普物实验

RyanFcr

课表

实验名称	实验地址	实验次数	总人数	上课周次	上课日期	上课时间	任课教师	选课时间	是否必选	操作
声速的测定	东四204,	1	16	第1周	2022-03-03	13:15	tmq | 谭明秋	2022-02-26 18:14:40	否	
用双臂电桥测低电阻	东四126,	1	18	第2周	2022-03-10	13:15	cfy | 陈飞燕	2022-03-07 19:21:50	否	
动态法测量材料杨氏模量	东四237,	1	18	第3周	2022-03-17	13:15	lcm | 刘才明	2022-02-26 19:14:35	否	
★示波器的应用（必做实验）	东四129,东四131,	1	35	第4周	2022-03-24	13:15	qdj | 邱东江	2022-02-26 19:04:18	是	
非平衡电桥	东四123,	1	18	第5周	2022-03-31	13:15	cfy | 陈飞燕	2022-03-07 19:22:00	否	
惠斯登电桥	东四125,	1	18	第6周	2022-04-07	13:15	cfy | 陈飞燕	2022-02-26 18:01:20	否	
固定均匀弦振动的研究	东四241,	1	18	第7周	2022-04-14	13:15	lcm | 刘才明	2022-02-26 19:15:42	否	
▲用霍尔法测直流圆线圈与亥姆霍兹线圈磁场	东四110,	1	18	第8周	2022-04-21	13:15	tq | 陶前	2022-02-26 19:13:55	否	
碰撞实验	东四214,	1	18	第9周	2022-04-28	13:15	tmq | 谭明秋	2022-02-26 18:12:57	否	
万用表的设计	东四114,	1	18	第10周	2022-05-05	13:15	tq | 陶前	2022-02-26 18:01:13	否	
★分光计的调整和使用（必做实验）	东四302,	1	35	第11周	2022-05-12	13:15	lcm | 刘才明	2022-02-26 19:05:34	是	
金属材料杨氏模量的测定	东四229,	1	18	第12周	2022-05-19	13:15	qdj | 邱东江	2022-02-26 19:07:36	否	
密立根油滴实验	东四112,	1	18	第13周	2022-05-26	13:15	tq | 陶前	2022-02-26 18:11:41	否	
抛射体运动的照相法研究	东四234,	1	18	第14周	2022-06-02	13:15	qdj | 邱东江	2022-02-26 19:08:07	否	

前言

- 少选光学，费眼睛，分光计可以算一个，光速测量推荐
- 推荐电学和力学，慎选光学，实验报告最好都有90分

别碰迈克尔孙和双棱镜

- SOP：安全标准
- MSDS：查安全问题，是否有危害

1 安全

实验安全

实验室主要危害种类：

1、人为因素：不安全行为等

2、化学类：火灾、爆炸、腐蚀、中毒等

3、物理类：强光、强电、辐射等

4、生物类：细菌、微生物等

5、环境类：实验室废弃物等

6、设备类：高温、高压、强场等

7、用电、压力容器：触电、火灾、爆炸

安全最危险的因素是“人”!

进入实验室注意事项

- 禁止饮食，禁止抽烟。
- 禁止在实验室里奔跑或大声喧哗，妨碍或分散别人注意力。
- 禁止做一些未经允许的实验。
- 实验前一定要认真阅读相关文献，对待所有的仪器一定要小心、仔细。
- 一定要熟悉实验室的安全程序。
- 不用潮湿的手接触电器。实验时，应先连接好电路后才接通电源，实验结束时先切断电源再拆线路。
- 遇到疑问一定要问实验老师，发现不安全细节一定要报告实验老师

2 物理实验的意义

- 物理学，理论与实验物理相辅相成
- 实验是检验理论的唯一盘踞
- 推动理论实验的研究
- 学习实验的物理构思

3 实验测量与有效数字

3.1 关于测量

测量的四要素：被测对象、测量程序、测量准确度和计量单位

直接测量：所要测量的量不必将实测的量经过任何函数关系的计算而直接得到。

间接测量：通过欲测量的量与直接实测的量之间的已知函数关系，经过计算间接得到欲测量的量。

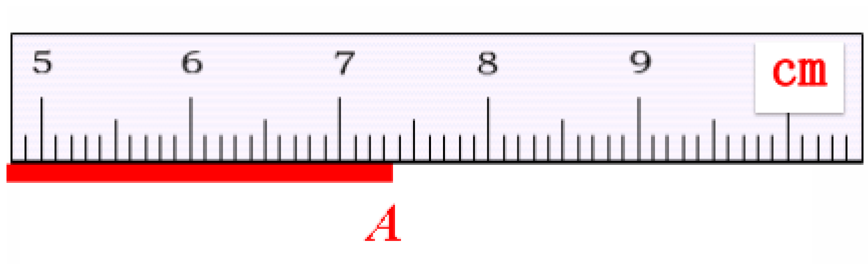
3.2 有效数字

可靠数字：通过直读获得的准确数字

存疑数字：通过估读得到的数字

有效数字和有效位数：测量值的可靠数加上一位存疑数的全部数字称为有效数字。其总位数称为该测量的有效位数。

钢板尺测量A点位置



可靠数字：7.3
存疑数字：0.05
有效数字：7.35 cm
有效位数：3 位

3.3 关于误差

> 误差的定义：误差 = 测量值 - 真值

误差特点：普遍存在； 是小量。

由于真值常常未知，无法得到误差值。

误差表示

（1）绝对误差=测量结果-被测量的真值

（2）相对误差（百分误差）：

$$相对误差E=\frac{|测量值-真值|}{真值}\times 100\%$$

（3）标准误差（标准差）：

$$标准误差=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}|绝对误差|^2}$$

3.4 误差分类

4. 误差分类

名称	主要来源	特点	处理	举例
系统误差(装置误差)	装置本身	可预知，不可避免	见下表	见下表
随机误差(偶然误差)	环境偶然性	是无规则涨落，不可避免。存在一定的统计规律（一般服从正态分布）	可通过多次测量来减小	测一本书的厚度（涨落）。
粗大误差(过失误差)	粗心大意	可避免	尽量避免	电表没调零就用。读错写错数据。

