

# 金属材料杨氏模量的测定

## 实验背景

托马斯·杨（1773—1829 年）是英国医生兼物理学家，光的波动说的奠基人之一。1801 年进行了著名的杨氏干涉实验，为光的波动说奠定了基础。在对人眼感知颜色的研究领域，他建立了三原色原理。特别在对弹性力学的研究领域，他对胡克定律和弹性模量进行了卓有成效的研究，后人为了纪念杨氏的贡献，把纵向弹性模量（正应力与线应变之比）称为杨氏模量。杨氏模量是结构材料的最基本的特性之一，拉伸法测量材料的杨氏模量在现代工业和新材料研制中被广泛采用。测量杨氏模量有拉伸法、梁德弯曲法、振动法、内耗法等等，本实验主要学习静态拉伸法测量金属丝杨氏模量。

## 【实验目的】

1. 理解杨氏模量的定义及测量原理。
2. 掌握用光杠杆法测量微小长度的原理。
3. 学习用作图法处理实验数据。

## 【实验原理】

### 1. 杨氏模量

金属材料在外力作用下会发生形变，如果外力撤去后相应的形变也随即消失，这种形变被称为弹性形变。如果外力撤去后仍有残余形变，这种形变被称为塑性形变。

应力是指单位面积上所受到的力（记为  $F/S$ ）。发生弹性形变时，物体内部产生的企图恢复物体原状的力叫做内应力。应变是指在外力作用下的相对形变（记为  $\Delta L/L$ ），它反映了物体形变的大小。

## 【实验原理】

金属丝的杨氏模量：
$$E = \frac{\frac{F}{S}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{F \cdot L}{S \cdot \Delta L}$$

杨氏弹性模量 是材料的属性，与外力及物体的形状无关

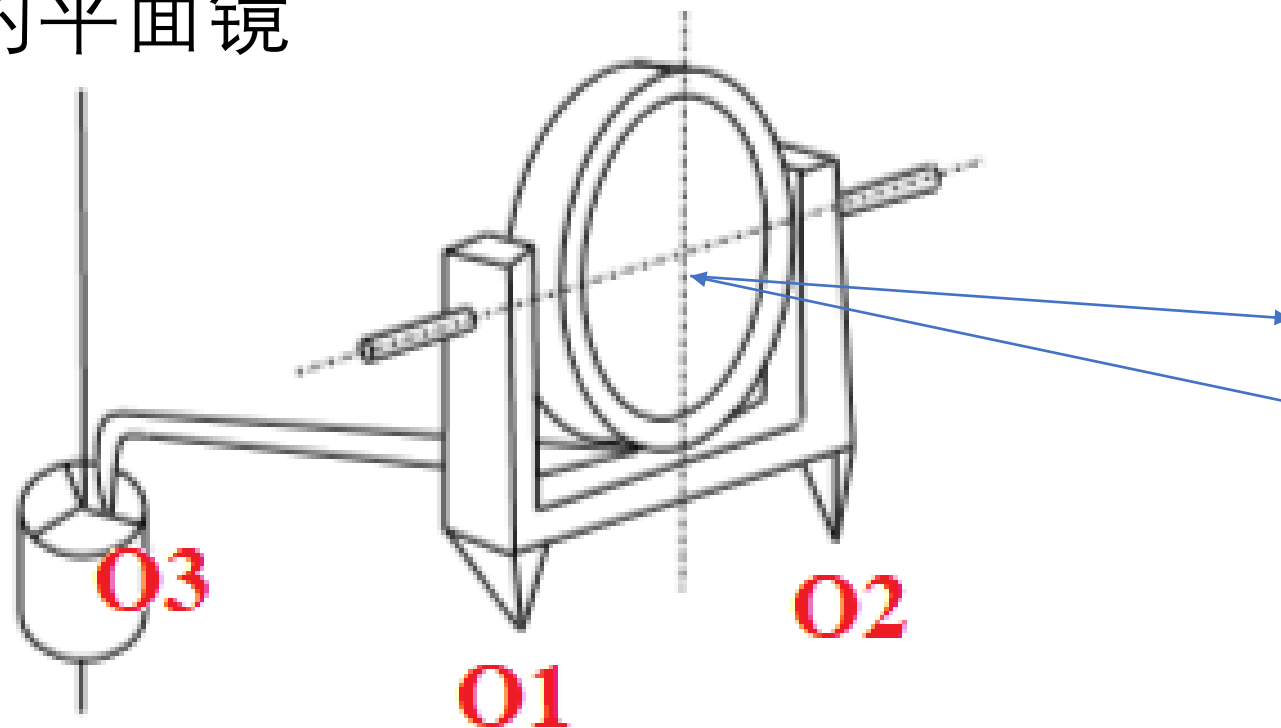
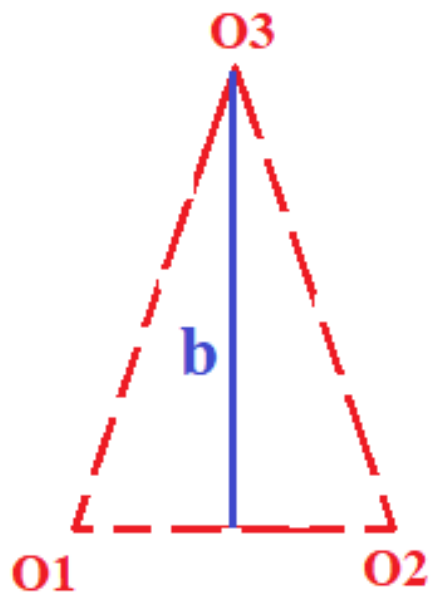
材料名称	杨氏模量 $E$ ( $\times 10^{11} \text{ Pa}$ )
钢	1.92-2.16
铁	1.13-1.57
铜及其合金	0.73-1.27
铝及硬铝	~0.7
玻璃	~0.55

