}{0.4} = 5 \frac{A}{c}$$

Дано:

$$L = 10 \text{ мГн}$$

$$U_1 = 9 \text{ В}$$

$$L = 0.4 \text{ Гн}$$

2) $I_{\max} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = U_c - U_0$, где U_c - напряжение на конденсаторе
когда он ~~полностью~~ ~~заряден~~

$$A_{\text{ит}} = \Delta W_c + \Delta W_L + \Delta q \cdot U_0$$

$$(U_c - U_0) \mathcal{E} = \frac{CU_c^2}{2} - \frac{CU_0^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} + (U_c - U_0) U_0$$

$$I_{\max} = \sqrt{3} \cdot 10^{-2} \text{ А} \approx 1.73 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

3) когда U установится $I = 0$



$$C(U_c - U_0) \mathcal{E} = \frac{CU_c^2}{2} - \frac{CU_0^2}{2} + C(U_c - U_0) U_0$$



$$U_c^2 - 10U_c + 9 = 0$$



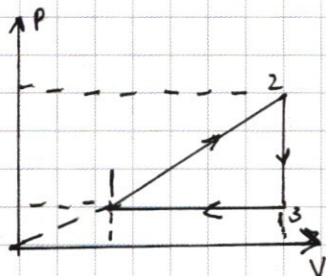
$$U_c = 1 \text{ В}$$

$U_c = 9 \text{ В}$ не подходит

Ответ: 1) 5 А/с 2) $1.73 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ 3) $U_c = 1 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)



1) Понижение температуры происходит
на участках 2-3 и 3-1

2-3 изохора $\Rightarrow C_v = \frac{3}{2} R$

3-1 изобара $\Rightarrow C_p = \frac{5}{2} R$

т. к. газ одноатомный идеальный

значит: $\frac{C_v}{C_p} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$

2) Процесс 1-2 $P = LV$ L — размерная константа

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{L V_1 + L V_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{L (V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{1}{2} \partial R \Delta T$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \partial R \Delta T \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$$

3) $\eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}}$

$$A_{12} = \frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{L (V_2^2 - V_1^2)}{2}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} L (V_2^2 - V_1^2) + \frac{L (V_2^2 - V_1^2)}{2} = 2L (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\eta = \frac{L (V_2^2 - V_1^2)}{2 \cdot 2L (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{V_2 - V_1}{4 (V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \frac{1 - \frac{V_1}{V_2}}{1 + \frac{V_1}{V_2}} \quad \text{Отв: 1) 0,6 2) 3) 0,25}$$

η максимально при $\frac{V_1}{V_2} \rightarrow 0 \Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4} = 0,25$

② Ответ: 1) 0,6 2) 3 3) 0,25

③

Дано:

d - расстояние между

U - напряжение

V_1 - изв. скорость

$a = 0,2 d$ - расстояние
до отриц. заряд. обн.

Решение:

$$v_n = at$$

II закон Ньютона:

$$2) \quad ma = qE$$

$$ma = \frac{qU}{d}$$

$$a = \frac{qU}{md} = \frac{8U}{d}$$

$$0,8d = \frac{at_1^2}{2}$$

$$0,8d = \frac{8Ut^1}{2d} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{16d^2}{8U}}$$

$$T = \frac{1,6d}{V_1} + \sqrt{\frac{16d^2}{8U}}$$

При подставлении U в t_1 получим $t_1 = t_2$

$$T = 2t_1 = \frac{3,2 \cdot d}{V_1}$$

3) Для нахождения V_0 нужно найти потенциал на расстоянии $0,2d$ от отриц. обкладки

$$\varphi_B = E \cdot 0,8d = 0,8U$$

На бесконечности потенциал равен 0

$$\frac{mV_0^2}{2} = \varphi_B \cdot q$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = 0,8 \cdot q \cdot U \Rightarrow V_0 = \sqrt{1,648}$$

тоже ответ

$$\gamma_2 = \frac{V_2^2}{0,4U}$$

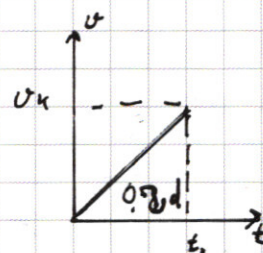
$$T_2 = \frac{0,8d}{V_2}$$

$$V_0 = V_2$$

Ответ: 1) $\gamma_1 = \frac{V_1^2}{1,6U}$

2) $T = \frac{3,2d}{V_1}$

3) $V_0 = \sqrt{1,648}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

Дано:

$$V = 2 \text{ м/с}$$

AB - направляющая
 $m = 0.4 \text{ кг}$

CD - проволока

$$R = 1.9 \text{ М}$$

$$l = 17 \frac{R}{15}$$

$$\cos L = 4/5$$

$$\cos B = \frac{8}{17}$$

$$U(t) - ?$$

$$U_{\text{отн}}(t) - ?$$

$$T(t) - ?$$

4

Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$L = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