系统误差	定义	处理	举例
已定系统误差	在同等条件下，对同一个待测量进行多次测量，测量值和真值的偏离总是相同的那部分误差分量	必须修正。	电表、读数显微镜的零位误差（仪器本身因素）
未定系统误差	已知存在于某个范围，而不知具体数值的系统误差	后面B类不确定度计算会提到。	仪器的允差(示值误差)

部分实验仪器的允差举例

仪器名称	量程	分度值	允差
钢板尺	1 m	1 mm	±0.20 mm
游标卡尺	125 mm	0.02 mm	±0.02 mm
螺旋测微器(1级)	0~25 mm	0.01 mm	±0.004 mm
电表（0.5级）			0.5%×量程

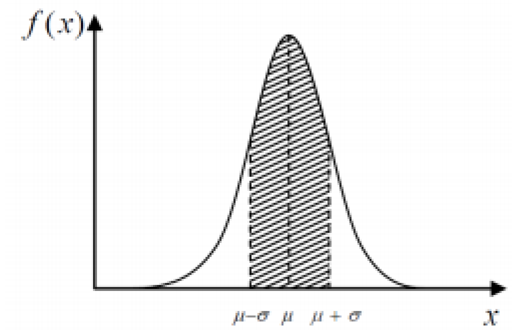
部分实验仪器的允差(示值误差)举例

仪器名称	量程	分度值	允差(示值误差)
钢板尺	1000 mm	1 mm	±0.20 mm
钢板尺	500 mm	1 mm	±0.15 mm
钢板尺	150 mm	1 mm	±0.10 mm
机械式停表		0.1 s	0.1 s
数字毫秒表		0.1 s	0.1 s
物理天平	500 g	0.05 g	0.08 g(接近满量程)
普通温度计	0—100 ℃		1 ℃
工业温度计	0—150 ℃		0.5 ℃

3.5 误差分布

5. 误差的分布----常见的两种测量误差分布

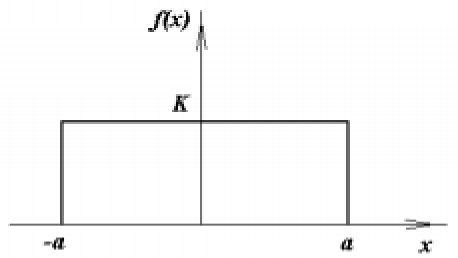
（1）正态分布



$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2})\quad (-\infty < x < +\infty)$$

测量值的均值μ看作真值（无穷次测量）

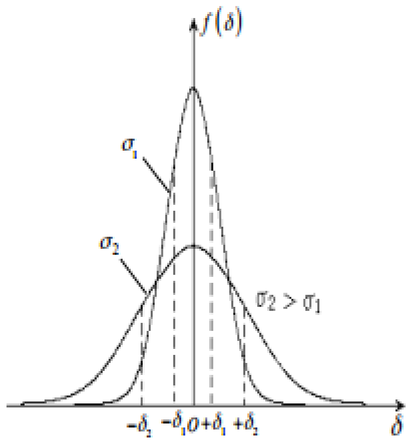
（2）均匀分布



$$f(x)=K \quad (-a<x<+a)$$

测量值一定会落在$(-a,+a)$区间内

随机误差正态分布



$$\lim_{n\to\infty}\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i=0$$

① **单峰性**：绝对值小的误差出现的可能性（概率）大，绝对值大的误差出现的可能性小。

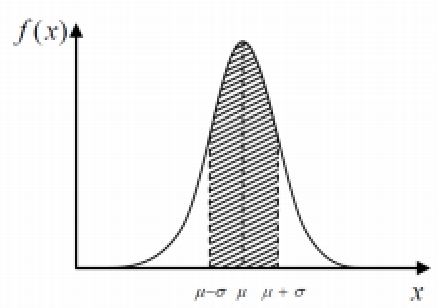
② **对称性**：大小相等的正误差和负误差出现的机会均等，对称分布于真值的两侧。

③ **有界性**：非常大的正误差或负误差出现的可能性几乎为零。

④ **抵偿性**：当测量次数非常多时，正误差和负误差相互抵消，于是，误差的代数和趋向于零。

正态分布(又称Gauss分布)

物理实验中多次独立测量得到的数据一般可以近似看作服从正态分布。



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

消除系统误差后， $\mu=\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{n}\sum\limits_{i=1}^{n}x_i$

称为数学期望值。 μ表示 x 出现概率最大的值，通常就可以得到 x 的近似真值。

$\sigma=\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt{\frac{1}{n}\sum\limits_{i=1}^{n}(x_i-\mu)^2}$ ，称为标准差，决定了线型的宽窄。

σ越大，正态曲线就越平坦。表征测量值的分散程度

假定对一个量进行了有限的n次测量，

测得的值为x_k (k=1, 2，…，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(假定无系统误差)

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}x_k$$

用标准偏差 s 表示测得值在 $\bar{x}$ 的分散性

s按贝塞耳公式求出： $s(x_k)=\sqrt{\frac{1}{n-1}[\sum\limits_{k=1}^{n}(x_k-\bar{x})^2]}$

注意这是单次测量值的实验标准偏差。

对算术平均值作为结果时，平均值的标准偏差应为：

$$\boxed{u_A(\bar{x})=s(\bar{x})=\frac{s(x)}{\sqrt{n}}=\sqrt{\frac{1}{n(n-1)}[\sum_{k=1}^{n}(x_k-\bar{x})^2]}}$$

6. 小结

$$\text{真值：}\mu = \lim_{n\to\infty}\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i \qquad \sigma = \lim_{n\to\infty}\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu)^2}$$

$$\text{平均值：}\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}x_k \qquad \text{一般}6 \le n \le 10$$

单次测量值的标准偏差:

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n}[\sum_{k=1}^{n}(x_k-\mu)^2]} = \sqrt{\frac{1}{n-1}[\sum_{k=1}^{n}(x_k-\bar{x})^2]}$$

平均值的标准偏差:

$$u_A(\bar{x}) = s(\bar{x}) = |\bar{x}-\mu| = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}[\sum_{k=1}^{n}(x_k-\bar{x})^2]}$$