$\Delta L$ 的测量？

## 2. 光杠杆法测量原理

常采用光杠杆（放大）法进行测量微小长度变化 $\Delta L$ 。

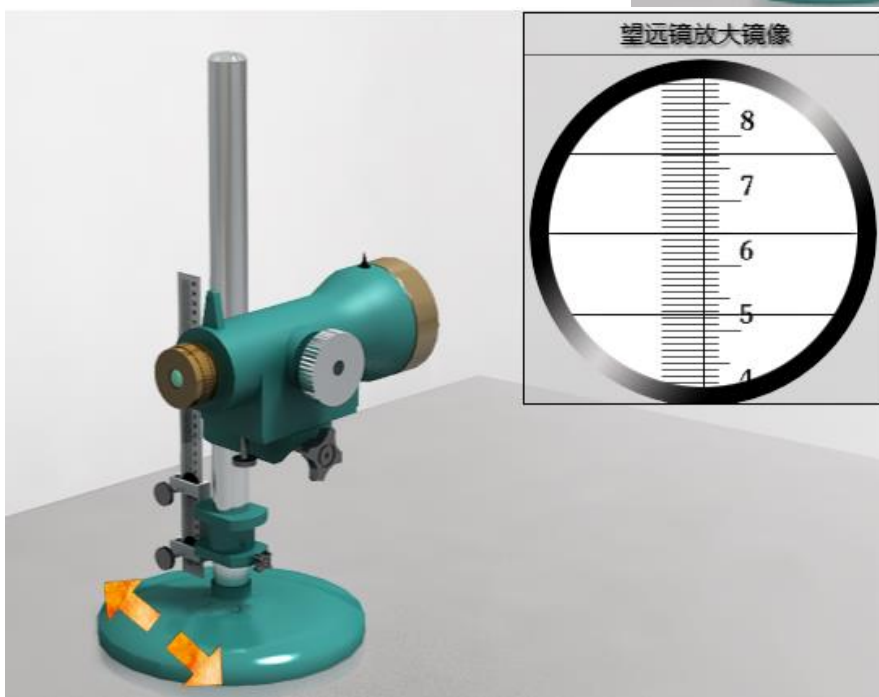