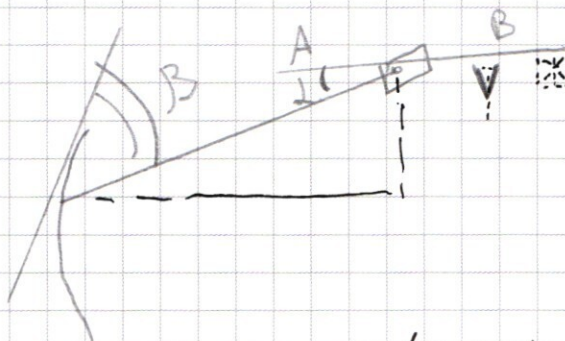
$$U_1 = 9 \text{ В}$$

$$L = 0.4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$U_{\text{возр}}$$

Решение:

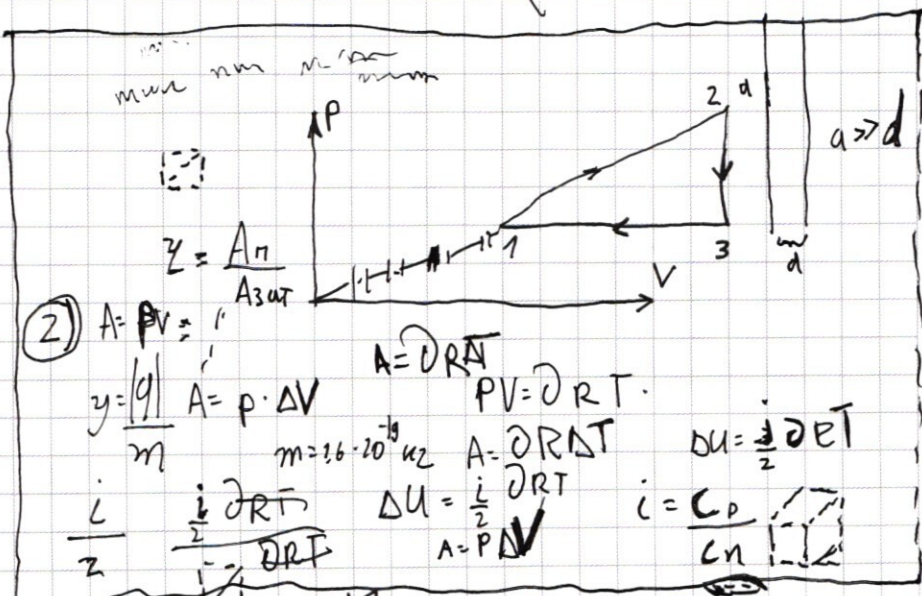


$$U_{AB} = U_{\text{отн}}$$

$$\frac{8}{5} \cdot \frac{17}{8} = \frac{17}{5} \cdot 4$$

$$V_k = \left(2 \cdot \frac{4}{5} \right) \cdot \frac{8}{17}$$

$$U(t) = \dots$$



2

$$A = P \cdot V$$

$$y = \frac{q}{m}$$

$$m = 1.6 \cdot 10^{-16} \text{ кг}$$

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

$$A = \partial R \Delta T$$

$$PV = \partial R T$$

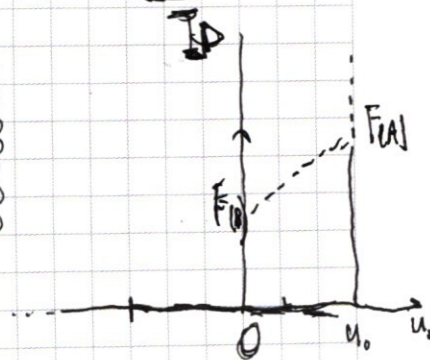
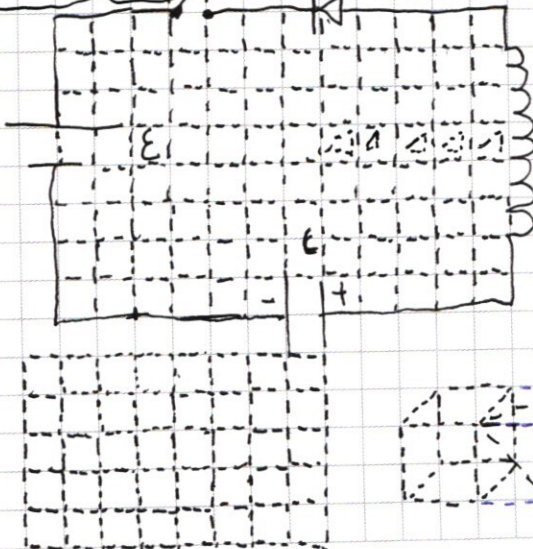
$$A = \partial R \Delta T$$

