

Законы построения изображения в линзах и оптических системах



Физика

Свет и оптика

Геометрическая оптика



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f6de2588d079700032172b0>

PHYWE



Общая информация

Описание

PHYWE



Фотография преломляющего телескопа

Поскольку человеческие глаза имеют ограниченный размер и частотную характеристику, наше зрение ограничено определенными расстояниями и размерами объектов. Микроскопы позволяют нам заглянуть в микромир, телескопы уносят нас далеко за пределы Земли во Вселенную, а эндоскопы позволяют нам исследовать внутреннюю часть тела. Все это возможно благодаря линзам.

Линза фокусирует или преломляет световые лучи, проходя через нее, и это означает, что лучи как бы исходят из точки, которая ближе или дальше от того места, откуда они на самом деле исходят. Вот именно поэтому линзы, видимые через объектив, кажутся либо больше, либо меньше, чем они есть на самом деле. Её можно использовать как отдельную линзу или как составную линзу, состоящую из нескольких частей.

Дополнительная информация (1/3)



предварительные знания



Научный принцип



Поскольку показатель преломления линзы больше, чем у воздуха, в соответствии с законом преломления световые лучи движутся по направлению к перпендикуляру, когда он входит, и от перпендикуляра, когда он выходит, в зависимости от формы линзы. Точка пересечения лучей определяется как фокус F' линзы, а расстояние от центра линзы до его фокуса определяется как фокусное расстояние линзы f .

1. Если свет проходит через выпуклую линзу, то он сходится к точке (фокусу) перед линзой, чтобы сформировать действительное изображение объекта. Фокусное расстояние собирающей линзы считается положительным.
2. Если свет проходит через вогнутую линзу, то он расходится и, кажется, исходит из определенной точки за линзой, которая называется мнимым изображением. Фокусное расстояние расходящейся линзы определяется как отрицательное.

Дополнительная информация (2/3)



Цель обучения



Задачи



Фокусные расстояния неизвестных линз определяются методом Бесселя и путем измерения расстояний между изображением и объектом. Затем из этих линз конструируют простые оптические инструменты.

1. Определите фокусное расстояние двух неизвестных выпуклых линз, измеряя расстояние между изображением и объектом.
Определите фокусное расстояние выпуклой линзы и комбинации выпуклой и вогнутой линз методом Бесселя.

Дополнительная информация (3/3)



Задачи



3. Сконструируйте следующие оптические приборы:

- Слайд-проектор; необходимо определить увеличение.
- Микроскоп; необходимо определить увеличение.
- Зрительная труба Кеплера
- Телескоп Галилея (бинокль).

Инструкции по технике безопасности



- В этом эксперименте применяются общие правила безопасного проведения экспериментов при преподавании естественных наук.

Теория (1/8)

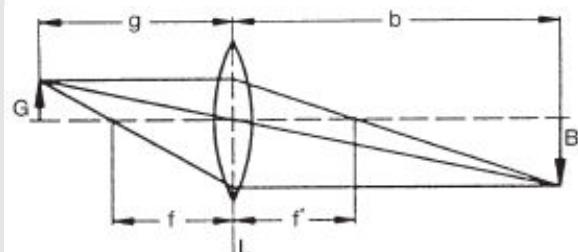
PHYWE

Зависимость между фокусным расстоянием f линзы, расстоянием до объекта и расстоянием до изображения определяется из законов геометрической оптики. Для построения изображения используются три отдельных луча: фокусный луч, параллельный луч и центральный луч. По законам подобных треугольников,

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

где B - размер изображения и G - размер объекта.
Путем преобразования получаем формулу линзы:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g} \text{ или } f = \frac{bg}{b+g}$$



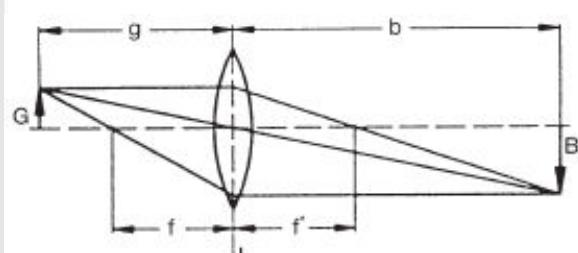
Построение изображения с тремя основными лучами

