

Определение фокусного расстояния собирающих линз



Учащиеся должны научиться применять формулу линзы к тонким линзам, а также определять фокусное расстояние с помощью метода Бесселя.

Физика

Свет и оптика

Оптические приборы и линзы



Уровень сложности

твердый



Размер группы

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

30 Минут



Общая информация

Описание



Экспериментальная установка

Этот эксперимент призван объяснить зависимость между увеличением и фокусным расстоянием линзы с помощью двух различных методов, из которых выводится формула линзы. Первое впечатление об изображениях, полученных с помощью собирающей линзы уже дал эксперимент «Действительные изображения собирающей линзы».

В данном случае размер изображения исследовался в зависимости от расстояния до объекта, при этом учитывался только размер изображения, а не фокусное расстояние линзы.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE
excellence in science

Предварительные знания



Принцип



Ученики должны иметь представление об увеличении и фокусном расстоянии линзы.

Если свет падает параллельно на стеклянное тело и затем собирается в точке, фокусе, то тело является так называемой собирающей или выпуклой линзой. Свойства этих линз очень важны для создания оптических приборов.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

Цель



Задачи



Учащиеся должны научиться применять формулу линзы к тонким линзам, а также определять фокусное расстояние линзы с помощью метода Бесселя.

1. Определите увеличение и фокусное расстояние собирающей линзы, используя формулу линзы для тонких линз.
2. Определите фокусное расстояние собирающей линзы по методу Бесселя.

Инструкции по технике безопасности

PHYWE
excellence in science

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.

Теория (1/3)

PHYWE
excellence in science

Объект G резко отображается через тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием f на экране с помощью лучей, расположенных близко к оси. В зависимости от расстояния между объектом и центром линзы получаются действительные, увеличенные, уменьшенные или мнимые изображения. На рис. 1 показано построение изображения, при котором объект на рис. 1а находится в пределах удвоенного фокусного расстояния, а на рис. 1б - за его пределами. Изображение может быть построено с помощью так называемых трех основных лучей (центрального, фокусного и параллельного). В зависимости от положения объекта они затем увеличиваются или уменьшаются, но всегда получаются в перевернутом и прямом положении (действительные изображения). Изображение становится мнимым, когда G находится в пределах одного фокусного расстояния.

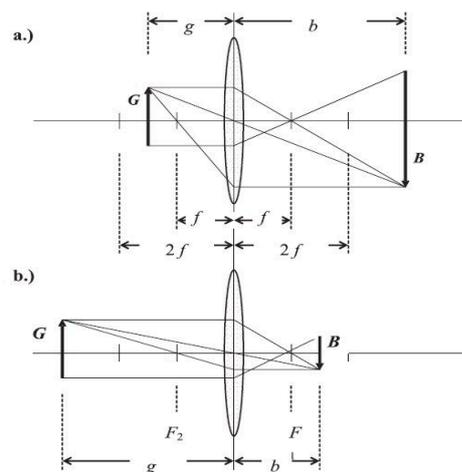


Рисунок 1

Теория (2/3)

Для закона отображения выполняется следующее: $A = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$

где A - увеличение, b - размер изображения и g - размер объекта.

Из рис. 1 можно также установить следующее соотношение:

$$\frac{B}{b-f} \text{ и } \frac{G}{g-f} = \frac{B}{f}.$$

Объединив оба уравнения, получаем формулу для тонких линз: $\frac{1}{f} = \frac{b+g}{b \cdot g} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$.

Если расстояние между объектом и плоскостью изображения фиксировано и превышает $4f$, то четкие изображения получаются для двух разных положений линз. Два положения линз симметричны центральной линии d . Таким образом, каждое изображение находится на расстоянии $e/2$ от линзы (рис.2).

Теория (3/3)

Фокусное расстояние линзы можно также определить с помощью так называемого метода Бесселя

Из рис. 2 следует: $b_1 + g_1 = d$ и $b_1 - \frac{e}{2} = \frac{d}{2}$.

Данные уравнения могут быть решены относительно b_1 и g_1 :

$$g_1 = \frac{d-e}{2} \text{ и } b_1 = \frac{d+e}{2}.$$

Если теперь подставить эти выражения в формулу линзы для тонких линз, и преобразовать в f можно получить формулу для фокусного расстояния по методу Бесселя:

$$f = \frac{d^2 - e^2}{4d}$$

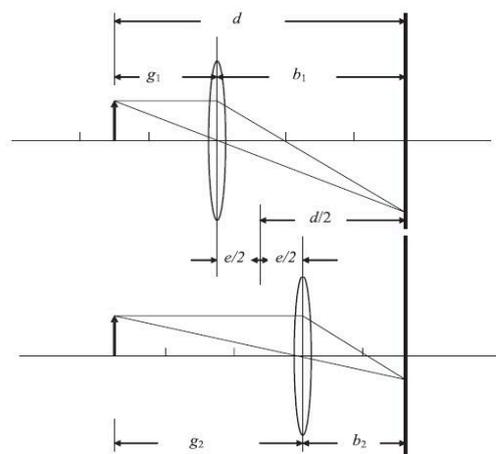


Рисунок 2

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	Оптическая скамья, l=1000 мм	08370-00	1
2	Экспериментальная лампа	08130-99	1
3	Скользящая опора для оптической скамьи	09822-00	2
4	Рамка со шкалой на скользящей опоре	09823-00	2
5	Линза в оправе, f=+100 мм	08021-01	1
6	Держатель для диафрагм	11604-09	1
7	Объект в виде буквы "L", стеклянные шарики	11609-00	1
8	Экран, белый, 150x150 мм	09826-00	1
9	Рулетка, l=2 м	09936-00	1



