

# 几何光学基础仿真实验

## 实验报告

实验者姓名： 李昭阳 学号： 2021013445 实验日期： 2022/12/06 实验台号： 线上

### 实验目的

- 认识简单光路并学习绘制、分析光路
- 了解影响透镜焦距的因素
- 学习透镜成像规律并掌握透镜焦距的基本测量方法

### 实验工具

(1) 科罗拉多大学波德分校创建的数学和科学互动程序（PhET）中的“几何光学（geometric-optics）”程序

### 数据处理及结果

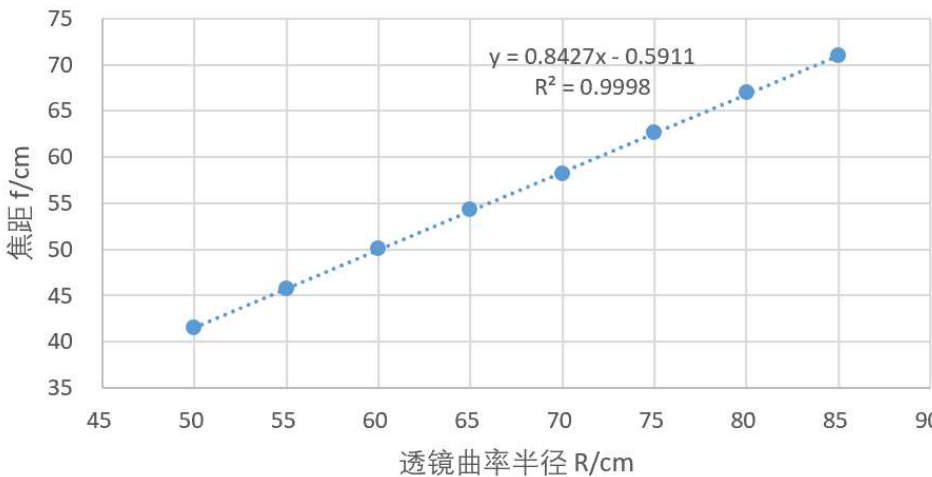
#### 研究透镜焦距决定因素

研究透镜焦距 $f$ 与其曲率半径 $n$ 的关系

透镜焦距 $f$ 与其曲率半径 $n$ 关系记录表

曲率半径 $R$	50	55	60	65	70	75	80	85
前后焦点间距 $2f$	83	92	100	109	116	125	134	142
焦距 $f$	42	46	50	54	58	63	67	71

$f - R$  关系曲线



透镜焦距 $f$ 与其曲率半径 $n$ 关系记录图

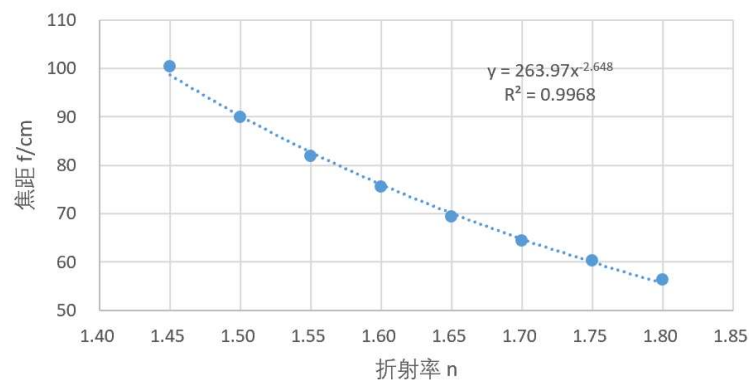
由拟合曲线可见，焦距和曲率半径成正相关。

研究透镜焦距f与其制作材料的折射率n之间的关系

透镜焦距f与其制作材料的折射率n关系记录表

材料折射率n	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80
前后焦点间距 2f	201	180	164	151	139	129	121	113
焦距f	100	90	82	76	69	64	60	56