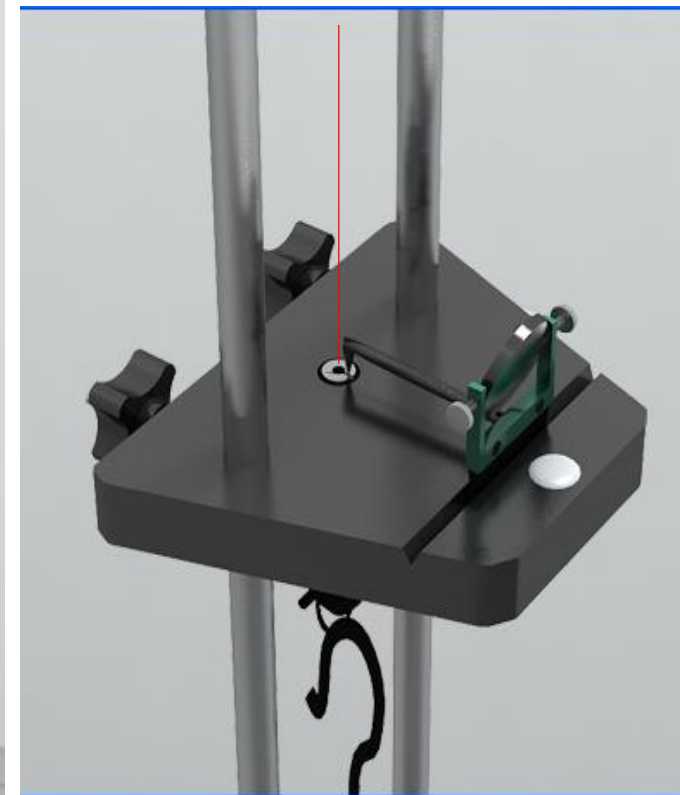
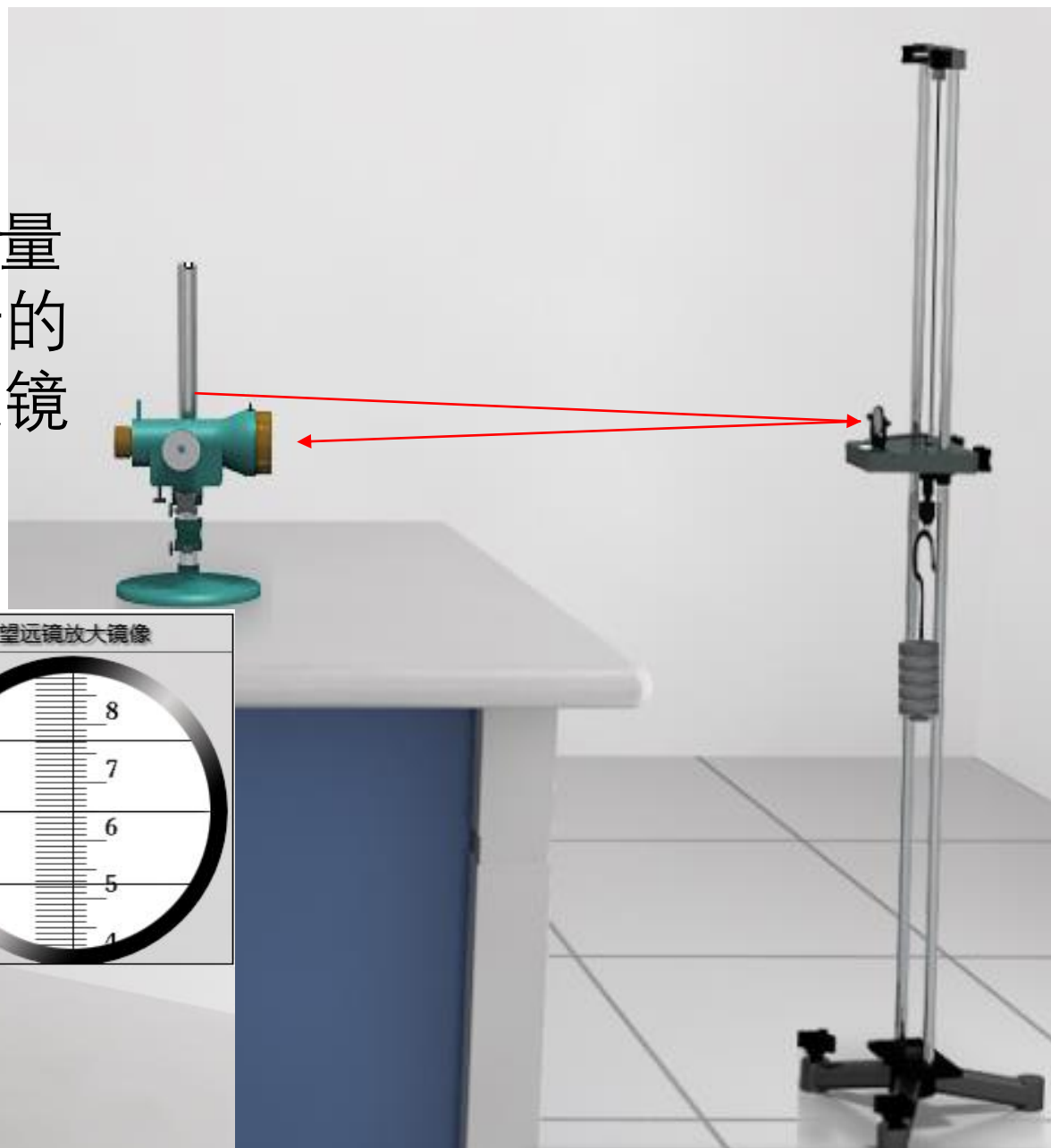
光杠杆镜是一块带有三足的平面镜

