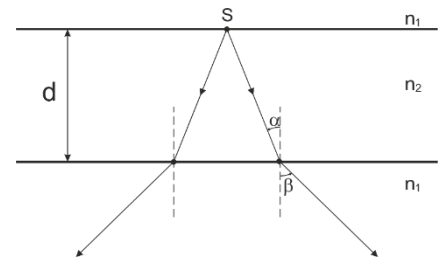


**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных организаций (2023 г.)**  
**Физика. 11 класс**

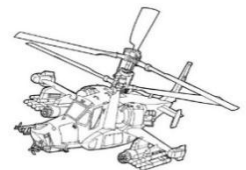
**Вариант 1**

*Задача 1. (20 баллов).* В настоящее время широко применяются метаматериалы, позволяющие создавать среды с совершенно новыми свойствами, в том числе с отрицательным показателем преломления. На рис. изображен ход лучей от точечного источника  $S$ , расположенного на верхней поверхности плоскопараллельной пластинки толщиной  $d$  с показателем преломления  $n_2 > 1$ , находящейся в среде с показателем преломления  $n_1 = 1$ . Теперь представим, что пластинка изготовлена из метаматериала с отрицательным показателем преломления  $n_2 = -1$ . Изобразите для этого случая ход лучей от источника через пластинку. Где в этом случае будет находиться изображение источника  $S'$ ? Будет оно действительным или мнимым? Примечание: углы падения  $\alpha$  и преломления  $\beta$  отсчитываются от нормали, стрелочками указано положительное направление отсчета (см. рисунок). Пунктиром показана нормаль к поверхности.



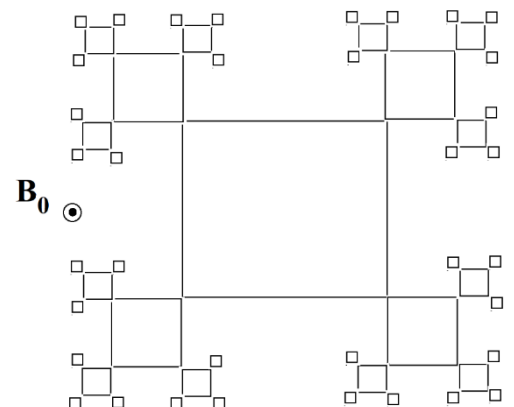
*Задача 2. (20 баллов).* Равномерно заряженную по поверхности до заряда  $q$  сферу радиуса  $R$  разделили по диаметру на две одинаковых части, которые, из-за взаимодействия зарядов, стали отталкиваться. Найдите силу, которую необходимо приложить к каждой половине, чтобы компенсировать внутреннее давление, которое возникает из-за взаимодействия зарядов?

*Задача 3. (20 баллов).* Вертолет к-52 «Аллигатор» теплым летним днем поднимается вертикально вверх со скоростью  $0,2$  м/с. Диаметр винта вертолета  $14,7$  м. Суммарная мощность двигателей  $3500$  л.с. Какова масса вертолета? Универсальная газовая постоянная  $R = 8,3$  Дж·К<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup>, температура воздуха  $3^\circ$  С.



*Задача 4. (20 баллов).* Параллельный пучок света малого диаметра и пространственной протяженности  $l$ , двигавшийся параллельно главной оптической оси, проходит через тонкую собирающую линзу, отражается от расположенного вплотную к линзе плоского зеркала и снова проходит через линзу. Отношение расстояния между оптическим центром линзы и точкой падения на нее светового пучка к фокусному расстоянию линзы равно  $k$ . Коэффициент отражения света от поверхности зеркала равен единице, от поверхностей линзы – нулю; оптическое стекло, из которого изготовлена линза, поглощает часть энергии проходящего через него света, равную  $\eta$ . Энергия светового пучка до падения на линзу равна  $W$ . Найти величину средней силы  $N_{ср}$ , действующей на линзу при прохождении через нее пучка света.

*Задача 5. (20 баллов).* Бесконечный проводящий изолированный провод изогнули таким образом, что получился плоский фрактальный объект, часть которого изображена на рисунке. Фрактальный объект является бесконечным. Он был построен на основании квадрата со стороной  $a$ , у которого по углам были сформированы квадраты со стороной в  $k$  раз меньше, затем в их углах был сформирован еще один уровень квадратов со стороной в  $k$  раз меньше, чем у предыдущих и так далее до  $N$  – го уровня ( $N$  – очень большое натуральное число). Перпендикулярно плоскости объекта действует магнитное поле, магнитная индукция  $B$  которого в каждой точке изменяется по закону:  $B = B_0 \sin(\omega t)$ , где  $B_0$  – амплитуда, а  $\omega$  – частота. Они заданы. Удельное сопротивление единицы длины проводника равно  $\rho$ . Найдите амплитуду тока в цепи данного объекта. При каких  $k$  задача будет иметь физическое решение?