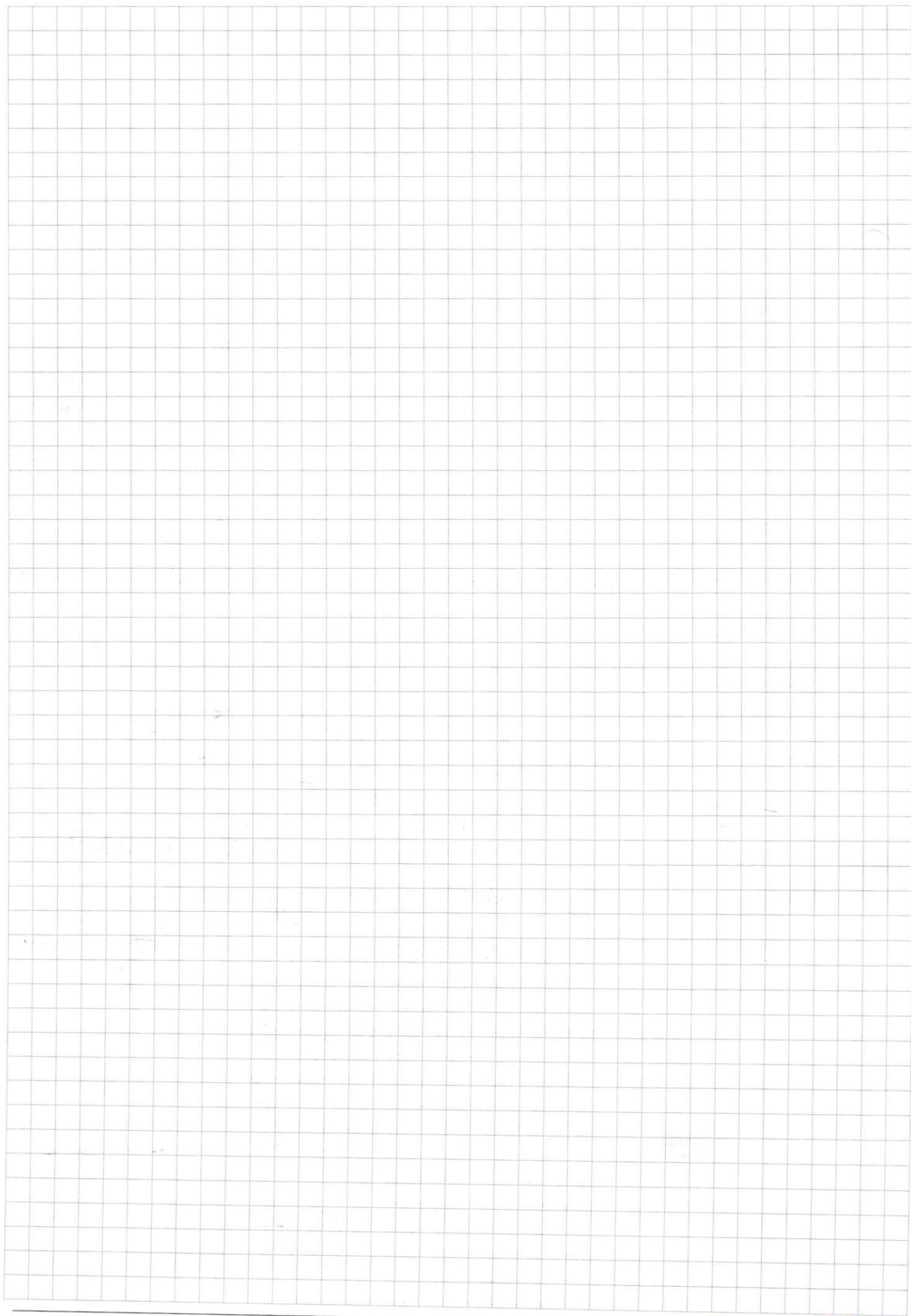
$$\Delta U = \frac{L}{2} \partial R T$$

$$A = P \Delta V$$

$$\Delta U = \frac{L}{2} \partial R T$$

$$i = \frac{C_p}{C_n}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

