**11.5.** Точечный источник света помещен на расстоянии *a* = 16 см от собирающей линзы на ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы равно *F* = 8 см. Между источником и линзой перпендикулярно главной оптической оси вставлены 2 стеклянные плоскопараллельные пластины толщиной *d* = 4 см и показателем преломления *n* = 2 каждая. На какое расстояние сместится изображение источника, если одну из пластин перенести в фокусную плоскость с другой стороны линзы? Указание: используйте параксиальное приближение о малости углов.

*Решение.*

Запишем формулу тонкой линзы для случая, когда нет пластин:

. (1)

 см. (2)

Рассмотрим теперь качественно прохождение через плоско-параллельную пластину луча света, выпущенного источником под углом α к главной оптической оси линзы (см. рисунок).



В точке А луч преломляется и идет под углом β к оси до точки B, в которой снова преломляется на границе с воздухом и идет дальше под углом α. Продолжение этого луча в обратную сторону дает пересечение в точке O1. Таким образом, вставка плоско-параллельной пластины равносильно смещению вправо источника света из точки O в точку O1 (или смещению вправо изображения, если пластина с другой стороны линзы).

Найдем угол β из закона Снеллиуса:

. (3)

В параксиальном приближении (для малых углов):

. (4)

Рассмотрим прямоугольные треугольники ABD и CBD. Пусть AC = *x*, BD = *h*, AD = *d* (толщине пластины). Тогда:

; (5)

; (6)

Приравниваем:

; (7)

Воспользуемся выражением (4):

 (8)

Отсюда . (9)

Таким образом, пластина толщиной *d* приводит к эффективному смещению источника (или изображения) вправо на расстояние *d*/2.

Для первого случая:

 см. (10)

 см. (11)

Для второго случая:

 см. (12)

 (13)

Изображение сместится *влево* на  см.

*Разбалловка*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Критерий** | **Баллы** |
| 1 | Записана формула тонкой линзы (1) | 1 |
| 2 | Найдено расстояние до изображения – формула (2), (10), (11) | 1 |
| 3 | Построен или качественно описан ход луча в плоско-параллельной пластине | 1 |
| 4 | Записан закон Снеллиуса | 1 |
| 5 | Найдено эквивалентное смещение источника (или изображения) *x* в параксиальном приближении *–* формула (9) | 1 |
| 6 | Найдено эффективное расстояние до источника *a*1 в первом случае – формула (10) | 1 |
| 7 | Найдено расстояние *b*1 до изображения во первом случае – формула (11) | 1 |
| 8 | Найдено эффективное расстояние до источника *a*2 во втором случае – формула (12) | 1 |
| 9 | Найдено расстояние *b*2 до изображения во втором случае – формула (13) | 1 |
| 10 | Найдено смещение изображения – влево на 3,3 см | 1 |
|  | **Сумма** | **10** |