

内蒙古工业大学物理实验报告

姓名	杨昊泽	班级	材20-2	教师签字	Ju.
学号	202010401061	组别		成绩	48
日期	2021.10.15	题目	拉伸法测弹性模量		

[实验目的]

1. 测钢的弹性模量, 并验证胡克定律
2. 掌握用光杠杆测微小长度变化的原理和方法
3. 学会用逐差法处理数据
4. 学习不确定度分析的应用

[实验仪器]

弹性模量测定仪, 砝码(0.5kg×9个), 光杠杆装置(光杠杆, 望远镜, 标尺), 千分尺, 卷尺, 米尺

[实验步骤]

一. 用拉伸法测弹性模量

1. 用千分尺测量钢丝直径 d , 在不同位置测5次, 记录数据
2. 放光杠杆镜架于弹性模量测定仪的平台和圆柱夹具上, 细调望远镜, 读出望远镜准线在标尺上的初始位置 n_0 并记录
3. 在砝码盘上逐次给钢丝增加0.5kg砝码, 同时从望远镜中读钢丝伸长后在标尺上对应的读数 n_i 并记录, 观察 n_i 是否呈线性变化。砝码加到4.5kg为止, 然后依次减去一个砝码, 记录相应读数, 直到9个砝码全部减去为止
4. 用卷尺测量钢丝长 L ; 取下光杠杆, 用卷尺测出平台沟槽到标尺的距离 D ; 卸下钢尺测量光杠杆短臂 R , 测 R 时, 可用脚 T_3 和底边 T_1, T_2 在铺平的纸上压出印记, 量出 T_3 到 T_1, T_2 的距离作为 R 的测量值。 L, D, R 只测一次, 记录数据

二. 数据处理

1. 按多次测量求出 $\bar{d}$, 并估算 $\bar{d}$ 的不确定度
2. 按逐差法求出 $\bar{n}$, 并估算 $\bar{n}$ 的不确定度
3. 把已知有关数据代入公式求出钢丝的弹性模量。把有关数据代入公式求出 $u(E)/E$ 和 $u(E)$, 表示实验结果
4. 作图线验证胡克定律

[实验原理概述]

一. 固体材料的弹性模量

由胡克定律, 在弹性限度内, 弹力与弹簧拉伸度成正比, 即

$$F = kX$$

k 为劲度系数, 胡克定律不仅适用于弹簧体, 一般固体所受力产生的弹力都遵循该定律, 以棒状物体为样品来确定表征材料弹性的系数, 设其长为 L , 截面积为 A , 受力 F 后伸长量为 X , 则胡克定律可表达为:

$$E = \frac{F/A}{X/L}$$

二. 弹性模量的测定

本实验要进行力和长度两方面的测量, 取一段待测样品, 固定钢丝上端, 下端加砝码, 则弹力 F 等于砝码重力, 即

$$F = mg$$

钢丝截面积为 A , 测量直径可得

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

钢丝长 L 由米尺测出, 用光杠杆放大原理, 得

$$X = \frac{Rn}{2D}$$

$$E = \frac{8mgLD}{\pi d^2 R n}$$

三. 光杠杆测微小伸长原理

$$\frac{n}{X} = \frac{OB(\text{长臂})}{OA(\text{短臂})} \quad \sin\theta = \frac{X}{R} \approx \theta, \tan 2\theta = \frac{n}{D} \approx 2\theta$$

由此可得光杠杆的放大倍数为:

$$\frac{n}{X} = \frac{2D}{R}$$

光杠杆长臂是全程 $2D$, 短臂是 R

四. 不确定度的分析与仪器选择

1. d 和 n 的不确定度对结果影响突出, 所以对于 d 选用迄今最精密的千分尺测量是对的. 对于量值小更敏感数大的被测量, 应选用精密仪器并进行多次测量
2. 其余输入量的不确定度小, 对于合成不确定度的影响不大
3. 选择仪器不仅要着仪器的最大允许误差, 还要从测量范围及对测量结果的影响大小来考虑

