

 上海交通大学

大学物理实验课程绪论

上海交通大学物理实验中心
2005年2月



 上海交通大学

1. 为什么要上物理实验课
2. 测量、误差和不确定度估计
3. 作图法和最小二乘法
4. 怎样上好物理实验课
5. 学生网上选课须知



 上海交通大学

1. 为什么要上物理实验课

- 1.1 物理实验的作用
- 1.2 物理实验课的目的




 上海交通大学

物理实验的作用


物理学是研究物质运动一般规律及物质基本结构的科学，是自然科学的基础学科，是学习其他自然科学和工程技术的基础。


物理学是一门实验科学，物理实验在物理学的产生、发展和应用过程中起着重要作用。




 上海交通大学

- 伽利略把实验和逻辑引入物理学,使物理学最终成为一门科学。
- 经典物理学规律是从实验事实中总结出来的。
- 近代物理学是从实验事实与经典物理学的矛盾中发展起来的。
- 很多技术科学是从物理学的分支中独立出去的。




 上海交通大学



以诺贝尔物理学奖为例：

- 80%以上的诺贝尔物理学奖给了实验物理学家。20%的奖中很多是实验和理论物理学家分享的。
- 实验成果可以很快得奖，而理论成果要经过至少两个实验的检验。
- 有的建立在共同实验基础上的成果可以连续几次获奖。



• 1997: 发明了用激光冷却和俘获原子的方法



Steven Chu Cohen-Tannoudji William D. Phillips

• 1998: 量子霍尔效应, 电子能够形成新型粒子



Robert B. Laughlin Horst L. Stormer Daniel C. Tsui

• 2001: 玻色-爱因斯坦凝聚



Eric A. Cornell Wolfgang Ketterle Carl E. Wieman

物理实验课的目的

- 学习实验知识
- 培养实验能力
- 提高实验素养

学习实验知识

- 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量, 学习物理实验知识和设计思想, 掌握和理解物理理论。

培养实验能力

- 借助教材或仪器说明书正确使用常用仪器;
- 运用物理学理论对实验现象进行初步的分析判断;
- 正确记录和处理实验数据, 绘制实验曲线, 说明实验结果, 撰写合格的实验报告;
- 能够根据实验目的和仪器设计出合理的实验。

提高实验素养

- 培养理论联系实际和实事求是的科学作风;
- 严肃认真的工作态度;
- 主动研究和创新的探索精神;
- 遵守纪律、团结协作和爱护公共财产的优良品德。

物理实验课程不同于一般的探索性的科学实验研究，每个实验题目都经过精心设计、安排，可使同学获得基本的实验知识，在实验方法和实验技能诸方面得到较为系统、严格的训练，是大学里从事科学实验的起步，同时在培养科学工作者的良好素质及科学世界观方面，物理实验课程也起着潜移默化的作用。

希望同学们能重视这门课程的学习，经过半年或一年的时间，真正能学有所得。

2. 测量、误差和不确定度估计

2.1 测量与有效数字

2.2 测量误差和不确定度估算的基础知识

测量与有效数字

- 测量
- 有效数字的读取
- 有效数字的运算
- 有效数字尾数的舍取规则

测 量

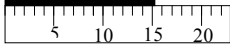
- 物理实验以测量为基础，所谓测量，就是用合适的工具或仪器，通过科学的方法，将反映被测对象某些特征的物理量（被测物理量）与选作标准单位的同类物理量进行比较的过程，其比值即为被测物理量的测量值。

• **直接测量**：直接将待测物理量与选定的同类物理量的标准单位相比较直接得到测量值；

• **间接测量**：利用直接测量的量与被测量之间的已知函数关系，求得该被测物理量。

- 测量值=读数值(有效数字)+单位
- 有效数字=可靠数字+可疑数字

有效数字的读取

15.2mm 

15.0mm 

$$980\text{cm} / \text{s}^2 = 9.80\text{m} / \text{s}^2 = 0.00980\text{km} / \text{s}^2 \neq 9.8\text{m} / \text{s}^2$$