Теория (2/8)

PHYWE

Увеличение определяется соотношением между размером объекта G и размером изображения B :

$$V = \frac{B}{G} = \frac{b-f}{f}$$



Построение изображения с тремя основными лучами

Теория (3/8)

Комбинация из двух линз

Поскольку $g_I = b_{II}$ (расстояние до объекта в случае I = расстояние до изображения в случае II) и $b_I = g_{II}$, получаем:

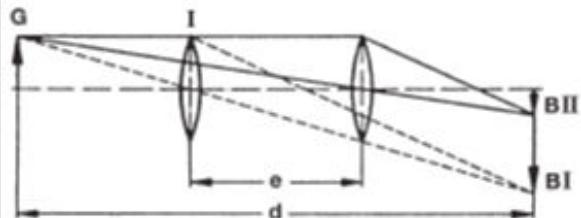
$$g_I + b_I = d ,$$

$$g_I + b_I = e .$$

Решая уравнения для g_I и b_I получаем

$$g_I = \frac{1}{2}(d + e) ,$$

$$b_I = \frac{1}{2}(d - e)$$



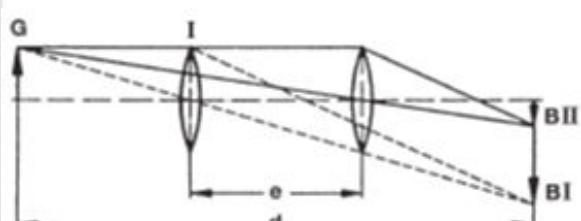
Определение фокусного расстояния методом Бесселя

Теория (4/8)

Замена в формуле линзы дает:

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

Таким образом, фокусное расстояние выпуклой линзы можно определить по измеренным значениям d и e .



Определение фокусного расстояния методом Бесселя

Теория (5/8)

Если известно комбинированное фокусное расстояние $f_{\text{сист}}$ системы линз, состоящей из выпуклой линзы с измеренным фокусным расстоянием f_s и вогнутой линзы, то измерение производится таким же образом, фокусное расстояние вогнутой линзы f_z можно определить как:

$$\frac{1}{f_z} = \frac{1}{f_{\text{сист}}} - \frac{1}{f_s} \quad \text{или} \quad f_z = \frac{f_{\text{сист}} \cdot f_s}{f_s - f_{\text{сист}}}$$

Здесь предполагается, что

$$\frac{1}{|f_s|} > \frac{1}{|f_z|}$$

так как в противном случае не получилось бы никаких действительных изображений.

Теория (6/8)

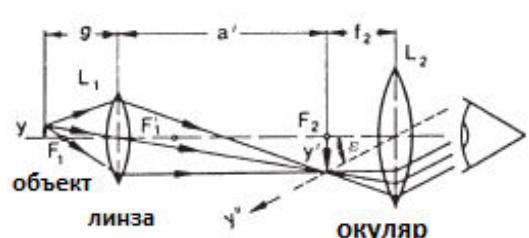
Микроскоп

Общее увеличение получается путем умножения увеличения, обусловленного линзой

$$\beta_{\text{объект}} = \frac{Y'}{Y} = \frac{a'}{g} = \frac{a'}{f_1} - 1$$

и угловым увеличением окуляра

$$\Gamma_L = \frac{250 \text{ мм}}{f_2}$$



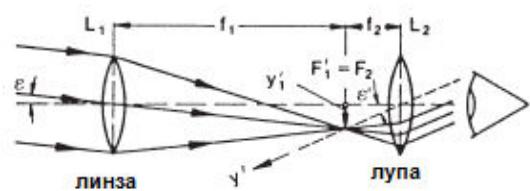
Путь луча в микроскопе

Теория (7/8)

