

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

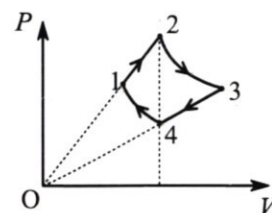
Вариант 11-07

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 3 раза, а модули ускорений равны.

- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

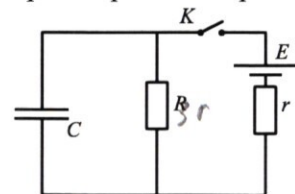
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.



- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

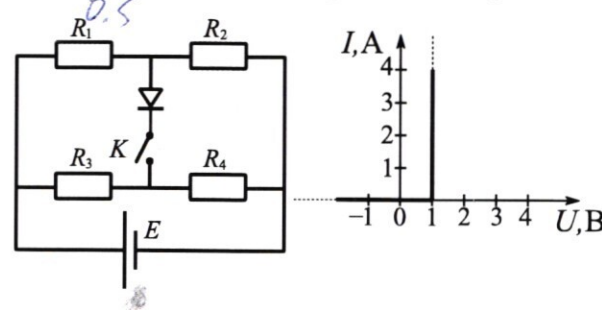
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти ток, текущий через источник, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



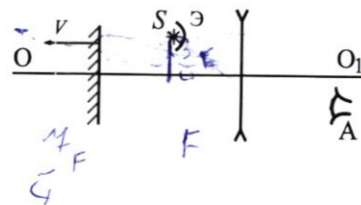
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 2$ Вт?



5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), 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 линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии F от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/2$ 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

N 2

Пусть в точке 1 давление газа $= P_1$, объем $= V_1$, в точке 2 - P_2 и V_2 , в 3 - P_3 и V_3 , в 4 - P_4 и V_4 . По условию, $V_4 = V_2 = 1.8 V_1$.

В точке 1 и 4 температура $T_1 = \frac{P_1 V_1}{\gamma R} = \frac{P_4 V_4}{\gamma R} = \frac{1.8 V_1 P_4}{\gamma R}$,

иначе, $P_4 = \frac{P_1}{1.8}$. В процессе 3-4 давление газа прямо пропорционально объему. Пусть ~~в~~ ~~точке~~ $P_3 = P_4 \cdot K$, где K - некий коэффициент пропорциональности. Тогда $V_3 = P_4 \cdot K$.

(средняя температура в процессе 2-3 $= T_2 = \frac{P_2 V_2}{\gamma R} = \frac{P_3 V_3}{\gamma R}$
 $= \frac{K P_4 \cdot K V_4}{\gamma R} = \frac{1.8 P_1 \cdot 1.8 V_1}{\gamma R} = \frac{K P_4}{1.8 \gamma R} \cdot K V_1 \cdot 1.8$, итак, $K = 1.8$.

Тогда $P_3 = P_4 \cdot K = \frac{P_1}{1.8} \cdot 1.8 = P_1$. Отв на п.2: $\frac{P_3}{P_1} = 1$.

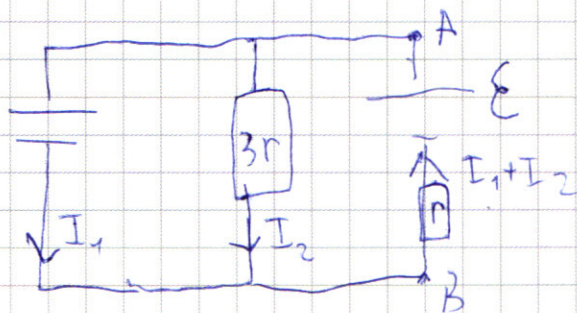
Найдем T_2 . $T_2 = \frac{P_2 V_2}{\gamma R} = \frac{1.8 P_1 \cdot 1.8 V_1}{\gamma R} = 3.24 \frac{P_1 V_1}{\gamma R} = 3.24 T_1$
 Отв на п.1: $3.24 T_1$

Найдем количество теплоты в процессе 1-2: $Q = A + \Delta U$. $Q = A + 2.24 \cdot \frac{3}{2} P_1 V_1 = A + 3.36 P_1 V_1$

$A = \Delta V \cdot P_{\text{среднее}}$ (по формуле площади параболы) $= 0.8 \cdot 1.4 P_1 V_1 = 1.12 P_1 V_1$