[实验数据记录] 钢丝直径 (千分尺零值偏移 $\epsilon_{\alpha}=0.012$)						
次数 i	1	2	3	4	5	$\bar{d}$
d_i/mm	0.520	0.495	0.514	0.497	0.503	0.5058

标尺读数改变 n 与 载荷 m 的关系测量记录						
i	m_i/kg	标尺读数/cm			读数改变量	$n = n_{i+5} - n_i $
		逐加	逐减	平均 $\bar{n}_i$	$n_i = \bar{n}_i - \bar{n}_0 $	
0	0.000 0	0.00	2.13	1.065	0	$ n_5 - n_0 = 2.555$
1	0.500 0	0.40	2.29	1.345	0.280	
2	1.000 0	1.12	2.60	1.860	0.795	$ n_6 - n_1 = 2.705$
3	1.500 0	1.75	2.65	2.200	1.135	
4	2.000 0	2.39	3.01	2.700	1.635	$ n_7 - n_2 = 2.530$
5	2.500 0	2.95	4.29	3.620	2.555	
6	3.000 0	3.53	4.57	4.050	2.985	$ n_8 - n_3 = 2.295$
7	3.500 0	4.17	4.61	4.390	3.325	
8	4.000 0	4.34	4.65	4.495	3.430	$ n_9 - n_4 = 2.100$
9	4.500 0	4.80	4.80	4.800	3.735	

L、D、R 的数值		
L	D	R
93.91 cm	156.25 cm	8.15 cm

[数据处理及结果表达]	
$\bar{d} = \frac{0.520 + 0.495 + 0.514 + 0.497 + 0.503}{5} = 0.5058 \text{ mm}$	
$\bar{n} = \frac{1}{25} \sum_{i=0}^4 n_{i+5} - n_i = 0.4874 \text{ cm}$	
换算单位后, 得:	代入公式, 计算钢丝的弹性模量
$\bar{d} = 5.058 \times 10^{-4} \text{ m}$	$E = \frac{8mgLD}{\pi d^2 R \bar{n}} = 1.84 \times 10^{11} \text{ Pa}$
$\bar{n} = 4.874 \times 10^{-3} \text{ m}$	钢丝的弹性模量约为 $1.84 \times 10^{11} \text{ Pa}$
$L = 0.9391 \text{ m}$	
$D = 1.5625 \text{ m}$	
$R = 8.15 \times 10^{-2} \text{ m}$	

说明: 实验报告共 50 分。其中前实验目的、实验仪器和实验步骤共 5 分, 这三项要求课前完成; 实验原理概述 15 分 (课后完成); 数据记录 5 分 (课上完成); 数据处理及结果表达 10 分 (课后完成); 思考题 5 分 (课后完成); 实验心得 5 分 (课后完成); 报告整洁度 5 分。上课迟到扣 10 分, 未按时交实验报告扣 10 分, 补做实验扣 10 分。每人必须准备一个“原始实验数据记录本”, 实验数据首先记录于此, 经教师检查确定后再誊抄到实验报告上, 无“原始实验数据记录本”扣 20 分。

思考题

1. 光杠杆主要由三部分组成, 分别是 T 型支架平面镜、望远镜和标尺。光杠杆可以利用光的反射, 把小位移引起的光路角变化放大, 这样就把不便于观察的微小变化变为易于观察的大变化, 便于实验观测。
2. 逐差法处理数据的量必须是偶数个。本实验还可采用作图法来处理数据。
3. 移动望远镜支架, 使物体正好处于望远镜焦点上; 或直接改变目镜与物镜的间距, 达成调焦目的; 或将标尺卸下, 移动到合适距离后固定。
4. 还可采用激光直射式放大测量法, 可避免光杠杆调整难、读数难的缺点, 使测量精度更高。

实验心得

1. 掌握了一种测量微小变化的方法。
2. 体会到了“差之毫厘, 谬以千里”的含义, 实验要精确, 不可马虎大意。
3. 对逐差法处理数据有了进一步认识。
4. 望远镜中的像由于平面镜的反射, 是左右颠倒的, 但不会上下颠倒, 恢复安装错误的标尺才利于读数。