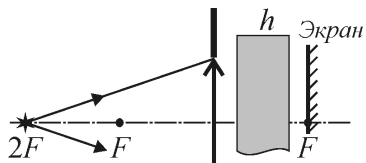


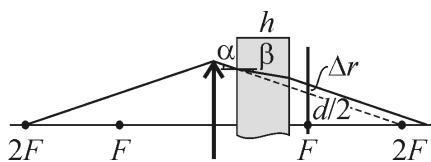
Вопрос 4, вариант 1

4.4.1. Задача. Тонкая собирающая линза плотно вставлена в круглое отверстие в непрозрачной ширме. Точечный источник света располагается на удвоенном фокусном расстоянии от нее. При этом на экране, установленном в фокальной плоскости по другую сторону от линзы перпендикулярно ее главной оптической оси, наблюдается светлое пятно диаметра $d = 1$ см. Каким станет диаметр d_1 светлого пятна на экране, если между ним и линзой поместить плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной $h = 2$ см с показателем преломления $n = 2$? Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Учтите, что для малых значений аргумента x , заданного в радианах, справедливы приближенные формулы $\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x$.



Вопросы. Какие линзы называют тонкими? Что такое фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы?

4.4.1. Решение. Ход одного из крайних лучей, ограничивающих световое пятно на экране, изображен на рисунке. В отсутствие пластинки ход луча показан штриховой линией, а при наличии пластинки – сплошной. Видно, что преломление света на боковых поверхностях пластинки приводит к тому, что луч смещается параллельно самому себе на некоторое расстояние, что вызывает изменение размеров светлого пятна на экране. Как следует из рисунка, $\Delta r = h(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta)$, где α и β – углы падения и преломления на левой поверхности пластинки,



причем $\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{2F}$. По условию $\frac{d}{2F} = 0,05 \ll 1$, поэтому справедливы приближенные формулы $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$, $\operatorname{tg} \beta \approx \beta$. Кроме того, $\sin \alpha \approx \alpha$, $\sin \beta \approx \beta$ и закон преломления на гранях пластинки принимает вид $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \approx \frac{\alpha}{\beta} \approx n$. Из записанных равенств следует, что $\Delta r \approx \frac{dh}{2F} \cdot \frac{n-1}{n}$. Учитывая, что

$d_1 = d + 2\Delta r$, получаем окончательно, что $d_1 = d \left(1 + \frac{h}{F} \cdot \frac{n-1}{n} \right)$. **Ответ:** $d_1 = d \left(1 + \frac{h}{F} \cdot \frac{n-1}{n} \right) = 1,1$ см.

Критерии оценки

Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 11 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **12-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 10 баллов)

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (даны формальные ответы, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) - ответы по каждой из частей вопроса оцениваются независимо от **1 до 5 баллов**, далее баллы суммируются **1-9 баллов**.
3. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **10 баллов**.