f - n关系图



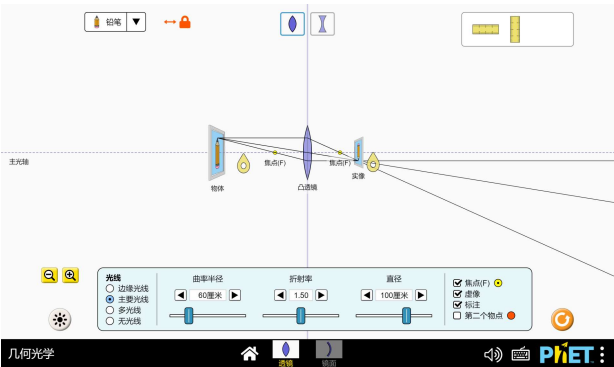
透镜焦距f与其制作材料的折射率n关系记录图

由拟合曲线可见，焦距和制作材料折射率成反相关关系。

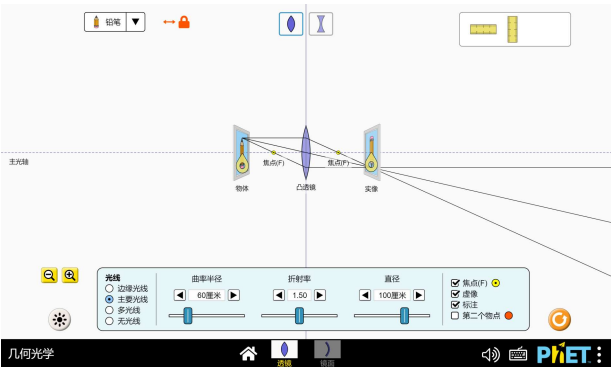
透镜成像及其焦距测量

凸透镜成像的规律特点

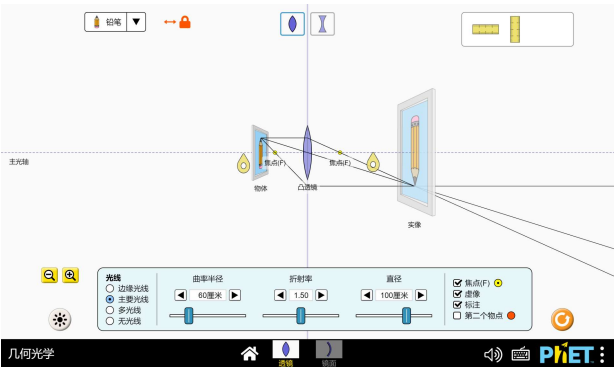
记物距为p，像距为q，焦距为f。



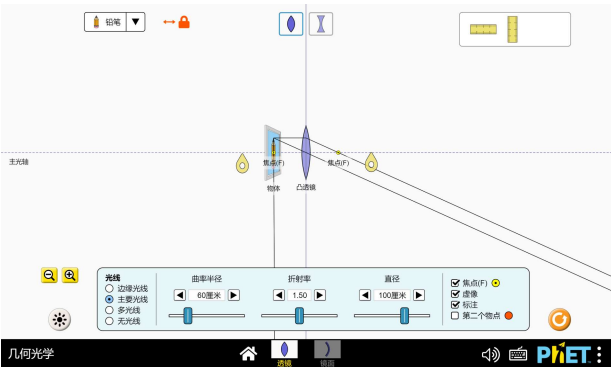
$p > 2f$



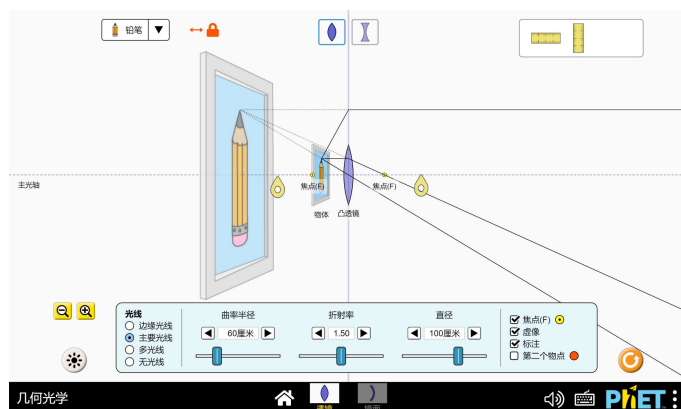
$p = 2f$



$f < p < 2f$



$p = f$

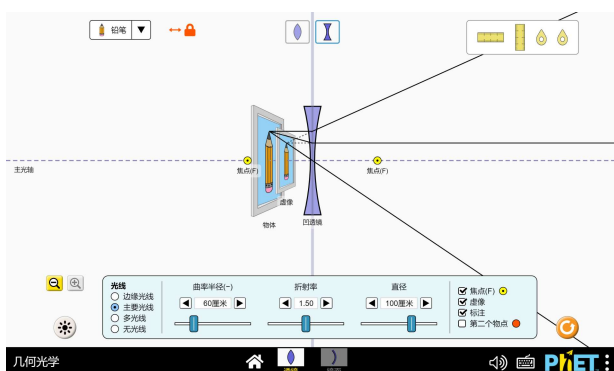


$$p < f$$