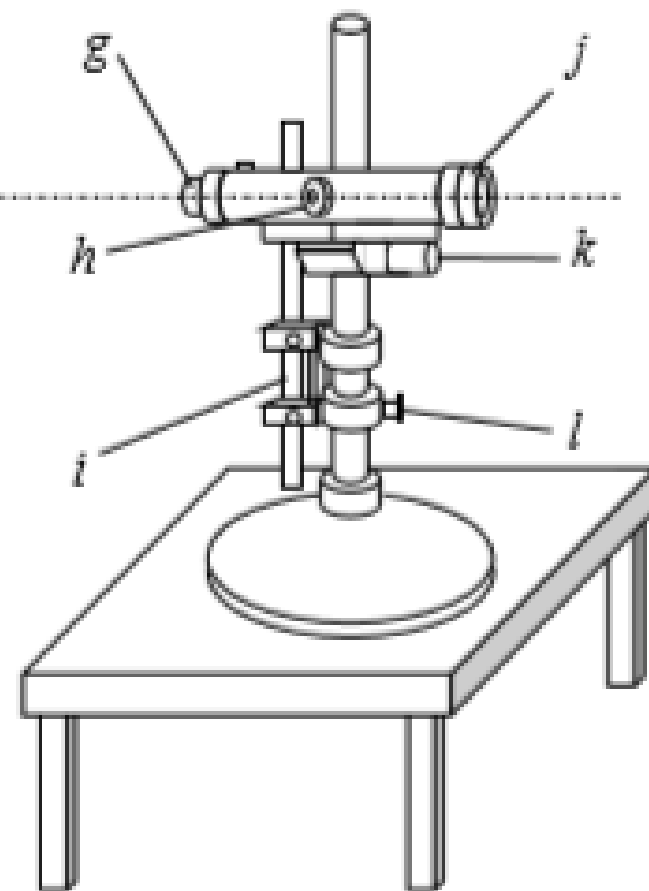
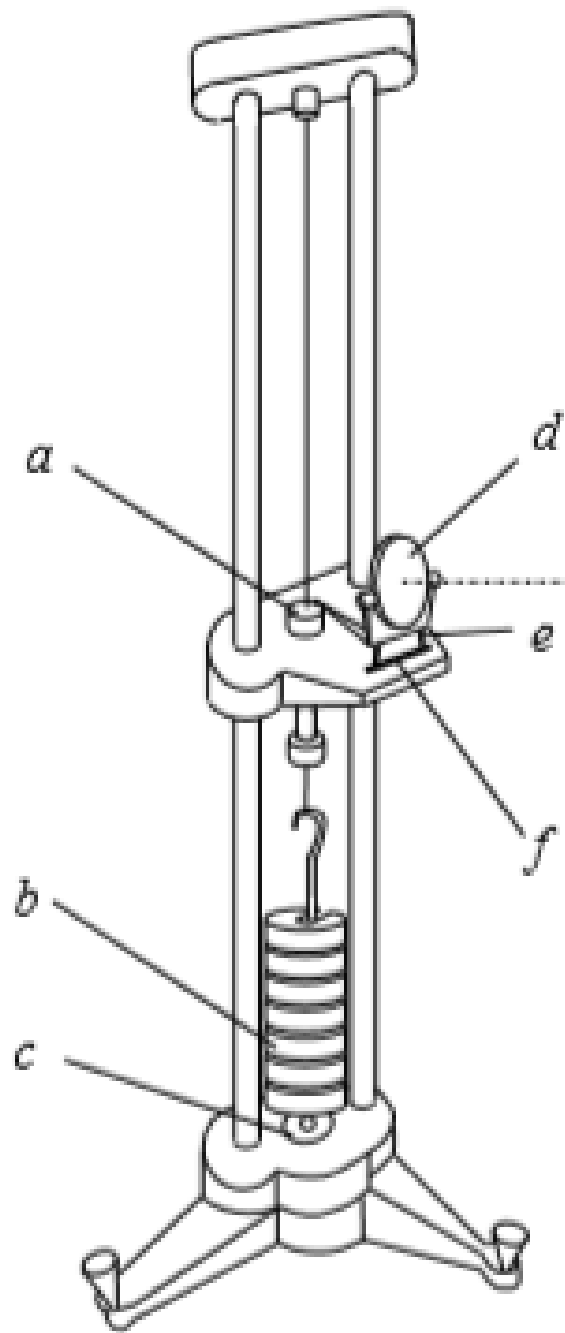