例：用50分度的游标卡尺测某一圆棒长度L，6次测量结果如下（单位 mm）：

250.08，250.14，250.24，250.06，250.10，250.02

则：测得值的最佳估计值为

$$L = \bar{L} = 250.11\ \text{mm}$$

测量列单次测量的标准偏差: $S_L = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(L_i-\bar{L})^2}{n-1}} = 0.08\ \text{mm}$

平均值的标准偏差:

$$S_{\bar{L}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(L_i-\bar{L})^2}{n(n-1)}} = 0.0327\ \text{mm} \approx 0.04\ \text{mm}$$

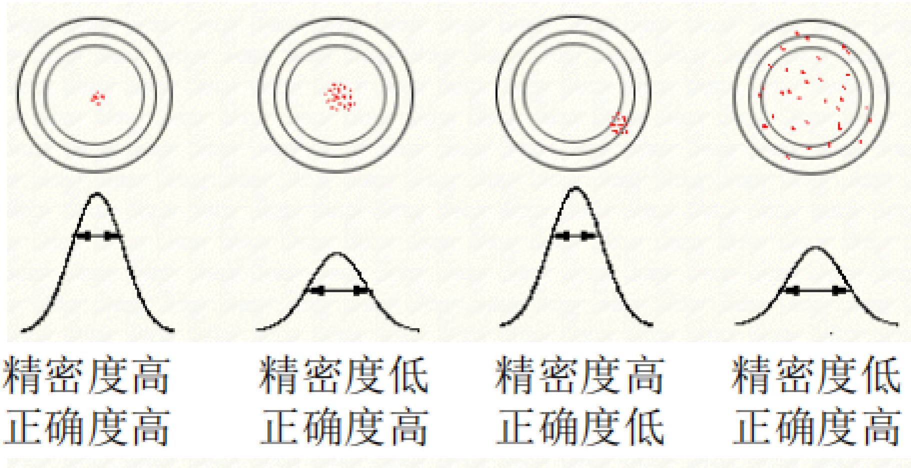
$$L = 250.11 \pm 0.04\ \text{mm}$$

3.6 精密度与准确度

7. 精密度与准确度

精密度：多次重复测量值相互接近的程度

准确度：测量平均值接近真值的程度



4 误差与不确定性

不确定度表示由于测量误差存在而对被测量值不能确定的程度。不确定度是一定概率下的误差限值。

- 不确定度反映了**可能存在的误差分布范围**，即随机误差分量和未定系统误差的联合分布范围。
- 由于真值的不可知，误差一般是不能计算的，它可正、可负也可能十分接近零；而不确定度总是**不为零的正值，是可以具体评定的。**

4.1 直接测量

2. 测量不确定度的组成部分划分

•总不确定度分为两类不确定度：

A 类分量 u_A —— 多次重复测量时 与随机误差有关的分量；

B 类分量 u_B ——与未定系统误差有关的分量。这两类分量在相同置信概率下用方和根方法合成总不确定度：

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

在具体使用中，测量不确定度又有三种不同的表述：

1)直接测量的标准不确定度*u* (*standard uncertainty*)

2)间接测量的合成标准不确定度u_c (*combined standard uncertainty*)

3)扩展不确定度*U* (expanded uncertainty)

3. 标准不确定度u—

直接测量量的不确定度估算

标准不确定度的计算是分成A类评定和B类评定两部分

A类评定是：可用统计方法评定的不确定度部分

B类评定是：要用其他方法（非统计方法）评定的不确定度部分

直接测量量不确定度估算过程

- 求测量数据列的平均值 $\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$

- 平均值的标准偏差：$\boxed{s(\bar{x})=\frac{s(x)}{\sqrt{n}}=\sqrt{\frac{1}{n(n-1)}[\sum_{k=1}^{n}(x_k-\bar{x})^2]}}$

当 6 ≤ n ≤10，置信概率为68.3%时，可简化认为:

$$u_A \approx S(\bar{x})$$

需要满足置信概率的条件

直接测量量不确定度估算过程

根据使用仪器得出u_B　$u_B = \dfrac{\Delta_{仪}}{3}$（高斯分布） 或 $\boxed{u_B = \dfrac{\Delta_{仪}}{\sqrt{3}}}$（均匀分布）

总合成不确定度：$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$

给出直接测量的最后结果：

$$\boxed{y = \bar{y} \pm u(\text{单位})}$$

正确度　精密度　准确度

直接测量量不确定度估算举例

例：用螺旋测微计测某一钢丝的直径，6次测量值y_i分别为：0.249,0.250, 0.244, 0.256, 0.253, 0.242; 同时读得螺旋测微计的零位x_0为：0.005, 单位mm，已知螺旋测微计的仪器误差为$\Delta_{仪}$=0.004 mm，请给出完整的测量结果。

解：测得值的最佳估计值为

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \bar{x} - x_0$$

$$= 0.250 \text{ mm} - 0.005 \text{ mm} = 0.245 \text{ mm}$$

测量列单次测量的标准偏差:

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{6-1}[\sum_{i=1}^{6}(x_i - \bar{x})^2]} = 0.006 \text{ mm}$$

平均值的标准偏差

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} = 0.003\ \text{mm}$$

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \approx \sqrt{s(\bar{x})^2 + \Delta_{yi}^2 / 3} = \sqrt{0.003^2 + 0.004^2 / 3} \approx 0.004\ \text{mm}$$

$$x = 0.245 \pm 0.004\ \text{mm}$$

4.2 间接测量

4. 合成标准不确定度 u_c

间接测量是指利用用某种已知的函数关系从直接测量量来得到待测量量的测量 。设间接被测量量y与诸直接测量量x_i(i =1,2,⋯,n)由函数f 来确定： $y = f(x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_n)$

用诸不确定度$u(x_i)$代替微分dx_i，有：

$$u_c = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i)\right)^2}$$ (公式1) 适用于和差形式的函数

$$\frac{u_c}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\partial \ln f}{\partial x_i}\right]^2 [u(x_i)]^2}$$ (公式2) 适用于积商形式的函数

和差形式的函数

$$y = f(x_1, x_2)$$

$$\Delta y = \frac{\partial f}{\partial x_1}\Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2}\Delta x_2$$

