南开大学 作业纸

系别 工科试验班 班级 电光5班 姓名 张恒硕 2212266 第 1 页

组别座号：43

日期：5月12日，星期五下午

力学实验报告：杨氏模量

预习部分

目的要求：
- 用伸长法测定金属丝的杨氏模量
- 了解望远镜尺组的结构及使用方法
- 掌握用光杠杆放大原理测量微小长度变化量的方法
- 学习对拉影响法消除系统误差的思想方法
- 用环差法、作图法、最小二乘法处理数据

仪器用具：杨氏模量测定仪、螺旋测微器、游标卡尺、钢卷尺

原理：杨氏模量属于弹性模量，只与材料自身性质有关，像是各向同性弹性体的刚度

弹性模量有静态法、波传播法、动态法三种测定方法

① S，ΔL，L

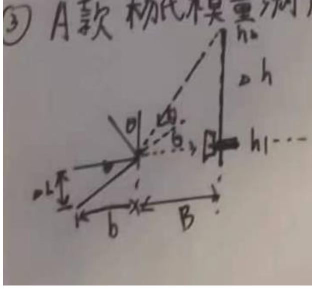
$\frac{F}{S} = E\frac{\Delta L}{L} \Rightarrow E = \frac{FL}{S\Delta L}$

（$\frac{F}{S}$：正应力；$\frac{\Delta L}{L}$：线应变）

② 光放大、机械放大

光杠杆：$A = \frac{\Delta l}{\Delta L}$ → 放大后测量值（A：放大倍数）

③ A款 杨氏模量测定仪



θ很小

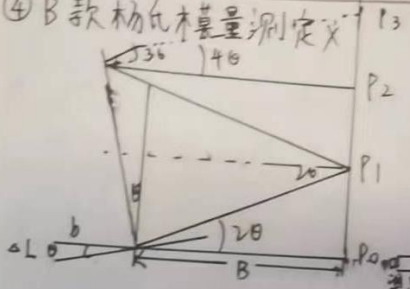
$\sin\theta = \frac{\Delta L}{b} \approx \theta$

$\tan 2\theta = \frac{h_2 - h_1}{B} = \frac{\Delta h}{B} \approx 2\theta$

$\therefore \Delta L = \frac{b \cdot \Delta h}{2B}$　　又 $S = \frac{\pi D^2}{4}$，$F = mg$

$\therefore E = \frac{8BLmg}{\pi D^2 b \Delta h}$

④ B款杨氏模量测定仪



$\Delta h = |P_3 - P_0|$

$= |P_3 - P_2| + |P_2 - P_1| + |P_1 - P_0|$

$= B(\tan 46° + \tan 2\theta + \tan 2\theta)$

∵ θ很小

$\Delta h \approx B \cdot 8\theta = 8B\frac{\Delta L}{b}$

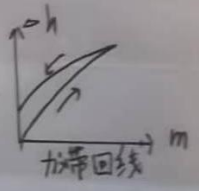
$\therefore \Delta L = \frac{b\Delta h}{8B}$ 又 $S = \frac{\pi D^2}{4}$, $F = mg$

$\therefore E = \frac{32BLmg}{\pi D^2 b\Delta h}$

⑤ 对称测量(对这影响)法：消除或减弱弹性滞后效应

等时间隔加砝码，记下 h_i，再等时间隔减回去，记下 h_i'

$\overline{h_i} = \frac{h_i + h_i'}{2}$



⑥ 不确定度

$u_a \Delta L = t(0.683, k)\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta L_i - \overline{\Delta L})^2}{n(n-1)}}$ $(k = n-1)$ $\quad u_{b\Delta L} = \frac{0.01}{\sqrt{3}}$ cm

$u_a D = t(0.683, k)\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(D_i - \overline{D})^2}{n(n-1)}}$ $(k = n-1)$ $\quad u_{bD} = \frac{0.001}{\sqrt{3}}$ mm

$u_b = 0.02$ mm

$u_L = \frac{0.5}{3}$ mm

$u_B = \frac{0.5}{3}$ mm

$u_E = \overline{E}\sqrt{(\frac{u_{a\Delta L}}{\Delta L})^2 + (\frac{2u_D}{D})^2 + (\frac{u_B}{B})^2 + (\frac{u_b}{b})^2 + (\frac{u_L}{L})^2}$

实验部分

实验步骤

1. 调节伸长仪、光杠杆，平面镜竖直或略向前倾
2. 调节望远镜高度使之与平面镜等高，移动望远镜镜尺组使标尺距平面镜略大于最短视距
3. 调节镜尺组位置，使平面镜中出现反射钕标刻度尺的像；调节目镜的视度圈，