Зрительная труба Кеплера

Линза L_1 обеспечивает действительное перевернутое изображение Y'_1 очень удаленного объекта, и это изображение наблюдается через окуляр L_2 . Угловое увеличение (для малых углов) равно:

$$\Gamma_L = \frac{\epsilon'}{\epsilon} = \frac{Y'_1/f_2}{Y'_1/f_1} = \frac{f_1}{f_2}.$$



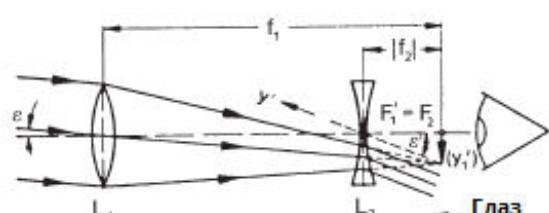
Путь луча в кеплеровском телескопе
(зрительная труба Кеплера)

Теория (8/8)

Телескоп Галилея

Вогнутая линза помещается на пути луча перед действительным первым изображением, полученным линзой L_1 так, чтобы точки фокусов F'_1 и F_2 совпадали. Затем глаз видит мнимое прямое изображение. Увеличение прибора равно:

$$\Gamma_L = \frac{f_1}{|f_2|}.$$



Путь луча в телескопе Галилея

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Экспериментальная лампа	08130-99	1
2	Линза в оправе, $f=+20$ мм	08018-01	1
3	Линза в оправе, $f=+50$ мм	08020-01	1
4	Линза в оправе, $f=+100$ мм	08021-01	1
5	Линза в оправе, $f=+300$ мм	08023-01	1
6	Линза в оправе, $f=-50$ мм	08026-01	1
7	Линза в оправе, $f=-200$ мм	08028-01	1
8	Экран, полупрозрачный, 250x250 мм	08064-00	1
9	Экран со стреловидной щелью	08133-01	1
10	Экран из матового стекла, 50x50x2 мм	08136-01	1
11	Микрометр, 1мм/ 100 ч.	62171-19	1
12	Блоха животного (собаки), 1 микропрепарат	87337-10	1
13	Слайд "Император Максимилиан"	82140-00	1
14	Оптическая скамья, $l=1000$ мм	08282-00	1
15	Основание для оптической скамьи, регулируемое	08284-00	2
16	Бегунок для оптической скамьи и с вертикальной трубкой, $h=30$ мм	08286-01	5
17	Бегунок для оптической скамьи и с вертикальной трубкой, $h=80$ мм	08286-02	1
18	Держатель для диафрагмы	08040-01	2
19	Держатель для линзы	08012-01	2
20	Поворотный кронштейн	08256-00	1
21	Линейка, пластмассовая, 200 мм	09937-01	1
22	Rod D10x130 / M6x8 / STVZ SW	305788	1

PHYWE

Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE

Экспериментальная установка (микроскоп)

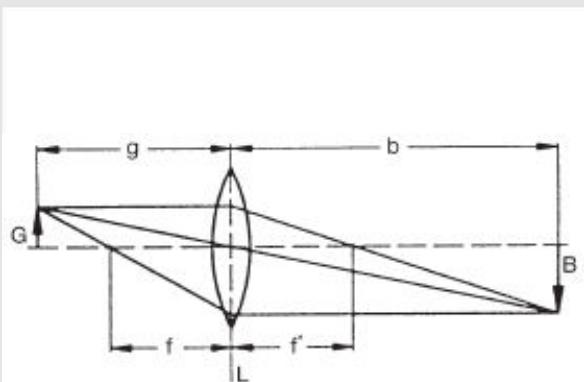
Эксперимент проводится, как показано на рисунке. Параллельный световой пучок создается лампой и двойным конденсором. Экран закрепляется в конце оптической скамьи.

Выполнение работы (1/6)

Определение фокусного расстояния линзы

Объект (экран со стрелкой) помещается непосредственно за конденсором, а четкое изображение проецируется на экран с помощью линзы. Измеряются расстояния изображения и объекта от линзы (предположим, что линзы тонкие).

Измерение расстояний до изображения и объекта повторяется для разных положений как с помощью обеих линз, так и линзы и экрана.