$Q = A + \Delta U = 4.48 P_1 V_1$ $C = \frac{Q}{\gamma \cdot \Delta T} = \frac{4.48 P_1 V_1}{2.24 T_1 \cdot \gamma} = \frac{2 P_1 V_1}{\left(\frac{P_1 V_1}{R}\right)} = 2R$

Вывод на п.3: $(2R) \approx 16.64 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{с}}$



мощность тока в A и B

Т.к все элементы идеальны, то по равенству напряжений получаем

$$3rI_2 = \varepsilon - r(I_1 + I_2). \quad \varepsilon - rI_1 = 4rI_2. \quad I_1 = \frac{\varepsilon}{r} - 4I_2$$

(Здесь и далее I_1 - ток через конденсатор, I_2 - ток через резистор R).

Полная энергия для мотора увеличивается со скоростью $\frac{\Delta W}{\Delta t}$.

Получим по закону сохр. энергии $\varepsilon \cdot (I_1 + I_2) = (I_1 + I_2)^2 r + \frac{\Delta W}{\Delta t} + I_2^2 \cdot 3r$

$$\varepsilon \left(\frac{\varepsilon}{r} - 3I_2 \right) = \left(\frac{\varepsilon}{r} - 3I_2 \right)^2 r + 3I_2^2 r + \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$\frac{\varepsilon^2}{r} - 3I_2 \varepsilon = \frac{\varepsilon^2}{r} - 6I_2 \varepsilon + 9I_2^2 r + \frac{\Delta W}{\Delta t} + 3I_2^2 r$$

$$12I_2^2 r - 3I_2 \varepsilon + \frac{\Delta W}{\Delta t} = 0$$

$$3I_2^2 r - 2I_2 \varepsilon = -\frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$\frac{\Delta W}{\Delta t}$ максимальна при $I_2 = \frac{-3\varepsilon}{2 \cdot (-2r)} = \frac{\varepsilon}{4r}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Найдем ток, текущий сразу после замык. ключа. По правилу Кирхгофа для напряжений между точками А и В найдем, что

$$\frac{q}{C} = 3I_2 r = \mathcal{E} - (I_1 + I_2)r \quad (q - \text{заряд на конденсаторе}). \text{ Т.к. ключ}$$

только замкнул, то $q = 0$. тогда $0 = 3I_2 r \Rightarrow I_2 = 0$. тогда

$$0 = \mathcal{E} - I_1 r. \quad I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad \text{Отв на п.1: } \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Теперь найдем ток, текущий через контр. ветвь резистивной цепи. Мы найдем, что I_2 в этот момент $= \frac{\mathcal{E}}{8r}$, а также что $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r} - 4I_2$

$$\text{тогда } I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r} - \frac{\mathcal{E}}{2r} = \frac{\mathcal{E}}{2r} \quad \text{Отв на п.2: } \frac{\mathcal{E}}{2r}$$

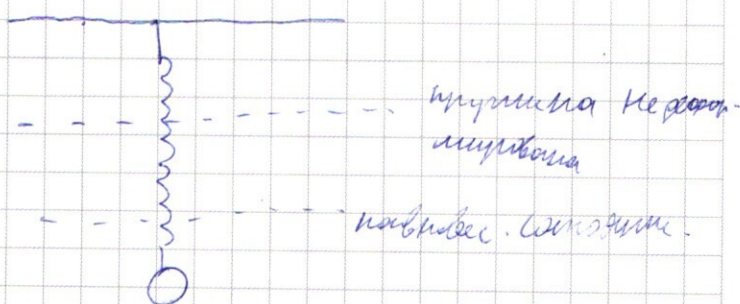
Найдем энергию конденсатора после размык. ключа ~~тогда~~

$$U_{\text{конденс.}} = I_2^2 \text{ через размык. } \cdot 3r = \frac{3}{8} \frac{\mathcal{E}^2}{r} \quad W = \frac{CU^2}{2} = \frac{9}{16} C \mathcal{E}^2. \text{ По 3(э)}$$

Вся эта энергия выделится в цепи (т.к. все элементы идеальные)

$$\text{Отв на п.3: } \frac{9}{16} C \mathcal{E}^2$$

и 1



n.1 Пусть масса шарика m , жесткость пружины k . Тогда если шарик находится в состоянии равновесия (когда ~~шарик~~ пружина была не растянута, действова на него равна нулю), то $|a| = \frac{mg - kx}{m}$, а если

нашле, то $|a| = \left| \frac{mg - kx}{m} \right| = \frac{kx - mg}{m}$ (здесь и далее - расстояние пружины) ~~растяжения~~. Действие со стороны пружины = $-kx$. Тогда, по условию, $|a| = \frac{g - \frac{kx_1}{m}}{m} = \frac{kx_2 - g}{m}$, $x_2 = 3x_1$.