使叉丝清晰，使望远镜凹槽、准星、标刻度尺像共线；调节内调焦手轮，使望远镜中刻度尺像清晰

4. 图添加3个砝码预拉伸，逐个加砝码至12个，再减回3个，记下各对条件下刻度尺示数，每次间隔2min

5. 测量 L、B、b、D

实验数据及处理

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
拉力(kg)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
加载	3.50	4.05	4.66	5.27	5.26	6.44	7.06	7.65	8.14	8.35
减载	3.61	4.12	4.72	5.37	5.90	6.50	7.11	7.73	8.34	8.35
平均	3.555	4.085	4.69	5.32	5.38	6.47	7.085	7.69	8.24	8.35

读数(cm)

$\Delta L_1 = 2.915\,cm$　$\Delta L_2 = 3\,cm$　$\Delta L_3 = 3\,cm$

$\Delta L_4 = 2.97\,cm$　$\Delta L_5 = 2.97\,cm$

$\overline{\Delta L} = \frac{\Delta L_1+\Delta L_2+\Delta L_3+\Delta L_4+\Delta L_5}{5} = 2.971\,cm$

$u_{A\Delta L} = t(0.683,n)\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta L_i-\overline{\Delta L})^2}{5\cdot 4}} = 1.14\cdot\sqrt{\frac{4709}{20}}\times 10^{-3} \approx 1.7493\times 10^{-2}\,cm$

$u_{B\Delta L} \approx 0.5774\times 10^{-2}\,cm$

$u_{\Delta L} = \sqrt{u_{A\Delta L}^2+u_{B\Delta L}^2} \approx 1.842\times 10^{-2}\,cm$

$\therefore \Delta L = (297.1\pm 1.8)\times 10^{-2}\,cm$

次数	1	2	3	4	5	6	平均
D/mm	0.324	0.300	0.324	0.319	0.319	0.314	0.316

$u_A D = t(0.683,5)\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{6}(D_i-\overline{D})^2}{6\cdot 5}} = 1.11\sqrt{\frac{4}{30}}\times 10^{-3} \approx 4.053\times 10^{-4}\,mm$

$u_B D \approx 0.5774\times 10^{-3}\,mm$

$u_D = \sqrt{u_{aD}^2 + u_{bD}^2} \approx 7.0545 \times 10^{-4}\,mm$

$D = (0.8200 \pm \blacksquare)\,mm$

$L = 37.36\,cm$

~~$u_L \approx 0.4082\,mm$~~ $u_L = 0.1667\,mm$

$\therefore L = (37.360 \pm 0.017)\,cm$

$b = 5.58\,cm$

$\therefore b = (5.580 \pm 0.002)\,cm$

$B = 78.23\,cm$

$u_B = 0.1667\,mm$

$\therefore B = (78.230 \pm 0.017)\,cm$

$\therefore E = \frac{32mgBL}{\pi bD^2\Delta L} = \frac{32 \cdot 5kg \cdot 9.8N/kg \cdot 78.23\times10^{-2}m \cdot 37.36\times10^{-2}m}{3.1415 \cdot 5.58\times10^{-2}m \cdot (0.8200)^2\times(10^{-3})^2 m^2 \cdot \Delta L} \approx \frac{3.333}{\Delta L} \times 10^{9}$

$\therefore E_1 \approx 1.334 \times 10^{11}\,Pa$

$E_2 = E_3 \approx 1.296 \times 10^{11}\,Pa$

$E_4 = E_5 \approx 1.309 \times 10^{11}\,Pa$

$\therefore \overline{E} = 1.3088 \times 10^{11}\,Pa$

$u_E = \overline{E}\sqrt{\left(\frac{u_{\Delta L}}{\Delta L}\right)^2 + \left(\frac{2u_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{u_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{u_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{u_L}{L}\right)^2} \to 0.0064632$

$\approx 0.0038459 \times 10^{11}\,Pa$

$\therefore E = (1.309 \pm 0.008) \times 10^{11}\,Pa$

由实验测得金属丝的杨氏模量 $E = (1.309 \pm 0.008) \times 10^{11}\,Pa$

误差分析：可能有次 读数间隔时间不足 2 min，使 ΔL 不准确

而 B. b. L. D 的测量比较粗糙，造成误差

考查题

1. F垂直作用于面

2. 目镜 ~~[illegible]~~ 物镜. 内调焦手轮. 准星. 米尺. 微调螺丝
调节步骤见实验步骤部分

3. 略

4. 米尺：B. ~~[illegible]~~ L、Δh
螺旋测微器：D
游标卡尺：b
B. L. ~~[illegible]~~ b 一次测量，因其数据较大，误差影响小

5. 应在偏上位置，方便测得更多数据

思考题

1. Δh. D，多次测量，求取合成不确定度

2. 可以，但提高B会加大在调节仪器方面的难度
而b过小，其测量误差对实验精度的影响将较大

3. 略

4. ~~[illegible]~~

~~$\theta^0 = 0.0134$~~

~~$\theta^0 \approx 0.01388978$~~

$\theta_0 = -5^\circ$

$\eta = \frac{5}{\theta}$

在铅垂面内好

$E = \frac{4Lmg}{\pi D^2 b\theta}$

5. 杠杆及砝码一侧有初始重量
取斜率K
$E = \frac{32BLKg}{\pi D^2 b}$