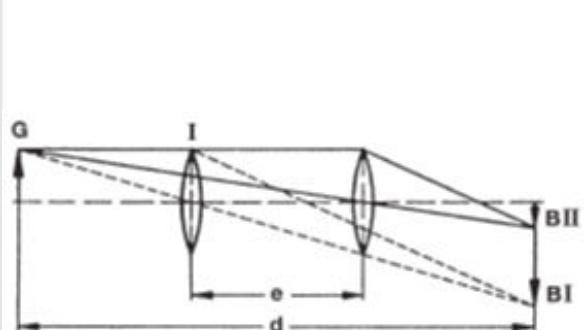


Построение изображения с тремя основными лучами

Выполнение работы (2/6)

Определение фокусного расстояния системы двух линз

Если при заданном расстоянии d между объектом и изображением (случай I), положение линзы изменяется так, что расстояние между изображением и объектом меняется (случай II), мы все равно получаем четкое изображение объекта. В случае II изображение увеличивается, в случае III - уменьшается. Используя выпуклую линзу с фокусным расстоянием (+100 мм), измерьте расстояние e , при котором получается четкое изображение для обоих возможных положений линз. Повторите измерение и рассчитайте среднее значение \bar{e} . Затем выполните измерение, используя выпуклую линзу (+100 мм) и вогнутую линзу (-200 мм). Сделайте расстояние d максимально большим и измерьте как минимум в четыре раза большее суммарное фокусное расстояние.

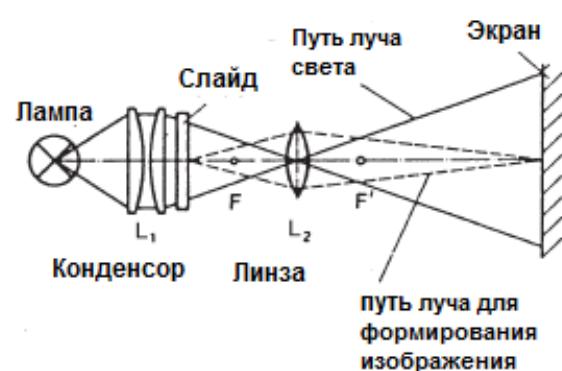


Определение фокусного расстояния методом Бесселя

Выполнение работы (3/6)

Слайд-проектор

- Поместите слайд императора Максимилиана прямо за конденсором и спроектируйте изображение на экран с помощью линзы L_2 ($f_2 = +100\text{мм}$).
- Для получения наилучшего освещения изображения установите конденсор так, чтобы изображение лампы находилось в плоскости линзы L_2 .
- Определите увеличение V изображения.



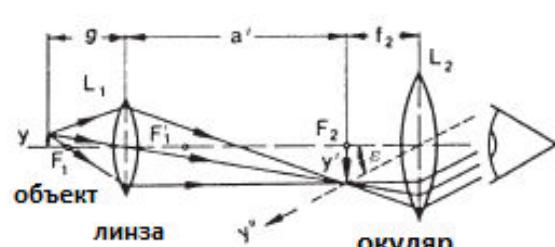
Путь луча в слайд-проекторе.

Выполнение работы (4/6)

Микроскоп

Увеличенное изображение небольшого объекта (микрометр и микропрепарат блохи собаки) получают с помощью линзы L_1 с коротким фокусным расстоянием $f_1 = 20\text{мм}$. Действительное промежуточное изображение наблюдается через окуляр L_2 ($f_2 = +50\text{мм}$). Матовый экран и держатель с объектом закрепляют в поворотном кронштейне. L_1 подносят как можно ближе к объекту. Объект освещается через матовый стеклянный экран.

Размер изображения, а следовательно, и общее увеличение, приблизительно определяются путем сравнения его со шкалой на наименьшем расстоянии видимости (приблизительно 25 см). Для этого нужно смотреть в микроскоп правым глазом, а на шкалу - левым.



Путь луча в микроскопе.

