

Олимпиада Ломоносов – Физика 2025 год. Решения заданий 4.8

4.8.1. Задача. Две тонких собирающих линзы расположены так, что их главные оптические оси совпадают. Ровно посередине между ними перпендикулярно оптической оси линз помещён тонкий стержень. Расстояние от стержня до каждой линзы $d = 25$ см. Линзы создают действительные изображения стержня, причём первая линза даёт изображение без увеличения, а вторая – с увеличением $\Gamma = 3$. На какое расстояние x нужно сместить стержень параллельно самому себе вдоль оптической оси линз, чтобы оба изображения имели одинаковое увеличение? Ответ приведите в сантиметрах.

4.8.1. Решение. Построим изображения стержня в линзах (см. рисунок). Чтобы изображения имели одинаковое увеличение, стержень нужно сдвинуть к первой линзе (влево). Пусть увеличение каждого изображения при этом стало равно K . Тогда для первой линзы получим: $\frac{1}{d-x} + \frac{1}{K(d-x)} = \frac{1}{F_1}$, а для второй:

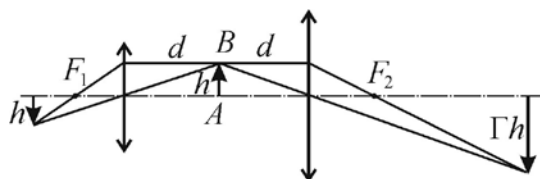
$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{K(d+x)} = \frac{1}{F_2}$, где F_1 и F_2 – фокусное расстояние первой и второй линзы. Решая систему

из двух уравнений, получим: $x = \frac{(F_2 - F_1)d}{F_1 + F_2}$. Найдём фокусные расстояния линз. Т.к. первая линза

сначала даёт изображение без увеличения, то $d = 2F_1$ и $F_1 = d/2$. Фокусное расстояние второй

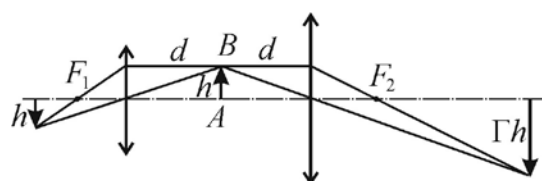
линзы найдем из равенства $\frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2}$, т.е. $F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1}$. Подставив эти выражения в формулу для

x , окончательно получим, что $x = \frac{(\Gamma - 1)d}{3\Gamma + 1}$. **Ответ:** $x = \frac{(\Gamma - 1)d}{3\Gamma + 1} = 5$ см.



4.8.2. Задача. Две тонких собирающих линзы расположены так, что их главные оптические оси совпадают. Ровно посередине между ними перпендикулярно оптической оси линз помещён тонкий стержень. Линзы создают действительные изображения стержня, причём первая линза даёт изображение без увеличения, а вторая – с увеличением $\Gamma = 3$. Каковы расстояния d от стержня до каждой линзы, если, после того, как сместят стержень параллельно самому себе вдоль оптической оси линз на расстояние $x = 5$ см, увеличения обоих изображений становятся одинаковыми? Ответ приведите в сантиметрах.

4.8.2. Решение. Построим изображения стержня в линзах (см. рисунок). Чтобы изображения



имели одинаковое увеличение, стержень нужно сдвинуть к первой линзе (влево). Пусть увеличение каждого изображения при этом стало равно K . Тогда для первой линзы получим: $\frac{1}{d-x} + \frac{1}{K(d-x)} = \frac{1}{F_1}$, а для второй:

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{K(d+x)} = \frac{1}{F_2}$, где F_1 и F_2 – фокусное расстояние первой и второй линзы. Решая систему

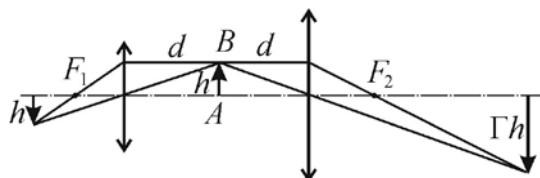
из двух уравнений, получим: $x = \frac{(F_2 - F_1)d}{F_1 + F_2}$. Найдём фокусные расстояния линз. Т.к. первая линза

сначала даёт изображение без увеличения, то $d = 2F_1$ и $F_1 = d/2$. Фокусное расстояние второй линзы найдем из равенства $\frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2}$, т.е. $F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1}$. Подставив эти выражения в формулу для

x , получим, что $x = \frac{(\Gamma - 1)d}{3\Gamma + 1}$. Отсюда $d = \frac{(3\Gamma + 1)x}{(\Gamma - 1)}$. **Ответ:** $d = \frac{(3\Gamma + 1)x}{(\Gamma - 1)} = 25$ см.

4.8.3. Задача. Две тонких собирающих линзы расположены так, что их главные оптические оси совпадают. Ровно посередине между ними перпендикулярно оптической оси линз помещён тонкий стержень. Расстояние от стержня до каждой линзы $d = 25$ см. Линзы создают действительные изображения стержня, причём первая линза даёт изображение без увеличения, а вторая – с некоторым увеличением Γ . Каково Γ , если, после того, как сместят стержень параллельно самому себе вдоль оптической оси линз на расстояние $x = 5$ см, увеличения обоих изображений становятся одинаковыми? Ответ приведите в сантиметрах.

4.8.3. Решение. Построим изображения стержня в линзах (см. рисунок). Чтобы изображения



имели одинаковое увеличение, стержень нужно сдвинуть к первой линзе (влево). Пусть увеличение каждого изображения при этом стало равно K . Тогда для первой линзы получим: $\frac{1}{d-x} + \frac{1}{K(d-x)} = \frac{1}{F_1}$, а для второй:

$\frac{1}{d+x} + \frac{1}{K(d+x)} = \frac{1}{F_2}$, где F_1 и F_2 – фокусное расстояние первой и второй линзы. Решая систему

из двух уравнений, получим: $x = \frac{(F_2 - F_1)d}{F_1 + F_2}$. Найдём фокусные расстояния линз. Т.к. первая линза

сначала даёт изображение без увеличения, то $d = 2F_1$ и $F_1 = d/2$. Фокусное расстояние второй линзы найдем из равенства $\frac{1}{d} + \frac{1}{\Gamma d} = \frac{1}{F_2}$, т.е. $F_2 = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1}$. Подставив эти выражения в формулу для

x , получим, что $x = \frac{(\Gamma - 1)d}{3\Gamma + 1}$. Отсюда $\Gamma = \frac{x + d}{d - 3x}$. **Ответ:** $\Gamma = \frac{x + d}{d - 3x} = 3$.