Тогда $g - \frac{kx_1}{m} = \frac{3kx_1}{m} - g$, $\frac{4kx_1}{m} = 2g$, $\frac{kx_1}{m} = \frac{g}{2}$. Тогда $|a| = \frac{g - \frac{kx_1}{m}}{m} =$

$$= \frac{g}{2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ отв на } (n_1: 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2})$$

n.2 ~~Пусть~~. Пусть в вершине из этих двух точек кин. энергия E_1 , а в точке 2 - E_2 . Мы уже выяснили, что $kx_1 = \frac{mg}{2}$. Тогда по 3(з) $E_1 + \frac{kx_1^2}{2} - mg \cdot 2x_1 = E_2 + \frac{9kx_1^2}{2}$.

$$E_1 + \frac{kx_1^2}{2} - 4kx_1^2 = E_2 + 4,5kx_1^2$$

$$E_1 = E_2. \text{ отв на } n.2: \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \end{pmatrix} = 1$$

n.3 Шарик отпущен из положения, когда пружина была недеформирована. Энергия пружины максимальна в крайнем ~~положении~~ ^{напряжении} положении, когда $E_{кин} = 0$, и $E_{потен} = 0$. $E_{кин}$ шарика максимальна в ~~крайнем~~ равновесном положении. Пусть в этом положении пружина растянута на x_2 . Тогда $mgx_2 = \frac{kx_2^2}{2}$,

$$mg = \frac{kx_2}{2}$$

$$\text{В равновесном положении по 3(з) } E_{кин} + mg(x_2 - \frac{mg}{k}) + k(\frac{mg}{k})^2 = mgx_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E_{кин} + \frac{kx_2}{2} \left(x_2 - \frac{x_2}{2} \right) + k \left(\frac{x_2}{2} \right)^2 = \frac{kx_2^2}{2}$$

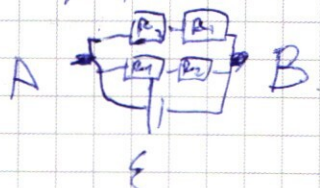
$$E_{кин} + \frac{kx_2^2}{4} + \frac{kx_2^2}{8} = \frac{kx_2^2}{2}$$

$$E_{кин} = \frac{kx_2^2}{8} = \left(\frac{kx_2^2}{2} \right), \text{ а } \frac{kx_2^2}{2} - \text{ макс жерме пружины}$$

Отв на п.3: $E_{фед} = \frac{1}{E_{кин}} = \frac{1}{4}$

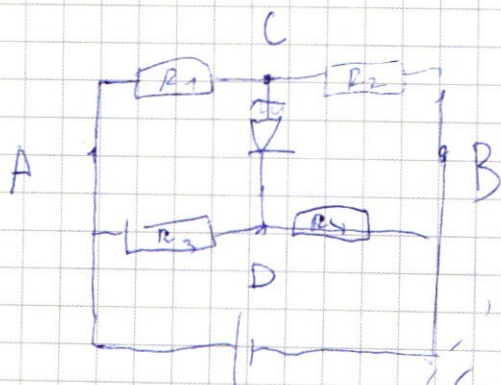
14

① Когда ключ разомкнут, то напряжение между A и B = $\mathcal{E} = 8\text{В}$



След-но, I через R_3 и $R_4 = \frac{\mathcal{E}}{R_3 + R_4} = \frac{8\text{В}}{8\Omega} = 1\text{А}$ отв на п.1: 1А

②



~~$E_{кин}$ при этом через резистор не течёт, то потенциал точки D относительно B = $1\text{А} \cdot 2\Omega = 2\text{В}$. Тогда потенциал C = $8\text{В} + 2\text{В} = 10\text{В}$, т.е. $U_{CD} = 8\text{В}$, т.е. $\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 8\text{В} = 1\text{В}$~~