科学记数法： $632.8\text{nm} = 0.6328\mu\text{m} = 6.328 \times 10^{-7}\text{m}$

有效数字的运算

- 加、减法：诸量相加（相减）时，其和（差）数在小数点后所应保留的位数与诸数中小数点后位数最少的一个相同。

$$\begin{array}{r} 4.178 \\ + 21.3 \\ \hline 25.478 = 25.5 \end{array}$$

- 乘、除法：诸量相乘（除）后其积（商）所保留的有效数字，只须与诸因子中有效数字最少的一个相同。

$$\begin{array}{r} 4.178 \\ \times 10.1 \\ \hline 4178 \\ 41780 \\ \hline 421978 = 42.2 \end{array}$$

- 乘方开方：有效数字与其底的有效数字相同。
- 对数函数：运算后的尾数位数与真数位数相同。

$$\begin{aligned} \text{例：} \lg 1.938 &= 0.2973 \\ \lg 1938 &= 3 + \lg 1.938 = 3.2973 \end{aligned}$$

- 指数函数：运算后的有效数字的位数与指数的小数点后的位数相同（包括紧接小数点后的零）。

$$\begin{aligned} \text{例：} 10^{6.25} &= 1.8 \times 10^6 \\ 10^{0.0035} &= 1.008 \end{aligned}$$

- 三角函数：取位随角度有效数字而定。

$$\begin{aligned} \text{例：} \sin 30^\circ 00' &= 0.5000 \\ \cos 20^\circ 16' &= 0.9381 \end{aligned}$$

- 正确数不适用有效数字的运算规则。
- 取常数与测量值的有效数字的位数相同。

有效数字尾数的舍入规则

- ①若舍去部分的数值小于所保留的末位数单位的1/2，末位数不变。
- ②若舍去部分的数值大于保留的末位数单位的1/2，末位数加1。
- ③若舍去部分的数值恰好等于保留的末位数单位的1/2，当末位数为偶数时，保持不变；为奇数时，末位数加1。

$$\begin{aligned} \text{例：} 4.32749 &\rightarrow 4.327 & 4.32751 &\rightarrow 4.328 \\ 4.32750 &\rightarrow 4.328 & 4.32850 &\rightarrow 4.328 \end{aligned}$$

通俗地说：四舍六入，五凑偶。

测量误差和不确定度估算的基础知识

- 误差
- 随机误差的处理
- 测量结果的不确定度表示
- 间接测量不确定度的合成

上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University


对一待测物理量 x

误差 $\Delta x = \text{测量结果 } x - \text{真值 } \mu$

真值：物理量在一定实验条件下的客观存在值

测量误差存在于一切测量过程中，
可以控制得越来越小，不可能为零。


误差 $\left\{ \begin{array}{l} \text{系统误差} \\ \text{随机误差} \end{array} \right.$



上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

系统误差


- 定义：**在对同一被测量的多次测量过程中，绝对值和符号保持恒定或随测量条件的改变而按确定的规律变化。
- 产生原因：**由于测量仪器、测量方法、环境带入。
- 分类及处理方法：**
 - 已定系统误差：必须修正**
电表、螺旋测微计的零位误差；
测电压、电流时由于忽略表内阻引起的误差。
 - 未定系统误差：要估计出分布范围**
如：螺旋测微计制造时的螺纹公差等。



上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

随机误差的处理

- 定义：**
在对同一量的多次重复测量中绝对值和符号以不可预知方式变化的测量误差分量。
- 产生原因：**
实验条件和环境因素无规则的起伏变化，引起测量值围绕真值发生涨落的变化。
例如：
电表轴承的摩擦力变动
螺旋测微计测力在一定范围内随机变化
操作读数时的视觉影响



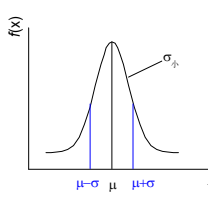
上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