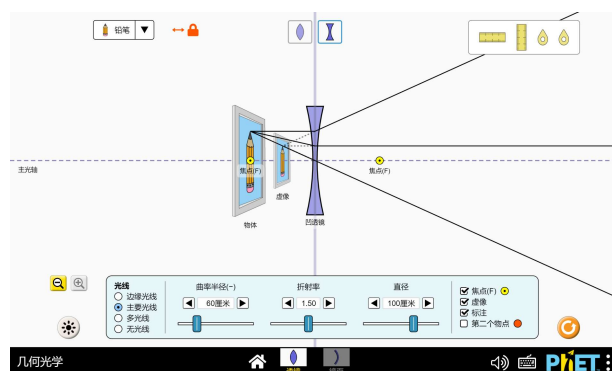
总结得，当  $p > 2f$  时，成倒立缩小的实像；当  $p = 2f$  时，成倒立等大的实像；当  $f < p < 2f$  时，成倒立放大的实像；当  $p = f$  时，不成像；当  $p < f$  时，成正立放大的虚像。

### 凹透镜成像的规律特点

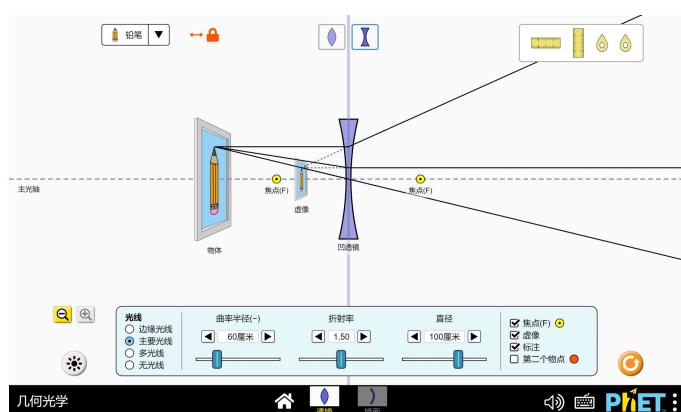
记物距为 $p$ ，像距为 $q$ ，焦距为 $f$ 。



$$p < f$$



$$p = f$$



$$p > f$$

总结得，凹透镜始终成倒立缩小的虚像。

凸透镜焦距的计算

由透镜前后焦点间距求得  $f_1 = \frac{2f}{2} = 75.5cm$ ，与理论值  $f = \frac{R}{2(n-1)} = \frac{90}{2 \times (1.6-1)} = 75.0cm$  的相对偏差为  $0.5cm$ 。