它的三个足尖 O1、O2、O3构成一个等腰三角形，O1O2为等腰三角形的底边，O3到底边的垂直距离记为 b

### 3. 尺读望远镜

由一个与被测量长度变化方向平行的标尺和尺旁的望远镜组成。



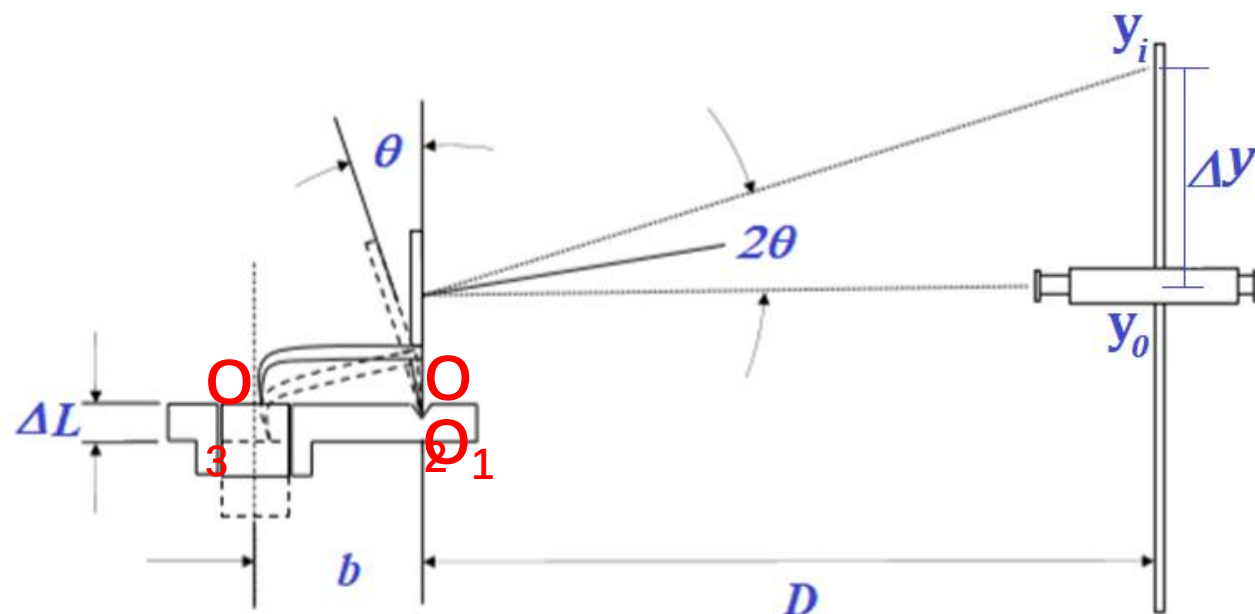


# 光杠杆放大原理图

$$\begin{cases} \theta \approx \frac{\Delta L}{b} \\ 2\theta = \frac{\Delta y}{D} \end{cases} \Rightarrow \Delta L = \frac{b \cdot \Delta y}{2D}$$