- 特点：**
 - 小误差出现的概率比大误差出现的概率大；
 - 无穷多次测量时服从正态分布；


$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

μ 为真值
 σ 为标准差
 $f(x)$ 为 x 的分布函数

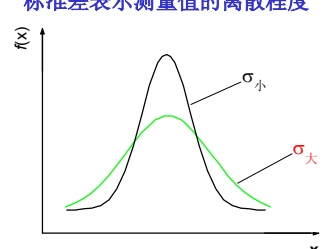


- (3) 具有抵偿性**
取多次测量的平均值有利于消减随机误差。




上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

标准差表示测量值的离散程度



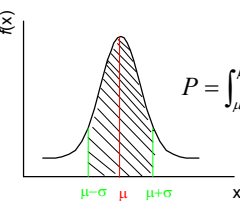
标准差小：表示测得很密集，随机误差分布范围窄，测量的精密度高；

标准差大：表示测得很分散，随机误差分布范围宽，测量的精密度低。




上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

- 任意一次测量值落入区间 $[\mu - \sigma, \mu + \sigma]$ 的概率为**

$$P = \int_{\mu-\sigma}^{\mu+\sigma} f(x) dx = 0.683$$


这个概率叫置信概率，也叫置信度。
对应的区间叫置信区间，表示为 $x = \mu \pm \sigma$ 。



扩大置信区间，可增加置信概率

$$[\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma] \quad P = \int_{\mu - 2\sigma}^{\mu + 2\sigma} f(x) dx = 0.954$$

$$[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma] \quad P = \int_{\mu - 3\sigma}^{\mu + 3\sigma} f(x) dx = 0.997$$

在测量次数 n 较小的情况下，测量量将呈 t 分布，其分布函数为：

$$f(x) = \frac{\Gamma(\frac{n+1}{2})}{\sqrt{n\pi}\Gamma(\frac{n}{2})} (1 + \frac{x^2}{n})^{-\frac{n+1}{2}}$$

n 较小时，偏离正态分布较多，
 n 较大时，趋于正态分布。

t 分布时，置信区间和置信度的计算需要对特殊函数积分，且不同的测量次数对应不同的值，计算很繁。

平均值

假定对一个物理量进行了 n 次测量，测得的值为 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n x_i) / n$$

可以用多次测量的算术平均值作为被测量的最佳估计值，测量次数 n 为无穷大时，算术平均值等于真值。

有限测量时，算术平均值不等于真值，它的标准偏差为：

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

$\sigma_{\bar{x}}$ 的意义可以理解为：
 待测物理量处于区间 $[\bar{x} - \sigma_{\bar{x}}, \bar{x} + \sigma_{\bar{x}}]$ 内的概率为 0.683。

物理实验中，置信度一般取作 0.95，这时 t 分布相应的置信区间可写为：

$$x = \bar{x} \pm t_{0.95} \sigma_{\bar{x}} = \bar{x} \pm \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}} \sigma_x$$

n	3	4	5	6	7
$\frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}}$	2.48	1.59	1.24	1.05	0.926

一般，我们取测量次数为 6 次。

测量结果的不确定度表示

概念： 不确定度 u 是由于测量误差存在而对被测量值不能确定的程度。

意义： 不确定度是一定置信概率下的误差限值，反映了可能存在的误差分布范围。

置信概率一般取 0.95

组成:

A类分量 Δ_A : 可以用统计学方法估算的分量, 一般指随机误差。

测量次数很大时, $\Delta_A = 2\sigma_x = \frac{2}{\sqrt{n}}\sigma_x$

测量次数不大时, $\Delta_A = \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}}\sigma_x$

B类分量 Δ_B :

不能用统计学方法估算的分量, 一般指系统误差。

若不特别说明

$\Delta_B = \frac{\text{仪器允差}}{c}$

c叫置信因子,置信度取0.95时, c=1.05

合成方法:

$u_x = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2}$

相对不确定度:

$u_{rx} = \frac{u_x}{x} \times 100\%$

结果表示:

$\begin{cases} x = \bar{x} \pm u_x \\ u_{rx} = \frac{u_x}{x} \times 100\% \end{cases}$

注意:

- 1. 平均值有效数字位数不要超过测量值的有效数字;
- 2. 不确定度和相对不确定度保留1-2位有效数字;
- 3. 不确定度的最后一位数字要和平均值的对齐。

直接测量量不确定度估算过程与表示

- 1. 求测量数据的平均测量值 $\bar{x} = (\sum x_i) / n$;
判断有无应当剔除的异常数据, 如有, 剔除后重新计算;
- 2. 用已知系统误差修正平均值;
- 3. 计算标准差;