移动箭头位于  $p = 2f$  位置处，测得箭头高度  $y = 60cm$ ，像的高度  $y' = -58cm$ ，计算线放大率得，

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{58}{60} = 0.967 \approx 1 = -\frac{2f}{2f} = -\frac{q}{p}$$

可认为测量结果与理论预期结果一致。

用物距像距法求焦距，先测量曲率半径  $R = 90cm$ 、透镜折射率  $n = 1.60$  条件下，凸透镜成像时的物距和像距。再根据  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$  计算出焦距，得到如下表格。

凸透镜物距、像距距测量记录表

透镜曲率半径 $R = 90\text{cm}$		透镜折射率 $n = 1.60$	
前后焦点间距 $2f = 151\text{cm}$			
物距 $p(\text{cm})$	像距 $q(\text{cm})$	焦距 $f(\text{cm})$	像特征
40	-88	73.3333333	正立放大虚像
60	-308	74.516129	正立放大虚像
100	252	71.5909091	倒立放大实像
120	200	75	倒立放大实像
130	174	74.4078947	倒立放大实像
140	161	74.8837209	倒立等大实像
160	142	75.2317881	倒立缩小实像
170	134	74.9342105	倒立缩小实像
180	128	74.8051948	倒立缩小实像
190	123	74.6645367	倒立缩小实像

求平均值  $\bar{f} = 74.337cm$ ，计算不确定度得，

$$\Delta_f = \frac{t_{0.95}(v)}{\sqrt{n}} S_f = \frac{2.23}{\sqrt{10}} \times 1.096 = 0.773cm$$

则当前透镜参数下凸透镜的焦距为，

$$f = \bar{f} \pm \Delta_f = 74.337 \pm 0.773cm$$

与理论值  $f = 75.0cm$  的相对偏差为  $0.663 \pm 0.773cm$ 。

移动箭头位于  $p = 2f$  位置处，测得箭头高度  $y = 60cm$ ，像的高度  $y' = -59cm$ ，计算线放大率得，

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{59}{60} = 0.983 \approx 1 = -\frac{2f}{2f} = -\frac{q}{p}$$

可认为测量结果与理论预期结果一致。

凹透镜焦距的计算

由透镜前后焦点间距求得  $f = -\frac{2f}{2} = -75.5cm$ ，与理论值  $f = -\frac{R}{2(n-1)} = -\frac{90}{2 \times (1.6-1)}$   
 $= -75.0cm$ 的相对偏差为  $0.5cm$ 。

用物距像距法求焦距，先测量曲率半径  $R = 90cm$ 、透镜折射率  $n = 1.60$  条件下，  
凹透镜成像时的物距和像距。再根据  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$  计算出焦距，得到如下表格，

凹透镜物距、像距测量记录表

透镜曲率半径 $R = 90\text{cm}$		透镜折射率 $n = 1.60$	
前后焦点间距 $2f = 151\text{cm}$			
物距 $p(\text{cm})$	像距 $q(\text{cm})$	焦距 $f(\text{cm})$	像特征
40	-26	-74.285714	正立缩小虚像
50	-30	-75	正立缩小虚像
60	-33	-73.333333	正立缩小虚像
75	-37	-73.026316	正立缩小虚像
90	-41	-75.306122	正立缩小虚像
100	-44	-78.571429	正立缩小虚像
110	-45	-76.153846	正立缩小虚像
120	-46	-74.594595	正立缩小虚像
130	-47	-73.614458	正立缩小虚像
140	-48	-73.043478	正立缩小虚像

求平均值  $\bar{f} = -74.693cm$ ，计算不确定度得，

$$\Delta_f = \frac{t_{0.95}(v)}{\sqrt{n}} S_f = \frac{2.23}{\sqrt{10}} \times 1.711 = 1.207cm$$

则当前透镜参数下凹透镜的焦距为，

$$f = \bar{f} \pm \Delta_f = -74.693 \pm 1.207cm$$

与理论值  $f = -75.0cm$  的相对偏差为  $0.307 \pm 1.207cm$ 。