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}u(x_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}u(x_2)\right)^2}$$

$$u_c = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}u(x_i)\right)^2}$$

积商形式的函数

$$y = f(x_1, x_2) \qquad \ln y = \ln f(x_1, x_2)$$

$$\Delta(\ln y) = \frac{\Delta y}{y} = \frac{\partial \ln f}{\partial x_1}\Delta x_1 + \frac{\partial \ln f}{\partial x_2}\Delta x_2$$

$$\frac{u_c}{y} = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_1}u(x_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial x_2}u(x_2)\right)^2}$$

$$\frac{u_c}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{\partial \ln f}{\partial x_i}\right]^2 [u(x_i)]^2}$$

例：

$$N = x \pm y \qquad u_N = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$$

$$N = xy\text{或}N = \frac{x}{y} \qquad \frac{u_N}{N} = \sqrt{\left(\frac{u_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{u_y}{y}\right)^2}$$

$$N = kx \qquad u_N = |k| u_x$$

$$N = x^k \qquad \frac{u_N}{N} = |k| \frac{u_x}{|x|}$$

合成标准不确定度举例

例： 设有一圆环，其外径为$\phi_{外}=9.800\pm0.005$ mm，内径为$\phi_{内}=4.500\pm0.005$ mm，高度$h=5.000\pm0.005$ mm，求环的体积V和不确定度。

解：环的体积为

$$V=\frac{\pi}{4}(\phi_{外}^2-\phi_{内}^2)h$$

$$=\frac{\pi}{4}(9.800^2-4.500^2)\times5.000$$

$$=2.976\times10^2\,\text{mm}^3$$

根据积商形式函数的不确定度公式，有：

$$\frac{\partial\ln f}{\partial\phi_{外}}=\frac{2\phi_{外}}{\phi_{外}^2-\phi_{内}^2}=\frac{2\times9.800}{9.800^2-4.500^2}$$

$$\frac{\partial\ln f}{\partial\phi_{内}}=-\frac{2\phi_{内}}{\phi_{外}^2-\phi_{内}^2}=-\frac{2\times4.500}{9.800^2-4.500^2}$$

$$\frac{\partial\ln f}{\partial h}=\frac{1}{h}=\frac{1}{5.000}$$

$$\frac{\Delta V}{V}=\sqrt{\left(\frac{2\phi_{外}\Delta\phi_{外}}{\phi_{外}^2-\phi_{内}^2}\right)^2+\left(\frac{2\phi_{内}\Delta\phi_{内}}{\phi_{外}^2-\phi_{内}^2}\right)^2+\left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{2\times9.800\times0.005}{9.800^2-4.500^2}\right)^2+\left(\frac{2\times4.500\times0.005}{9.800^2-4.500^2}\right)^2+\left(\frac{0.005}{5.000}\right)^2}$$

$$=0.0017=0.17\%$$

$\Delta V=V\times\Delta V/V=2.976\times10^2\times0.17\%\approx0.5$ mm^3

因此，环的体积为

$$V=(2.976\pm0.005)\times10^2\ \text{mm}^3$$

不确定度的另一计算方法：

$$f = V = \frac{\pi}{4}(\phi_{外}^2 - \phi_{内}^2)h$$

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}u(x_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}u(x_2)\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_3}u(x_3)\right)^2}$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_1}u(x_1) = \frac{\pi}{4}h(2\phi_{外} \cdot \Delta\phi_{外})$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_2}u(x_2) = \frac{\pi}{4}h(-2\phi_{内} \cdot \Delta\phi_{内})$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_1}u(x_1) = \frac{\pi}{4}(\phi_{外}{}^2 - \phi_{内}{}^2)\Delta h$$

5 有效数字与试验数据处理

- 在实验中被测量都是含有不确定度的数值
- 数值不能任意取舍，正确反映出测量值的准确度。
- 记录数据、计算以及书写测量结果时，应根据测量误差或实验结果的不确定度来确定应取几位有效位数。

5.1 有效数字的表示法

(1)修约：以修约数代替已知数；

修约区间：约定的最小变化间隔。

修约规则："四舍六入五单双" 法则（四及以下就舍掉，是六及以上就进一，遇五若前面是奇数就进一，最后一位就变成是偶数，若前面已是偶数，则舍掉）取舍。

(2)有效数字的位数多少直接反映测量的准确度。有效位数越多，表明测量的准确度越高。

(3)有效数值书写时应注意：有效数值的位数与小数点位置无关。不因使用的单位不同而改变。

例如重力加速度某人测量值为980 cm/s^2, 改写单位为m/s^2,仍为三位有效数字，即9.80 m/s^2($\neq$9.8 m/s^2注意0不可随意添减)。

在运算过程中的有效数字取舍，一般遵循：加减运算的结果以参与运算的末位最高的数为准；乘除则以有效数字最少的数为准。

例如：

$12.4+0.571=12.971=13.0$;

$3600\times8.0=28800=2.9\times10^4$

5.2 数值书写的要求

1) 有效数字的位数是由合成不确定度来确定。测量值的最后一位应与不确定度的最后一位对齐。

一般总不确定度只取一位（首位大等于3时），或二位（首位小于3时）取二位，不可多取。例如：

$S=(2.3450\pm0.0320)\ cm^2$， $\rightarrow S=(2.34\pm0.04)\ cm^2$

$S=(2.3530\pm0.0212)\ cm^2$， $\rightarrow S=(2.353\pm0.022)\ cm^2$

2) 为方便起见，对较大或较小的数值，常采用科学记数法，即使用$\times10^n$的形式，例如重力加速度可写成$9.80\times10^{-3}\ km/s^2$；阿伏加德罗常数$6.02214199\times10^{23}$/mol等等。