$\sigma_x = \sqrt{\sum (\bar{x} - x_i)^2 / (n-1)}$

- 4. 标准差乘以与0.95置信度对应的系数得到 Δ_A ;
- 5. 根据仪器允差确定 Δ_B ;
- 6. 合成不确定度 $u_x = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2}$;
- 7. 表示测量结果。

$\begin{cases} x = \bar{x} \pm u_x \\ u_{rx} = \frac{u_x}{x} \times 100\% \end{cases}$

直接测量不确定度计算举例

例1: 用螺旋测微计测某一钢丝的直径, 6次测量值 L_i 分别为: 0.249, 0.250, 0.247, 0.251, 0.253, 0.250; 同时读得螺旋测微计的零位为: +0.004, 单位mm, 已知螺旋测微计的仪器允差为 $\Delta_{仪}=0.004\text{mm}$, 请给出完整的测量结果。

解: $\bar{L} = (\sum L_i) / n = 0.250(\text{mm})$

没有异常数据, 不用剔除
考虑到零位修正

$$\bar{L} = 0.250 - 0.004 = 0.246(\text{mm})$$

$$\sigma_L = \sqrt{\sum (\bar{L} - L_i)^2 / (n-1)} = 0.002(\text{mm})$$

$$\Delta_A = \frac{t_{0.95}}{\sqrt{n}} \sigma_x = 1.05 \sigma_x \approx 0.002\text{mm} \quad \Delta_B = \frac{\Delta_{仪}}{1.05} \approx 0.004(\text{mm})$$

$$u_L = \sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_B^2} \approx 0.004(\text{mm}) \quad u_{rL} = \frac{u_L}{\bar{L}} \times 100\% = 2\%$$

测量结果表示为

$$\begin{cases} L = 0.246 \pm 0.004(\text{mm}) \\ u_{rL} = 2\% \end{cases}$$

间接测量不确定度的计算

设待测量与各直接测量之间有函数关系:

$$x = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

则: 待测量的**平均值**可直接用各量平均值计算
待测量的**不确定度**与各直接测量量的不确定度的关系为:

(1) $u_x = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2}$ **计算和差形式方便**

(2) $\frac{u_x}{x} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2}$ **计算乘除指数形式方便**

常用公式

$$x = x_1 \pm x_2 \quad u_x = \sqrt{u_{x_1}^2 + u_{x_2}^2}$$

$$x = x_1 x_2 \text{ 或 } x_1 / x_2 \quad u_{rx} = \sqrt{u_{rx_1}^2 + u_{rx_2}^2}$$

$$x = x_1^k x_2^m \quad u_{rx} = \sqrt{(k u_{rx_1})^2 + (m u_{rx_2})^2}$$

同学们可以用偏微分知识自己推导这些公式

间接测量的不确定度合成过程

1. 求出各直接测量量的平均值和不确定度
(加减)或相对不确定度(乘除, 指数);
2. 根据公式合成**不确定度**或**相对不确定度**;
3. 用各量的平均值求出间接测量量的平均值,
利用平均值并求出**相对不确定度**或**不确定度**;
4. 表示测量结果

间接测量量的不确定度合成举例

例2: 已测得金属环的外径 $D_2 = 3.600 \pm 0.004 \text{ cm}$
内径 $D_1 = 2.880 \pm 0.004 \text{ cm}$ 高度 $h = 2.575 \pm 0.004 \text{ cm}$

求体积的测量结果。

解: 求环体积平均值 $\bar{V} = \frac{\pi}{4}(\bar{D}_2^2 - \bar{D}_1^2)\bar{h} = 9.436(\text{cm}^3)$
推导不确定度合成公式

$$u_V = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u_{x_i} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D_1} u_{D_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial D_2} u_{D_2} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial h} u_h \right)^2}$$

$$= \frac{\pi}{4} \sqrt{(2D_1 h u_{D_1})^2 + (2D_2 h u_{D_2})^2 + [(D_2^2 - D_1^2) u_h]^2} = 0.080(\text{cm}^3)$$

求相对不确定度 $u_{rV} = \frac{u_V}{\bar{V}} = 0.8\%$

结果表示 $\left\{ \begin{array}{l} V = 9.436 \pm 0.080(\text{cm}^3) \\ u_{rV} = 0.8\% \end{array} \right.$