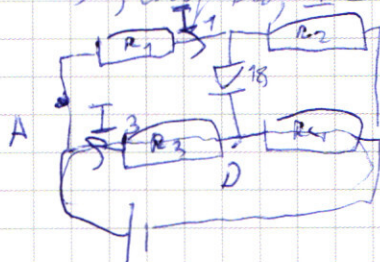
Если ток через диод не течёт, то
напряжение между клеммами C и D
меньше 1В. Тогда напряжение между
 $U_{CD} = 1A \cdot 2\Omega = 2В$. следовательно, $\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 8В \leq 3В$.

$$\frac{3\Omega}{R_1 + 3\Omega} \leq \frac{3}{8} \Rightarrow R_1 \geq 5\Omega$$

Тогда при $R_1 \leq 5\Omega$ ток потечёт. Ответ на п.2: $R_1 \leq 5\Omega$

п.3. $P = UI = 1В \cdot I = 2Вт$, следовательно, $I = 2А$.

Поставим ток:



8В

Ток идёт через R_1 течёт ток I_1 , через R_3 I_3 , через диод 2А. Тогда
напряжения U между A и D: $U_{AD} = I_3 R_3 = I_1 R_1 + 1В$. По закону сохранения
энергии токов ток через $R_4 = I_3 + 2А$, через R_2 ($I_1 - 2А$). Тогда:

$$I_3 R_3 + (I_3 + 2А) R_4 = 8В = R_1 I_1 + R_2 (I_1 - 2А)$$

$$I_3 (R_3 + R_4) + 2А \cdot R_4 = 8В$$

$$I_3 = \frac{8В - 4В}{8\Omega} = 0.5А$$

$$(I_1 - 2А) R_2 = 1В + (I_3 + 2А) R_4 = 6В$$

$$I_1 = 4А$$

$$I_3 R_3 - I_1 R_1 = 1В, \quad \cancel{I_1 R_1 = 2В}, \quad \cancel{I_3 R_3 = 4В}, \quad \cancel{R_1 = 10\Omega}, \quad \cancel{R_3 = 8\Omega}$$

$$I_1 R_1 = 2В, \quad R_1 = 0.5\Omega \quad \text{ответ: } (0.5\Omega)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

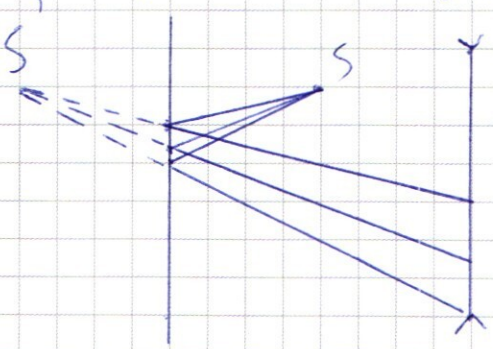
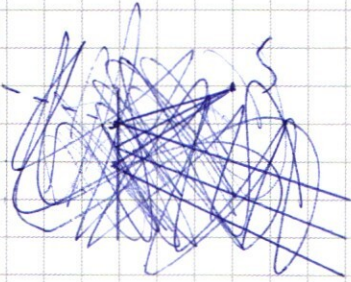
№ 5

~~изображения~~

~~Изображение предмета от зеркала эквивалентно~~

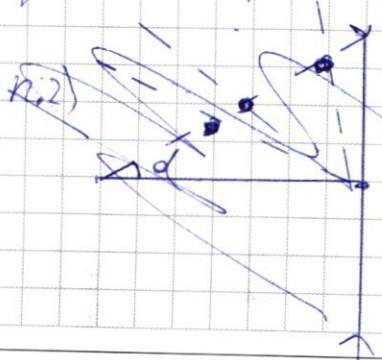
н.д)

Изображение, полученное от отраженного от зеркала источника света эквивалентно изображению, полученному от источника света на расстоянии l по другую сторону зеркала.