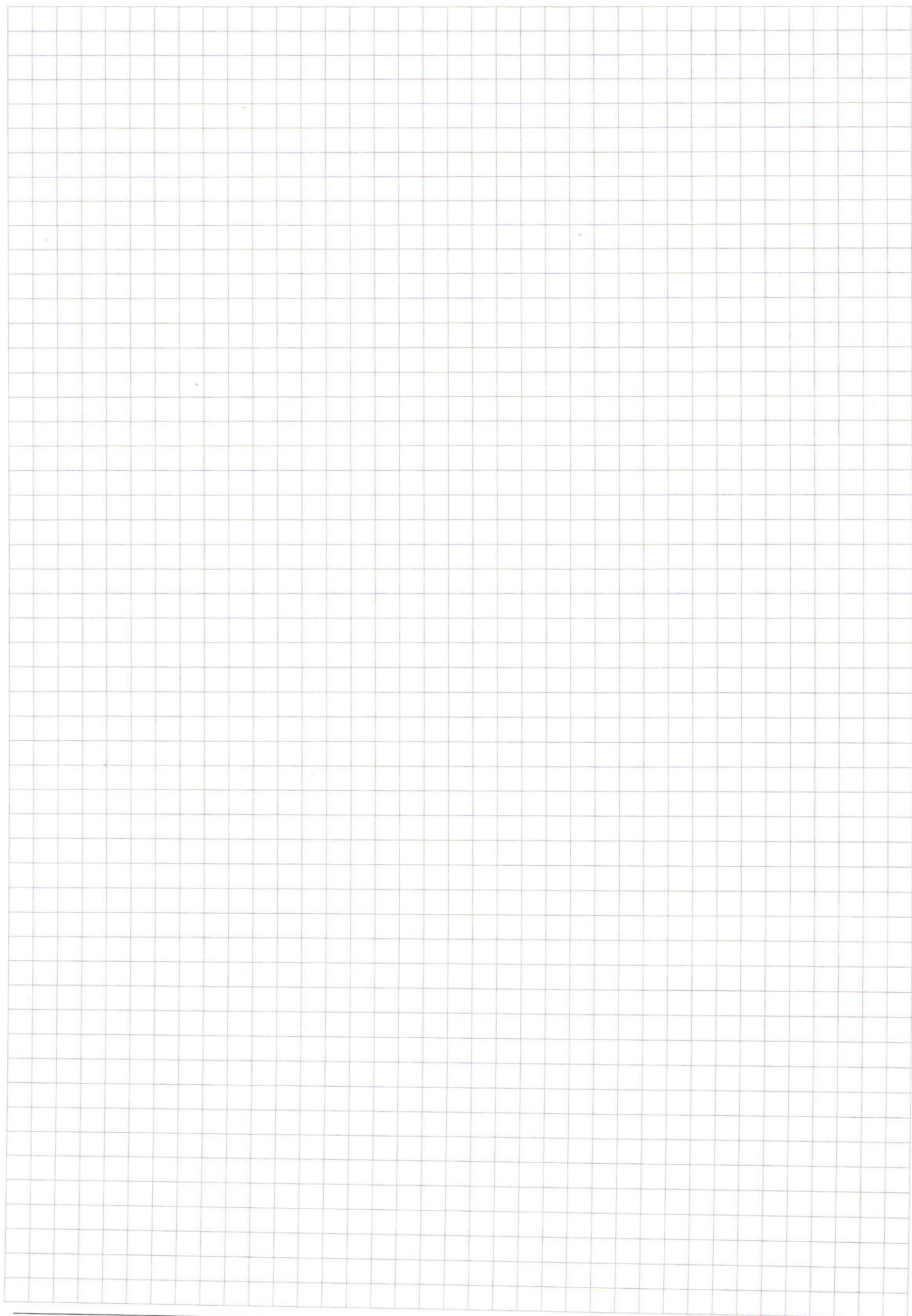
①

Дано:

$$V = 2 \text{ м/с}$$

$$m = 0.4 \text{ кг}$$

$$R = 1 \text{ гм}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)