3. 数据处理的作图法最小二乘法

3.1 作图法处理实验数据

3.2 最小二乘法直线拟合

作图法处理实验数据

作图法可形象、直观地显示出物理量之间的函数关系,也可用来求某些物理参数,因此它是一种重要的数据处理方法。作图时要先整理出数据表格,并要用坐标纸作图。

● 作图步骤: 实验数据列表如下。

表1: 伏安法测电阻实验数据

$U(V)$	0.74	1.52	2.33	3.08	3.66	4.49	5.24	5.98	6.76	7.50
$I(mA)$	2.00	4.01	6.22	8.20	9.75	12.00	13.99	15.92	18.00	20.01

1. 选择合适的坐标分度值, 确定坐标纸的大小

坐标分度值的选取应能基本反映测量值的准确度或精密度。

根据表1数据 U 轴可选1mm对应于0.10V, I 轴可选1mm对应于0.20mA, 并可定坐标纸的大小(略大于坐标范围、数据范围)约为130mm×130mm。

2. 标明坐标轴:

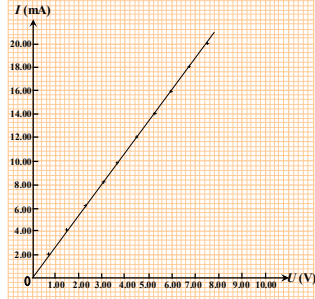
用粗实线画坐标轴, 用箭头标轴方向, 标坐标轴的名称或符号、单位。再按顺序标出坐标轴毫米分格上的量值。

3. 标实验点:

实验点可用“+”、“○”、“●”等符号标出(同一坐标系下不同曲线用不同的符号)。

4. 连成图线:

用直尺、曲线板等把点连成直线、光滑曲线。一般不强求直线或曲线通过每个实验点, 应使图线两边的实验点与图线最为接近且分布大体均匀。图线正穿过实验点时可以在点处断开。



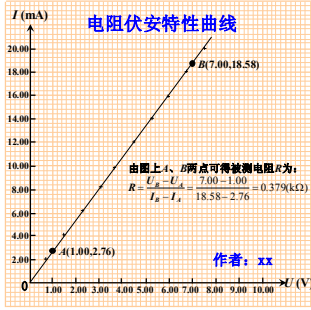
5. 标出图线特征:

在图上空白位置标明实验条件或从图上得出的某些参数。如利用所绘直线可给出被测电阻 R 大小; 从所绘直线上读取两点 A 、 B 的坐标就可求出 R 值。

6. 标出图名:

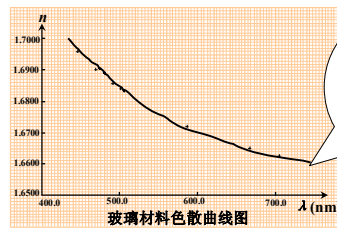
在图线下方或空白位置写出图线的名称及某些必要的说明。

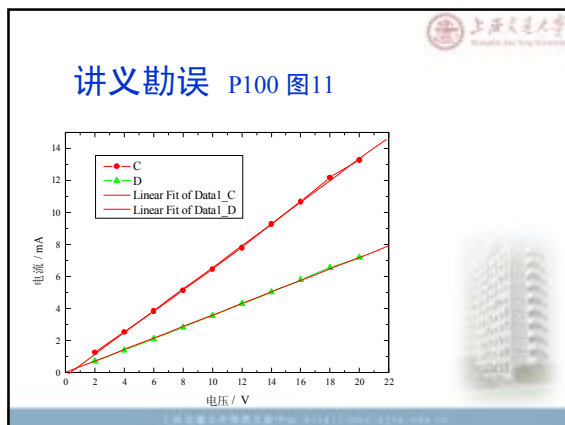
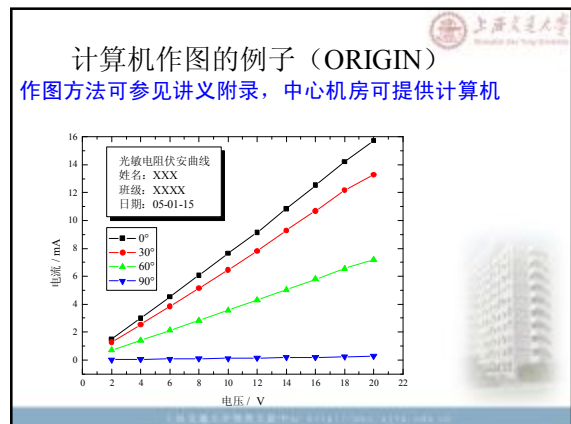
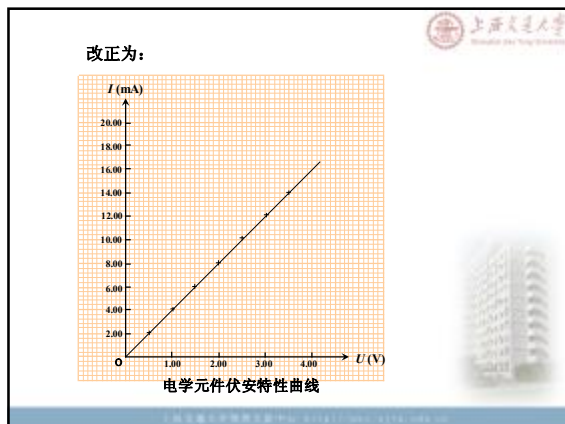
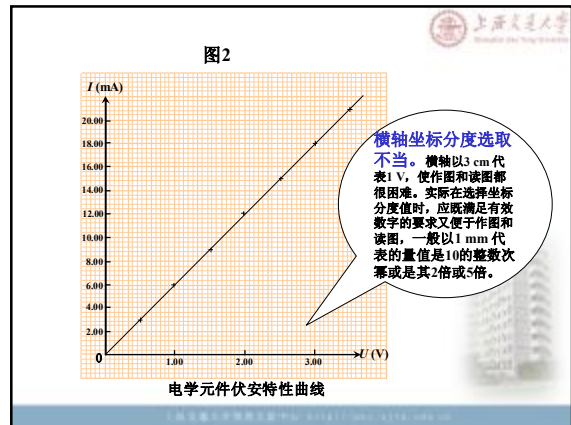
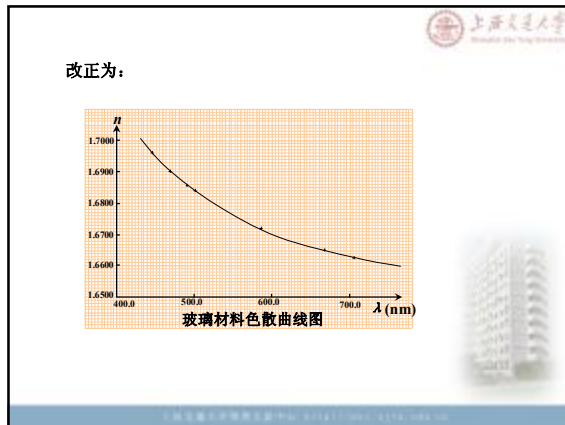
至此一张图才算完成



● 不当图例展示:

图1





最小二乘法直线拟合

设此两物理量 x, y 满足线性关系 $y=a+bx$
等精度地测得一组互相独立的实验数据
 $\{x_i, y_i\} \quad i=1, \dots, n$

当所测各 y_i 值与拟合直线上的 $a+bx_i$ 之间偏差的平方和最小, 即

$$Q = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + bx_i)]^2 \text{ 最小}$$

Q 叫残差

所得系数 a, b 最好, 拟合公式即为最佳经验公式。

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = \sum_{i=1}^n 2[y_i - (a + bx_i)](-1) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = \sum_{i=1}^n 2[y_i - (a + bx_i)](-x_i) = 0$$

解方程得：

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} = \frac{\overline{xy} \cdot \overline{x} - \overline{x^2} \cdot \overline{y}}{\overline{x^2} - \overline{x}^2}$$

$$b = \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right) \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) - n \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i\right)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2} = \frac{\overline{x} \cdot \overline{y} - \overline{xy}}{\overline{x^2} - \overline{x}^2}$$

相关系数 r :

