

学号: 12313124

姓名: 余洋

日期: 2023.11.7

星期 二

☐ 上午
☒ 下午

固体杨氏模量的测量

1. 实验目的

- ① 学习利用光杠杆法测量微小量的原理
- ② 理解杨氏模量的含义

2. 实验仪器

钢丝杨氏模量测量仪、螺旋测微器

3. 实验原理

材料受力后会发生形变,在弹性限度内,材料的应力和应变之比是一个常数,叫作弹性模量,条形物体的沿纵向的弹性模量叫杨氏模量。它的大小标志了材料的刚性。

$$E = (F/S) / (\Delta L/L) = \frac{FL}{S\Delta L} \quad (1)$$

在样品截面积 S 上的作用力为 F , 测量引起的相对伸长量 $\Delta L/L$, 即可计算出材料的杨氏模量 E 。因一般伸长量 ΔL 很小, 故采用光学放大法将其放大。光杠杆是一个带有可旋转的平面镜的支架, 平面镜的镜面与三个足尖决定的平面垂直, 其后足即杠杆的支脚与被测物紧邻。当杠杆支脚随被测物上升或下降微小距离 ΔL 时, 镜面法线转过一个微小的 θ 角, 而入射到望远镜的光线转过 2θ 角。 $\tan \theta = \frac{\Delta L}{D} \approx \theta$, $\tan 2\theta = \frac{b}{D} \approx 2\theta$ ($\tan \theta = \theta + \frac{\theta^3}{3} + \frac{2\theta^5}{15} + \frac{17\theta^7}{315} + \dots$ 当 θ 很小时) 其中 D 为平面镜到望远镜的距离, b 为入射光线与望远镜所在竖直平面相交点到望远镜在竖直方向上的距离, 中观察到的标尺移动的距离。

在公式(1)中代入 ΔL 可得 $E = \frac{2bLF}{S\Delta b}$, L 为金属丝的长度, D 为平面镜与直尺之间的距离, b 为光杠杆的臂长, Δb 为望远镜中所观察到的标尺的移动距离, S 为钢丝的截面积, 通过测量钢丝的直径求得。

4. 实验内容

① 调节仪器

调节放置光杠杆的平台与望远镜的相对位置, 使光杠杆镜面法线与望远镜轴线大体重合。调节支架底部螺丝, 确保平台水平, 调平台的上下位置, 使管制器顶部与平台的上表面共面。



物理实验报告纸



SUSTech

明德求是
日新自强

学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期: _____ ☐ 上午 ☐ 下午

② 测量

- 1° 用米尺测量钢丝长度 L 1 次。
- 2° 用米尺测量平面镜与直尺之间的距离 D , 以及光杠杆的臂长 l 各 1 次。
用千分尺测金属丝直径 d (共 6 次, $0.550\text{mm} < d < 0.650\text{mm}$)
- 3° 砝码托盘上放一个砝码记录望远镜中标尺的读数 r , 作为钢丝的起始长度。在砝码托盘上逐次加 1kg 砝码 (可加到 8kg), 观察每增加 1kg 时望远镜中标尺上的读数 r_i , 然后再次砝码逐次减去, 记下对应的读数 r'_i 。取两组对应数据的平均值 \bar{r}_i 为最终读数。

③ 数据处理

用逐差法处理数据得到 1kg 时对应的 b 值, 并求 $\frac{\Delta E}{E}$, 给出 E 的最终表达式。
 $\Delta m = 5\text{g}$, $\Delta L = 0.05\text{mm}$, $\Delta D = 0.05\text{mm}$, $\Delta l = 0.05\text{mm}$, $\Delta b = 0.05\text{mm}$, $\Delta d = 0.001\text{mm}$ 。

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2}$$

5. 数据记录

	$L: 821.9\text{ mm}$		$D: 1192.2\text{ mm}$		$l: 75.8\text{ mm}$		
单位: mm	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	\bar{d}
	0.584	0.588	0.584	0.586	0.588	0.586	0.586

$m(\text{kg})$	1	2	3	4	5	6	7	8
$r_i(\text{cm})$	4.30	4.95	5.58	6.21	6.85	7.46	8.09	8.70
$r'_i(\text{cm})$	4.30	4.98	5.61	6.25	6.89	7.49	8.11	8.69
$\bar{r}_i(\text{cm})$	4.30	4.965	5.595	6.23	6.87	7.475	8.10	8.695

07 NOV 2023
C.L. Wang

6. 数据处理

$$b = \frac{\sum_{i=1}^4 (\bar{r}_{i+4} - \bar{r}_i)}{4 \times 4} = \frac{(6.87 - 4.30) + (7.475 - 4.965) + (8.10 - 5.595) + (8.695 - 6.23)}{4 \times 4} = 6.28\text{mm}$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 0.586^2}{4} = 0.270\text{mm}^2$$

$$F = mg = 1 \times 9.8 = 9.8\text{N}$$

$$\Delta F = \Delta mg = 0.005 \times 9.8 = 0.049\text{N}$$



扫描全能王 创建

物理实验报告纸



SUSTech

明德求是
日新自强

学号: _____ 姓名: _____ 日期: _____ 星期: _____ ☐ 上午 ☐ 下午

$$\bar{E} = \frac{2DLF}{\pi b^3} = \frac{2 \times 1192.2 \times 821.9 \times 9.8}{0.270 \times 75.8 \times 6.28} \times 10^1 = 1.49 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$\frac{\Delta E}{\bar{E}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{0.049}{9.8}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{1192.2}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{821.9}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{75.8}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{6.28}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 0.001}{0.586}\right)^2}$$

$$= 0.01$$

$$\Delta E = \bar{E} \cdot \frac{\Delta E}{\bar{E}} = 0.0149 \times 10^{11} \text{ Pa} \approx 0.01 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$E = \bar{E} \pm \Delta E = (1.49 \pm 0.01) \times 10^{11} \text{ Pa}$$

7. 实验结论

利用光杠杆法和钢丝杨氏模量测试仪测得钢丝的杨氏模量

$$E = (1.49 \pm 0.01) \times 10^{11} \text{ Pa}$$

8. 思考题

Q: 利用光杠杆法把测微小长度 l 变成测 b , 光杠杆的放大率为 $\frac{2D}{l}$, 根据此式能否以增加 D 减小光杠杆臂长 l 来提高放大率, 这样做有无好处? 有无限度? 应怎样考虑这个问题?

A: 有好处, 也有限度。

好处: 放大率在一定范围内时, 增大放大率可以增大 b 的精确程度。

限度: ①放大率过大时, 由于在重物牵拉下钢丝会产生振动, 此时望远镜内看到的标尺振动幅度会变大, 难以读数或产生较大的测量误差。

② D 过大时, 在望远镜中难以观测到标尺, 无法读数。



扫描全能王 创建