Подготовка и выполнение работы

Подготовка (1/2)

- На рис. 3 показана экспериментальная установка.
- Экспериментальная лампа с вертикальным держателем вставляется в переднее отверстие скользящей опоры на расстоянии 2,0 см в головной части оптической скамьи и фиксируется. Лампа продвигается к началу корпуса с помощью горизонтального ползунка так, чтобы объект был полностью освещен.
- Лампа подключается к источнику питания с блоком питания.



Рисунок 3

Подготовка (2/2)

PHYWE
excellence in science

- Рамка без угловой шкалы располагается вплотную перед выходной трубкой лампы (на расстоянии 15 см). Держатель диафрагмы со вставленным объектом в виде буквы "Perl L" помещается на него как объект. Обратите внимание на смещение фактического положения объекта "Perl L" на 0,5 см в сторону положения скользящей опоры.
- Исследуемая линза ($f = +100$ мм) фиксируется с помощью скользящей опоры на оптическую скамью, в то время как экран закрепляется в отверстии основания штатива.



Рисунок 3

Выполнение работы

PHYWE
excellence in science

Для получения точных результатов длинную ножку объекта в виде буквы "Perl L" лучше расположить горизонтально.

1. При различных положениях линзы четкие изображения объекта в виде буквы "L" должны строиться путем перемещения экрана. Положение линзы следует выбирать таким образом, чтобы получались как увеличенные, так и уменьшенные изображения. С помощью линейки измеряется размер изображения "L" (расстояние между центральными точками внешних точек "L"). Также необходимо записать расстояние до объекта и расстояние до изображения.
2. Вторая серия измерений используется для сравнения измерений, полученных по методу Бесселя. Здесь экран сначала располагается на фиксированном расстоянии от объекта. Затем линзу смещают так, чтобы были видны оба четких изображения (смещение линзы в обоих направлениях центрального луча расстояния "экран-объект"). Для получения дополнительной информации см. рис. 3. Запишите расстояние до объекта для обоих положений линзы.

Внимание: При измерении следует учитывать, что объект в виде буквы "L" отклоняется на 0,5 см от отметки скользящей опоры.

Оценка (1/2)

	g cm	b cm	B cm	G cm	$A_1 = b/g$	$A_2 = B/G$	A_2/A_1	f cm
1	13	53,5	12	3,0	4,11	4,0	0,97	10,46
2	15	34,5	6,5	3,0	2,3	2,17	0,94	10,45
3	17	27,4	4,6	3,0	1,61	1,53	0,95	10,49
4	19	22,9	3,4	3,0	1,20	1,13	0,94	10,38
5	21	20,3	2,6	3,0	0,97	0,87	0,89	10,32
6	23	18,5	2,2	3,0	0,80	0,73	0,91	10,25
7	25	17,1	1,7	3,0	0,68	0,57	0,83	10,15
8	27	16,2	1,5	3,0	0,6	0,5	0,83	10,13
9	29	15,9	1,4	3,0	0,55	0,47	0,85	10,27
10	31	15,1	1,2	3,0	0,49	0,4	0,82	10,15

Таблица 1: Определение увеличения и фокусного расстояния собирающей линзы

В таблице 1 показаны измеренные значения и полученные результаты для собирающей линзы с фокусным расстоянием $f = + 100$ мм. Фокусное расстояние рассчитывается по формуле линзы из раздела "Теория".

Для определения размера объекта в виде буквы "L" (расстояние между внешними краями соответствующих стеклянных шариков) была установлена длина 3,0 см. Для собирающей линзы ($f = + 10$ см) существует среднее значение фокусного расстояния: $f = (10,3 \pm 0,06)$ см.

Оценка (2/2)

Результаты сравнительного измерения по методу Бесселя приведены в таблице 2.

Согласно методу Бесселя было получено среднее значение: $f = (10,7 \pm 0,1)$ см.

Если объект находится в пределах одного фокусного расстояния, действительное изображение получить уже невозможно.

После этого изображение становится мнимым, а линза работает как увеличительное стекло.

Если объект находится на расстоянии $2f$ размер изображения соответствует размеру объекта ($B = G$).

	d cm	g_1 cm	g_2 cm	e cm	f cm
1	80	13	68,3	55,3	10,44
2	75	13,3	63,3	50,0	10,42
3	70	13,6	58,0	44,4	10,46
4	65	13,9	52,7	38,8	10,46
5	60	14,2	47,4	33,2	10,41
6	55	14,7	41,6	26,9	10,46
7	50	15,4	36,0	20,6	10,38
8	45	16,8	30	13,2	12,7

Таблица 2: Определение фокусного расстояния собирающей линзы по методу Бесселя