3) 结果是由间接测量得到，其有效数字由算出结果的不确定度来确定。若没有给出各数值的不确定度，由有效数字运算法则确定。

4) 一个完整的测量结果表达式应有几部分组成：

结果的代表符=（数值±不确定度）单位

例如： N=(3.456±0.006) cm

5.3 应用

1) 6.600+6.0=1.1

2) (6788+67.88)×2.0=1.4×10^4

3) (4400000±2000)m的正确表达式

（4.4000±0.0020)×10^6 m

或: （44000±20)×10^2 m

4) 12^3×3=5184=5×10^3

不确定度的取舍例题

$u_c = 0.12134$ ，可保留2位有效数， $u_c = 0.13$

$u_c = 0.1201$ ，可保留2位有效数， $u_c = 0.12$

$u_c = 0.3201$ ，只保留1位有效数， $u_c = 0.4$

$u_c = 0.3021$ ，只保留1位有效数， $u_c = 0.3$

> 不确定度保留位数

当不确定度第1位有效数字是1或2时，可取两位，3以上只可有1位有效数字。

> 不确定度修约法则

欲保留的最低位后的这1位数不为零则进位，为零则舍去。（因为要知最大误差限）

$$\sin 85^{\circ} = 0.9961946\ldots$$

$$\sin 84^{\circ} = 0.994521\ldots$$

$$\sin 86^{\circ} = 0.997564\ldots$$

$$\boxed{\sin 85^{\circ} = 0.996}$$

或者按传递公式来决定有效位数：

$$\Delta \sin\theta = \cos\theta \cdot \Delta\theta$$

$$\sin\theta = \sin\theta \pm \cos\theta \cdot \Delta\theta$$

特殊情况

因为如果进位就一样了

5.4 数据处理方法

5.4.1 列表法

列表法——例：金属杨氏弹性模量实验的数据处理

序号	荷重砝码质量mg (N)	标尺读数 S (cm) 增砝码时	减砝码时	平均值	荷重砝码质量差4牛顿时的读数差ΔS (cm)	ΔS的绝对误差Δ（ΔS) (cm)
1	0	S_0=0.00	S_0'=0.10	$\bar{S}_0=0.05$		
2	1×9.80	S_1=0.99	S_1'=1.00	$\bar{S}_1=1.00$		
3	2×9.80	S_2=1.80	S_2'=1.90	$\bar{S}_2=1.85$		
4	3×9.80	S_3=2.70	S_3'=2.80	$\bar{S}_3=2.75$		
5	4×9.80	S_4=3.62	S_4'=3.70	$\bar{S}_4=3.66$		
6	5 ×9.80	S_5=4.51	S_5'=4.59	$\bar{S}_5=4.55$		
7	6 ×9.80	S_6=5.40	S_6'=5.49	$\bar{S}_6=5.45$		
8	7 ×9.80	S_7=6.32	S_7'=6.32	$\bar{S}_7=6.32$		

5.4.2 逐差法

逐差法：

在有些实验中，我们连续取得一些数据。如果依次相减，就会发现中间许多数据并未发挥作用，而影响到实验的可靠性。例如：金属杨氏弹性模量实验和等厚干涉的牛顿环实验等。

在金属杨氏弹性模量实验中，连续测量钢丝的伸长位置为：A_1、A_2、A_3、A_4、A_5、A_6、A_7、A_8、A_9、A_{10}等10个数据。若为求钢丝的伸长，依次相减，则伸长量ΔA有：

$$\Delta A=\frac{(A_2-A_1)+(A_3-A_2)+\cdots+(A_{10}-A_9)}{9}=\frac{A_{10}-A_1}{9}$$

中间各次测量均未起到作用。

有问题——中间数据没有利用

为发挥多次测量的优越性，将数据分成前后两组：

A_1、A_2、A_3、A_4、A_5为一组，

A_6、A_7、A_8、A_9、A_{10}为另一组；

将这两组对应相减，得出5组，且每一组相减间距是原来临近间距的5倍，这样有：

$$\Delta A=\frac{(A_6-A_1)+(A_7-A_2)+(A_8-A_3)+(A_9-A_4)+(A_{10}-A_5)}{5\times 5}$$

这种处理数据的方法称为**逐差法**。此法的优点是充分利用所测的数据，有利于减少测量的随机误差和仪器带来的误差。

条件：线性，等间距

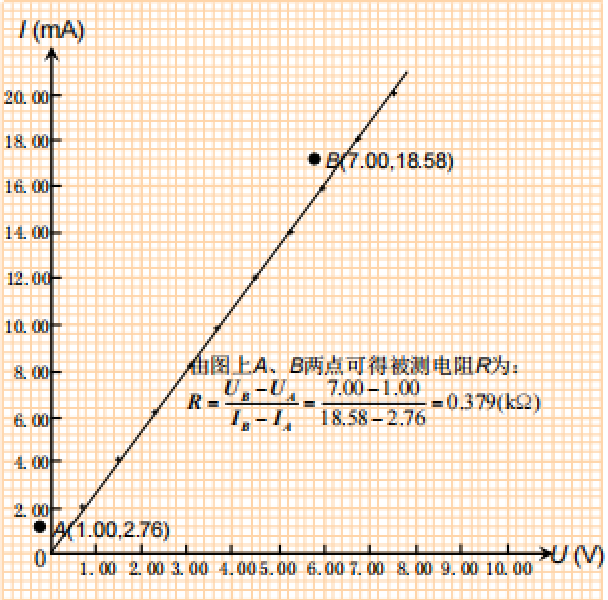
间隔×数量

5.4.3 作图法

作图法

作图的六点要求：

1、选择合适的坐标分度值
2、标明坐标轴
3、标实验点；
4、连成图线；
5、标出图线特征
6、标出图名

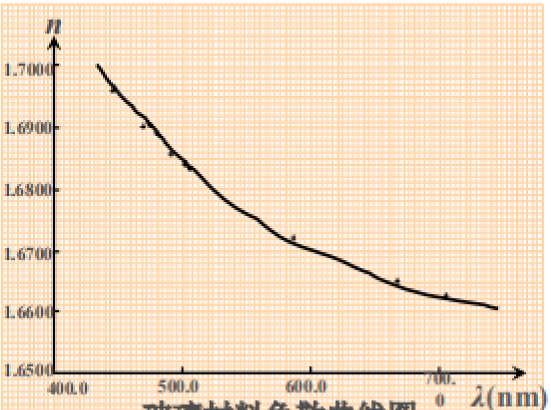


电阻伏安特性曲线

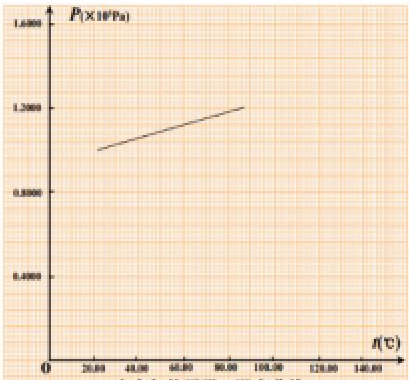
*整理数据表格
*坐标纸作图或计算机作图

62

数据处理—作图法——*不当图例展示*



玻璃材料色散曲线图



定容气体压强~温度曲线

曲线太粗，不均匀，不光滑。应当用直尺、曲线板等工具把实验点连成光滑、均匀的细实线。

图纸使用不当。坐标原点的读数可以不从0开始。

5.4.4 最小二乘法

最小二乘法：

n组实验数据：(x_i, y_i)，若理论上满足直线方程：$y = bx + a$

各测量沿垂直于x轴的方向到直线的距离的平方和为：

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{n}\left[y_i - (bx_i + a)\right]^2$$