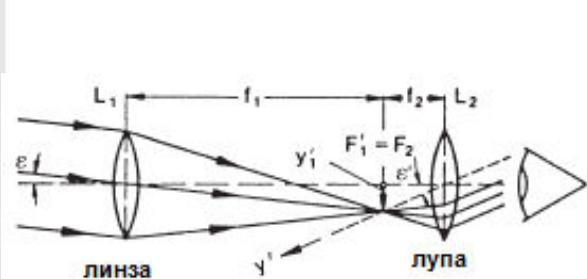
Выполнение работы (5/6)

PHYWE

Телескоп (Зрительная труба Кеплера)

Выпуклая линза с большим фокусным расстоянием $f_1 = +300\text{мм}$ и линза с коротким фокусным расстоянием $f_2 = +50\text{мм}$ крепятся к оптической скамье на расстоянии $f_1 + f_2$.

Если посмотреть в линзу с коротким фокусным расстоянием, можно увидеть перевернутое увеличенное изображение удаленного объекта.



Путь луча в телескопе Кеплера.

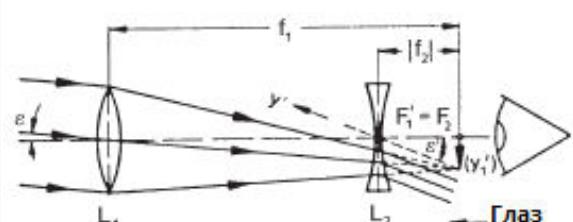
Процедура (6/6)

PHYWE

Телескоп Галилея

Выпуклая линза с большим фокусным расстоянием $f_1 = +300\text{мм}$ и вогнутая линза с коротким фокусным расстоянием $f_2 = -50\text{мм}$ расположены на расстоянии $f_1 - |f_2|$.

Через вогнутую линзу можно увидеть далекий объект увеличенный и прямой.



Путь луча в телескопе Галилея

Оценка (1/3)

Определение фокусного расстояния линзы для системы с одной линзой (слева) и системы с двумя линзами (справа) можно вычислить, как показано ниже.

$g, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$\frac{1}{g} \text{мм}^{-1}$	$\frac{1}{b} \text{мм}^{-1}$	$f, \text{мм}$
20				
40				
60				

$\bar{f} = \underline{\hspace{2cm}}$

<u>Nº e, мм</u>	$f_s = \underline{\hspace{2cm}}$
1	$d = \underline{\hspace{2cm}}$
2	$\bar{e} = \underline{\hspace{2cm}}$
3	$f_{\text{сист}} = \underline{\hspace{2cm}}$
4	$f_z = \underline{\hspace{2cm}}$

Оценка (2/3)

Заполните формулировки, которые лучше всего описывают изображение, создаваемое вогнутой и выпуклой линзой.

Выпуклая линза дает , перевернутое и изображение, в то время как вогнутая линза дает , прямое и изображение. Кроме того, знак увеличения зависит от ориентации объекта. Положительное увеличение соответствует изображению, а отрицательное увеличение соответствует изображению.

прямому

увеличенное

перевернутому

мнимое

уменьшенное

действительное

 Проверить

Оценка (3/3)

PHYWE

Какое из следующих утверждений лучше всего описывает приведенную ниже схему телескопа Кеплера?

- Окуляр увеличивает первое проецируемое изображение.
- Для большего увеличения объектив должен иметь меньшее фокусное расстояние, чем окуляр.
- Телескоп формирует перевернутое изображение

Проверить

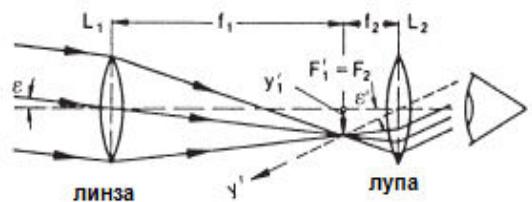


Схема телескопа Кеплера

Слайд

Оценка / Всего

Слайд 25: Объективы и их изображения

0/6

Слайд 26: телескоп Кеплера

0/2

Общий балл

0/8

Показать решения

Вспомнить

15/15