$$E = \frac{F \cdot L}{S \cdot \Delta L} = \frac{8F \cdot L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot \Delta y}$$

$$y = \frac{8L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot E} F + y_0$$



斜率:  $k = \frac{8L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot E}$

【数据记录和处理】  $y = \frac{8L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot E} F + y_0$  斜率:  $k = \frac{8L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot E}$

方法1: 列表记录数据, 用作图法求出  $k$ , 得出  $E$

$$\Rightarrow E = \frac{8L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot k}$$

方法2: 列表记录数据, 用Origin最小二乘法求出  $k = \bar{k} \pm \Delta k$

$$E = \frac{8L \cdot D}{\pi d^2 \cdot b \cdot k} \Rightarrow E_r = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta k}{k}\right)^2}$$

$$\Rightarrow E = \bar{E} \pm u_E$$



## 【思考】

- 1, 提高测量精度, 减小误差的方法。
- 2, 从光杠杆的放大倍数考虑, 增大  $D$  与减小  $b$  都可以增加放大倍数, 那么它们有何不同? 是否可以增大  $D$  无限制地增大放大倍数。

## 实验预习卷中的问题：

1. (10分)杨氏模量是标志材料刚性的物理量，它与材料的以下因素有关

学生答案：BC x

A. 外加力

B. 加工制造方法

C. 结构及化学成分

D. 尺寸，形状

$$E = (F/S)/(\Delta L/L)$$

(1)

E被称为材料的杨氏模量，它是表征材料性质的一个物理量，仅与材料的结构、化学成分及其加工制造方法有关。某种材料发生一定应变所需要的力大，该材料的杨氏模量也就大。杨氏模量的大小标志了材料的刚性。

2. (10分)光杠杆的放大率为 $2D/l$ ，为了使 $2D/l$ 增大，在实验中我们可以

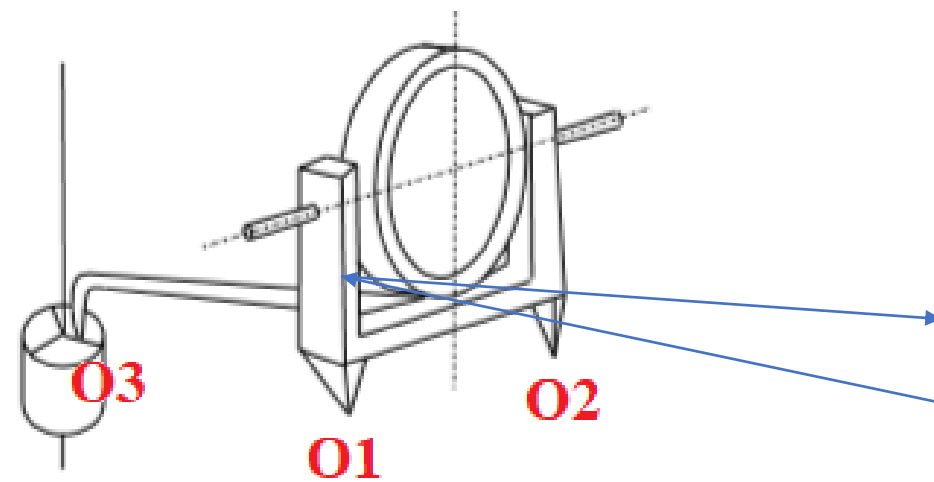
学生答案：CD ×

A. 随意减小 $l$

B. 随意增大 $D$

C. 适当增大 $D$

D. 适当减小 $l$



放大率： $k = \frac{2D}{l}$