最小二乘法处理数据除给出 a 、 b 外，还应给出相关系数 r ， r 定义为

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{其中} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

r 表示两变量之间的函数关系与线性的符合程度， $r \in [-1, 1]$ 。 $|r| \rightarrow 1$ ， x 、 y 间线性关系好， $|r| \rightarrow 0$ ， x 、 y 间无线性关系，拟合无意义。

物理实验中一般要求 r 绝对值达到 0.999 以上(3个9以上)。

a 、 b 、 r 的具体求解方法：

1. 用计算机Excel 程序；
2. 用计算机Origin软件或Matlab软件；
3. 可以根据实际情况自己编程。

用最小二乘法处理前一定要先用作图法作图，以剔除异常数据!!!

4. 怎样上好物理实验课

三个主要教学环节

- 实验预习—实验能否取得主动的关键
- 实验操作
- 实验报告—实验的总结

实验预习

- 明确实验目的，
- 预习实验原理，
- 了解实验注意事项。

预习报告是实验工作的前期准备，是写给自己参考用的，故要求简单明了。实验前应清楚本次实验应达到什么目的，通过什么实验方法和测量哪些数据才能实现实验的目的。

预习报告内容:

- ①实验名称, 实验目的;
- ②实验简图(电路图或光路图), 主要公式;
- ③列出记录数据表格(分清已知量、指定量、待测量和单位)。

无需照抄实验原理!

实验操作要求

- ①遵守实验室规则;
- ②了解实验仪器的使用及注意事项;
- ③正式测量之前可作试验性探索操作;
- ④仔细观察和认真分析实验现象;
- ⑤如实记录实验数据和现象;
用钢笔或圆珠笔记录数据, 原始数据不得改动
- ⑥整理仪器, 清扫实验室。

实验报告

实验报告是写给同行看的, 所以必须充分反映自己的工作**收获和结果**, 反映自己的能力水平, 要有自己的特色, 要有条理性, 并注意运用科学术语, **一定要有实验的结论和对实验结果的讨论、分析或评估**。实验原理要简明扼要, 要有必要的电路图或光路图, 要有主要的数据处理过程, **一定要列出实验结果**, 尤其是利用作图求得的一些物理量。

实验报告

实验报告内容为:

- ①实验名称;
- ②实验目的;
- ③原理简述(原理图、电路图或光路图, 以及主要计算公式等);
- ④主要实验仪器设备;
- ⑤实验数据表格、数据处理计算主要过程、作图及实验结果和结论;
- ⑥实验现象分析、误差评估、小结和讨论。

教学环节中应注意

- 未完成预习和预习报告者, 教师有权停止其实验或成绩降档!
- 进实验室做实验, 其实验者序号必须与仪器组号一一对应! 离开实验室前, 数据记录须经教师审阅签名。
- 实验报告(含预习报告)必须在下一次实验时交教师批阅!
- 预习报告、数据记录和实验报告均用实验报告纸!

物理实验成绩评定及评分标准

1. 每次实验成绩, 按满分100分进行评分, 其中预习10分, 操作40分, 报告50分。
2. 学生期末实验总成绩按基本实验70%, 考试30%加权评定。
3. 预习马虎、缺项(见预习要求)酌情扣除5分至10分。
4. 抄袭及被抄袭者, 按考试作弊处理。
5. 违章操作损坏仪器者酌情扣除10至40分。

6. 操作能力差和不能完成全部操作内容者扣除10至40分。

7. 报告内容不完整、有效数字错误、计算错误、不能正确表达实验结果、不进行讨论者，逐项扣除10分。报告太简单、照抄教材、漏写单位、数据不列表格、实验报告涂涂改改、作图与教材要求不符等，逐项扣除5分。

8. 实验报告应在一周内交至盖章教师信箱（物理楼4楼），迟交报告按0分计。

9. 凡是有证明的病假，请你至教务办公室办理正式请假手续。否则该次实验按0分计。

10. 实验中心允许学生多选实验（可至10个），并给予一定鼓励（如成绩评定时选择8个好成绩）。一旦选了实验，必须完成（包括完成实验报告）。如有缺做，则该次0分必须记录总成绩。（一旦选课，必须参加实验。）