要使ε最小，b 和a取值为：

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \varepsilon}{\partial b} = 0 \\ \dfrac{\partial \varepsilon}{\partial a} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b = \dfrac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} \\ a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \end{cases}$$

寻找偏差最小——>导数 = 0

6 课程要求

1. 实验课守则

1）没有预习不能做实验。
2）进入实验室对号入座。按要求操作。
3）不得穿拖鞋和背心进入，不得抽烟和饮食。
4）无故迟到超过十五分钟不得进实验室。
5）遇到自己不能解决的问题应及时报告老师。
6）做完实验要整理桌、凳，实验数据须经指导老师签字后才能离开实验室。
7）实验报告（原始数据附后）在下次实验前上交，迟交扣分。
8）如有补做实验，补交报告须在考试前一周之前上交。

2. 学生考勤

1）按时上课。迟到15分钟以上者，取消该次实验的上课资格，迟到15分钟以内者，任课教师将按情况对本次实验进行扣分。

2）不早退。认真完成实验内容和要求，只有当教师在数据记录本上签字后，并将实验仪器整理完毕，才可以离开实验室。

3）请假事宜：病假必须要有医院的证明；事假需持学生所在院系负责人签字的请假条。

4）病、事假过后，应尽快联系指导教师补做所缺实验，如在其他指导教师处补做，需要同时取得原指导教师和补做指导教师的许可。

3. 实验课要求

- 《大学物理实验》共14个实验项目，必做实验“示波器”、“分光计”。须另外再选做至少2个光学实验。

- 实验报告左上角标明实验台号，实验结束未整理仪器当次实验扣3分。

- 原始数据记录不得用铅笔，须用水笔或圆珠笔。 作图使用坐标纸+铅笔或者软件作图打印。