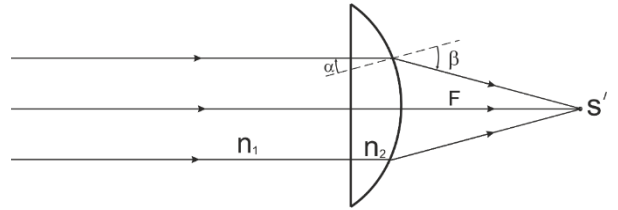


**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных организаций (2023 г.)**

**Физика. 11 класс**

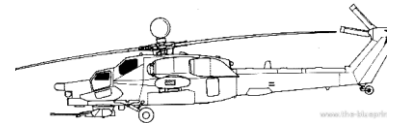
**Вариант 2**

**Задача 1. (20 баллов).** В настоящее время широко применяются метаматериалы, позволяющие создавать среды с совершенно новыми свойствами, в том числе с отрицательным показателем преломления. На рис. изображен ход лучей от бесконечно удаленного источника, находящегося в среде с показателем преломления  $n_1=1$ , через плоско-выпуклую линзу с показателем преломления  $n_2>1$  и фокусным расстоянием  $F$ . Теперь представим, что линза изготовлена из метаматериала с отрицательным показателем преломления  $n_2=-1$ . Изобразите для этого случая ход лучей от источника через линзу. Где в этом случае будет находиться изображение источника  $S'$ ? Будет оно действительным или мнимым? Примечание: углы падения  $\alpha$  и преломления  $\beta$  отсчитываются от нормали, стрелочками указано положительное направление отсчета (см. рисунок). Пунктиром показана нормаль к поверхности. Толщиной линзы при указании положения изображения можно пренебречь.



**Задача 2. (20 баллов).** Равномерно заряженную по поверхности до заряда  $q$  сферу радиуса  $R$  разделили по диаметру на две одинаковых части, которые, из-за взаимодействия зарядов, стали отталкиваться. Найти величину заряда сферы  $q$ , если давление внутри сферы, возникающее из-за взаимодействия зарядов равно  $P$ .

**Задача 3. (20 баллов)** Вертолет Ми-28 «Ночной охотник» неподвижно завис над землей. Диаметр винта вертолета 17,2 м. Суммарная полезная мощность двигателей 5000 л.с. масса вертолета 10 тонн. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,3 \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$ , температура воздуха  $4^\circ \text{C}$ . Во сколько раз надо увеличить мощность двигателя, чтобы вертолет поднимался вертикально вверх со скоростью 1 м/с.



**Задача 4. (20 баллов).** Параллельный пучок света малого диаметра и пространственной протяженности  $l$ , двигавшийся параллельно главной оптической оси, проходит через тонкую собирающую линзу. Отношение расстояния между оптическим центром линзы и точкой падения на нее светового пучка к фокусному расстоянию линзы равно  $k$ . Коэффициент отражения света от поверхностей линзы равен нулю; оптическое стекло, из которого изготовлена линза, поглощает часть энергии проходящего через него света, равную  $\eta$ . Энергия светового пучка до падения на линзу равна  $W$ . Найти величину средней силы  $N_{\text{ср}}$ , действующей на линзу при прохождении через нее пучка света.

**Задача 5. (20 баллов).** Бесконечный проводящий изолированный провод изогнули таким образом, что получился плоский фрактальный объект, часть которого изображена на рисунке. Фрактальный объект является бесконечным. Он был построен на основании квадрата со стороной  $a$ , у которого по углам были сформированы квадраты со стороной в  $k$  раз меньше, затем в их углах был сформирован еще один уровень квадратов со стороной в  $k$  раз меньше, чем у предыдущих и так далее до  $N$  – го уровня ( $N$  – очень большое натуральное число). Перпендикулярно плоскости объекта действует магнитное поле, магнитная индукция  $B$  которого в каждой точке изменяется по закону:  $B = B_0 \sin(\omega t)$ , где  $B_0$  – некоторая неизвестная амплитуда, а  $\omega$  – известная частота. Удельное сопротивление единицы длины проводника равно  $\rho$ . Найдите амплитуду  $B_0$ , если известно, что заряд протекающий в цепи данного объекта, за время равное половине периода равен  $Q$ .