11. 由于各种非正常原因而造成的0分，可至物理楼教务办公室办理相关补做手续。

12. 如要求选择10个以上实验，可至物理楼415室徐老师处登记。

• 以上内容可参阅教材“上课须知”

5. 学生网上选课须知

上课时间

周一至周五：除周三
下午：2:00开始
晚上：5:30开始

周六：第2—7周，第11—14周开放
上午：9:00开始
中午：12:30开始
下午：15:00开始

5. 学生网上选课须知

◆ 实验：共提供15个，每个同学按**要求**选8个

所选择的8个实验必须满足下列条件：

- 1. 选课时尽量选择不同的实验内容，学习不同的实验方法；
- 2. 学习用最小二乘法和逐差法处理实验数据；
- 3. 学习用不确定度表示实验结果。

可选实验内容

序号	房间号	工科实验名称
1	311	声速的测量
2	413	简谐振动的研究
3	407	直流电桥与电阻测量
4	405	集成霍尔传感器的特性测量及应用
5	317	用纵向磁聚焦法测定电子荷质比
6	415	太阳能电池伏安特性的测量
7	311	电阻应变片传感器灵敏度的测量
8	408	光学测角仪的调整与使用
9	402	静物全息照片的摄制与观察
10	406	光衍射相对光强分布的测量
11	403	落球法测液体粘滞系数
12	310	连续信号和瞬态信号的测量
13	410	光敏电阻基本特性的测量
14	412	用CCD成像系统观测牛顿环
15	312	非线性元件伏安特性的测量

◆ 使用可连上校园网的任何一台计算机均可上网选课，服务器24小时开通（系统维护时除外）。

◆ 物理实验中心机房提供上网选课：
第1周的周四至周五，8:00-16:00。
第2周至第18周，与实验时间相同。


 上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

选课网址

<http://pec.sjtu.edu.cn>
或
<http://www.phycal.sjtu.edu.cn>



选择“**学生注册**”，注册完后方可进入网上选课页面。




 上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

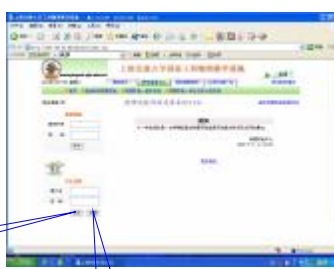
选课方式

网上选课


 上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University


选课方式



登入


注册




 上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University


选课系统开放时间


- 注册系统开设时间：
2月23日（周三）12:30开始注册。
请正确输入个人信息。
- 选课系统开设时间：
2月24日（周四）12:30开始选课。




 上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University


离做实验三天内，不可再取消选课。如有特殊情况，请至411教务办公室，与徐老师联系。



 上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University


- ◆如发现自己的选课内容被破坏，请立即与系统管理员或教务管理员联系；
- ◆国定假日(五一节)按学校规定调课；
- ◆请随时注意网上通知。




 上海交通大学
Shanghai University

网络辅助教学

学生通过“学生登陆”可进入网络辅助教学首页，选定任课教师后，即进入该教师的网络辅助教学界面，此处设有“教师介绍”“课程介绍”、“教师答疑”、“资料下载”、“通知等。





 上海交通大学
Shanghai University

实验报告交接方法

- ◆ 1.实验完成后一周内须交报告。报告投入教师信箱；
- ◆ 2.教师收到报告后一周内批改完投入学生信箱；
- ◆ 3.班长或课代表开启信箱取报告。班长或课代表第二周星期一~四到教务管理员处领取信箱钥匙。


**物理楼411教务办公室：
徐老师**




 上海交通大学
Shanghai University


作业：见 P18

2. (1) (3) (5)
3. (1)
- 7.
9. **也可采用毫米方格纸**



 上海交通大学
Shanghai University

1. 请各位同学注意：
 请将绪论课作业与**3月2日**（周三）前交至你班班长，否则该成绩将按**0分**处理；
2. 请各班班长注意：
 各班班长请将你班的绪论课作业整理打包(以免遗失)后与**3月2日前**交至物理楼四楼你班信箱。



 上海交通大学
Shanghai University

本教案已放在物理实验中心网站的绪论专题上。



 上海交通大学
Shanghai University

收获在于努力！