- 报告迟交一周当次实验扣5分，迟交两周及以上扣10分。

- 实验报告上交后不发放，如对报告有疑问联系任课老师查看。

- 不得抄袭、伪造数据，或伪造老师签名。

- 不得无故缺课，不得让他人替做实验。

必做实验要在微信公众号里做预习测试

4. 评分参考标准

《大学物理实验》

期末成绩=平时成绩×70%+期末考试×30%

平时实验报告成绩计算方法

1）预习报告（测试）： 20分

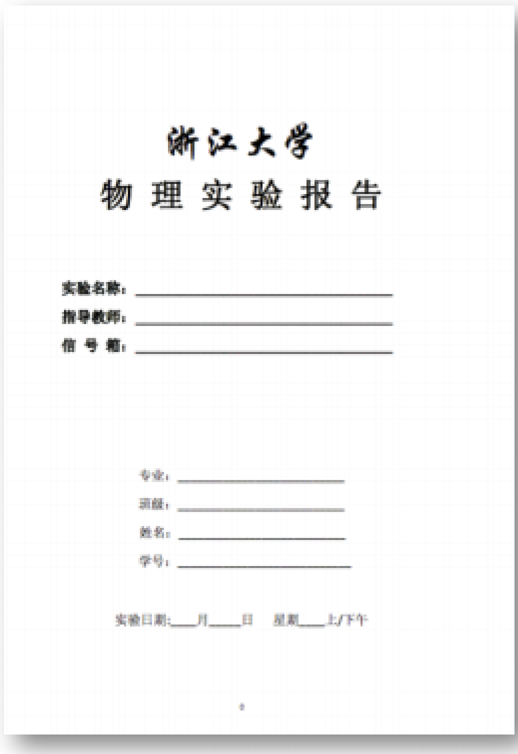
2）实验操作：30分

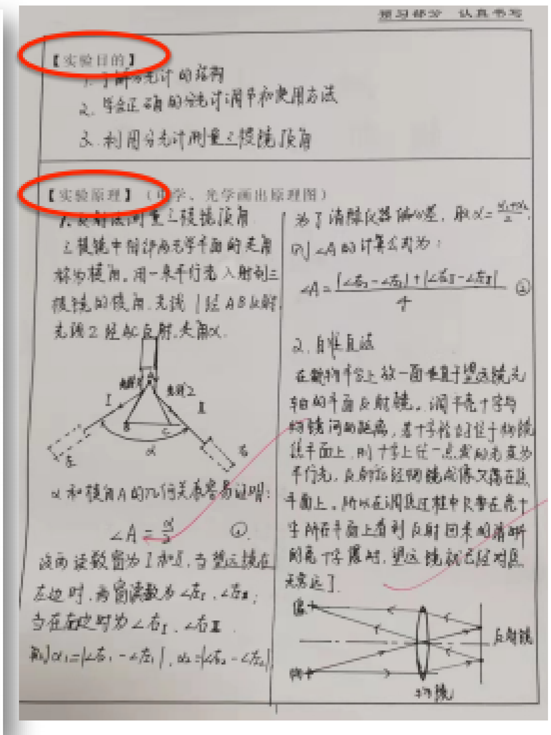
3）数据处理与分析：30分

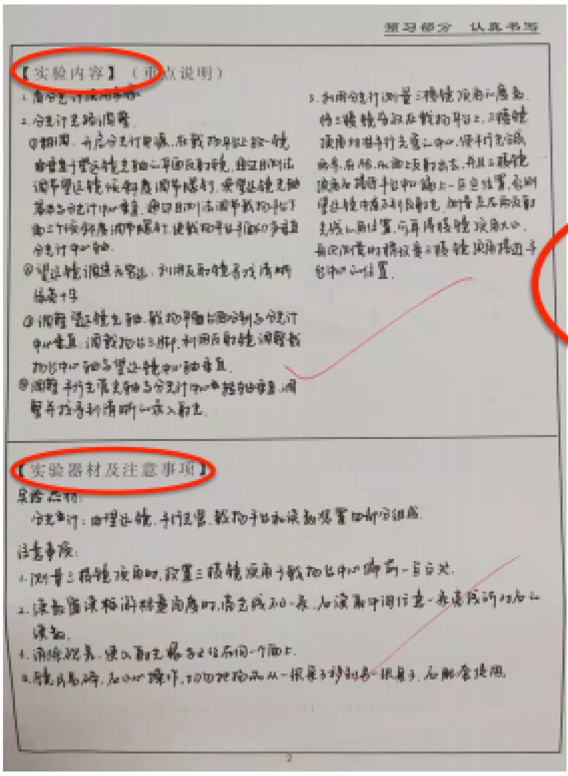
4）误差分析：10分

5）实验心得和思考题： 10分

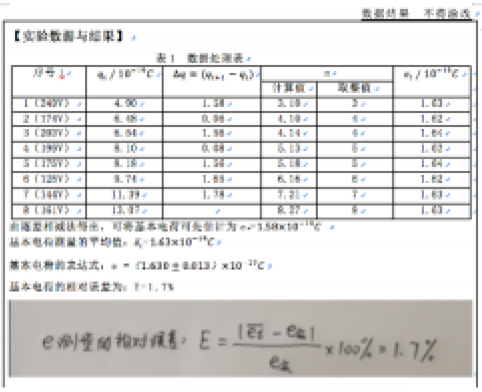
期末考试范围：绪论内容、必做实验、实验设计

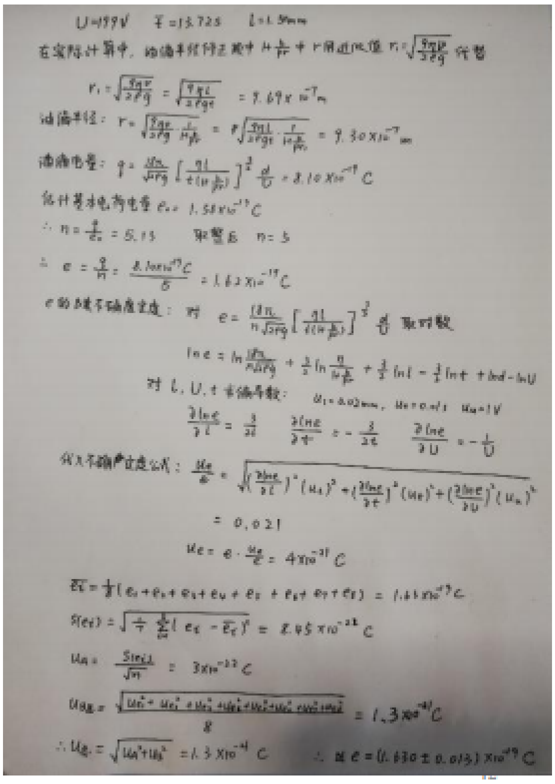




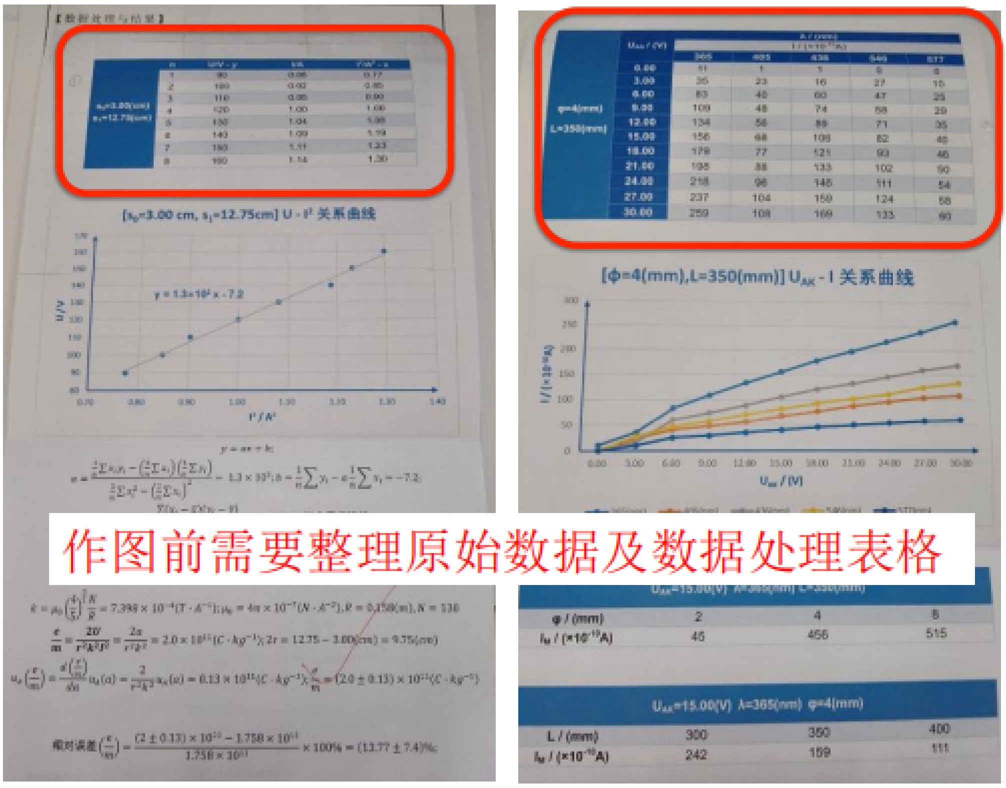


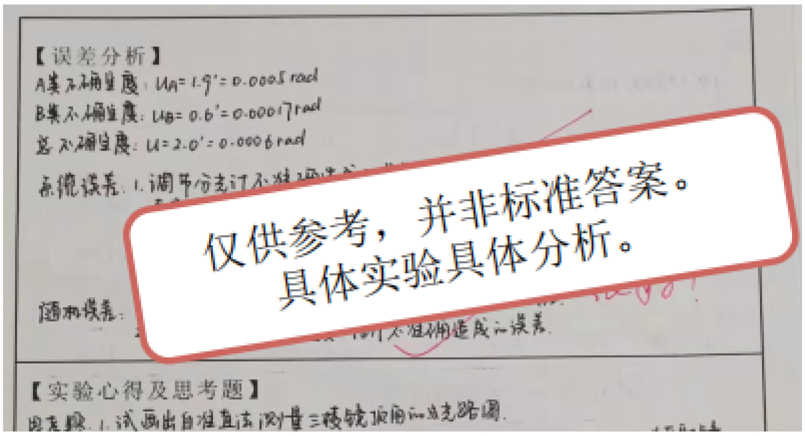
预习报告部分应简洁、突出重点！





- 写出完整数据处理过程，包括公式、必要的中间计算过程、不确定度。
- 明确阐述实验结果与结论。





仔细读数　认真记录

【数据记录及草表】

表 2　数据记录表

L=1.5mm

油滴	1	2	3	4	5	6	7	8
1（199V）	13.48s	13.77s	13.82s	13.74s	13.85s	13.62s	13.74s	13.75s
2（203V）	15.63s	15.68s	15.56s	15.45s	15.52s	15.41s		
3（175V）	14.77s	14.89s	14.86s	14.71s	14.73s	14.82s		
4（144V）	13.77s	13.57s	13.56s	13.46s	13.50s	13.53s		