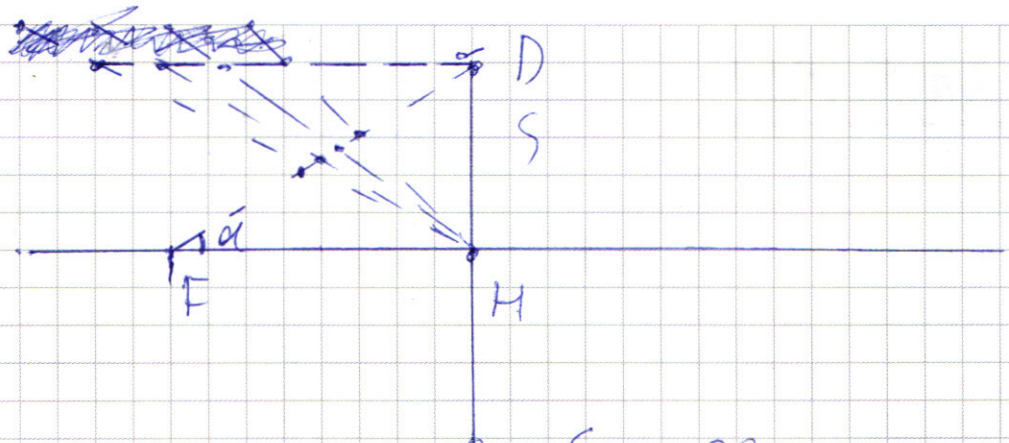
След-но, Если зеркало на расстоянии $\frac{3}{2}F$ от линзы, а ~~предмет~~ S на расстоянии F от линзы, то $l = \frac{F}{2}$ и полученное изображение эквивалентно изображению от источника на расстоянии $2F$ от линзы. По формуле линзы $\frac{1}{2F} + \frac{1}{S} = -\frac{1}{F}$ (где S - расстояние от изображения

от линзы). Тогда $\frac{1}{S} = -\frac{1}{F} - \frac{3}{2} \Rightarrow S = -\frac{2}{3}F$, т.е. изображение находится на расстоянии $\frac{2}{3}F$ от и-ти линзы. Ответ на п.1: $\frac{2}{3}F$.



~~Изображение~~ любого предмета получится как ~~несколько~~

п.2:



Изображение предмета на расстоянии S от OO , лежит на пересечении прямой, проходящей через точку фокуса F и перпендикулярно предмету на плоскости линзы, и прямой, проходящей через центр линзы и сам предмет. След-но, все изображения предметов на расстоянии S от OO , будут лежать на одной прямой, и лежит-ся изображение будет на этой прямой. Найдем α между OO и этой прямой. Пусть центр линзы - H , проекция предмета на нд-ть линзы - D . тогда $\alpha = \arcsin\left(\frac{DH}{FH}\right) = \arcsin\left(\frac{3}{4}\right)$
 отв на п.2: $\arcsin\left(\frac{3}{4}\right)$

Найдем горизонтальную проекцию скорости изображения на OO . Мы уже доказали, что изображение от ~~свои~~ отраженного источника ~~жизненно~~ ~~сформирован~~ от источника на расстоянии l ~~на~~ по другую сторону зеркала. Найдем какой источник движется. Пусть источник сближается к зеркалу со скоростью $V+V = 2V$ (т.к. само зеркало движется с V , и идет от зеркала до источника уменьшающийся со скоростью V). $\frac{1}{s} + \frac{1}{d} = -\frac{1}{F}$, где d - расстояние до мнимого источника. Тогда $Is = \frac{Fd}{d+F}$.

$$|s| = \frac{Fd}{d+F} = \frac{Fd + F^2 - F^2}{d+F} = F - \frac{F^2}{d+F}$$

$$= \frac{2VF}{(BF)^2} = \frac{2}{9}V$$

скорость изображения = $\frac{V_{\text{изп}}}{\cos \alpha} = \frac{2}{9}V \cdot \frac{4}{3} = \frac{5}{8}V$. отв: $\frac{5}{8}V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations on graph paper:

$$A = 0.8 \cdot 1.4 P_0 = 1.12 P_0$$

$$U = \frac{2}{3} \cdot 2.2 V = 3.36 P_0$$

$$P_1 = 4.18 P_0$$

$$P_2 = 3.2 V$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{2.2 V T_1}{2.2 V P_0} = 4.18 P_0$$

$$P_1 = P_0 \frac{R}{R_0}$$

$$2R$$

$$P_0 V_0$$

$$P = P_0$$

$$K = 1.8$$

$$K P_0 \cdot K V_0 \cdot 1.8 = 1.8 \cdot 1.8 P_0$$

$$K P$$

$$K P = P_0$$

$$K_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