5（161V）	11.49s	11.50s	11.73s	11.54s	11.65s	11.47s		
6（125V）	16.38s	16.39s	16.41s	16.44s	16.40s	16.48s		
7（249V）	16.34s	16.36s	16.39s	16.49s	16.44s	16.39s		
8（174V）	17.17s	17.50s	17.15s	17.18s	17.20s	17.21s		

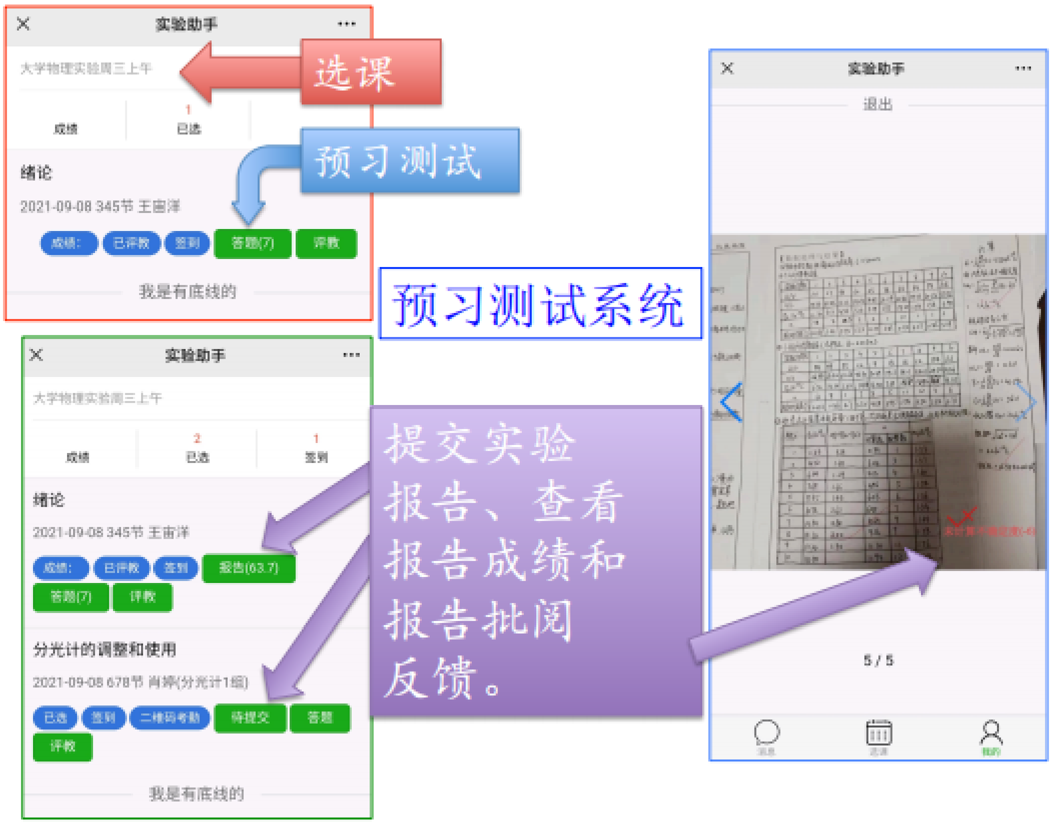
必做实验需要完成预习测试！

（示波器、分光计实验）

实验教学助手

http://demo.platosoft.org/

- 绪论课后当天完成实验安全测试，达到90分以上才算通过。
- 完成选课后，登录预习测试系统（柏拉图），勾选必做实验的实验时间（须与选课系统中一致），并按规定时间（上课前15分钟到开课10分钟）完成预习测试，计20分。实验操作与报告占80分。
- 将纸质报告交至教师信箱，并同时拍照上传。
- 报告批阅结果通过该系统反馈。



5. 违规处理办法

- 实验课过程中如发生违反实验课规范的行为，依照《物理实验学生守则及违规处理办法》进行相应处理。
- 因病或事假不能按时进行实验课学习，应提前向指导老师请假，并提供由相关单位盖章的病假条或事假条，及时与指导教师联系补做本次实验。请假次数不能超过三次以上，否则，需要重修本门实验课。
- 无故缺席实验课的学生，本次实验成绩计0分，累计两次及以上者，取消本学期实验课成绩。
- 实验报告上原始数据如无任课教师的签字，算作无效报告，须重新做实验。
- 如被发现有伪造指导老师签字、伪造数据、抄袭报告现象者，本学期实验课成绩不超过60分，两次及以上被发现者，取消本学期实验课成绩。
- 请他人代替进行实验者，一经发现，该学生及替做者本学期实验成绩均被取消，如果替做者不是本次实验课学生，则向所在院系通报，由学生所在院系处理。并将两学生情况通报所在院系和教务处。
- 相关情况全部归物理实验教学中心解释。