大学物理实验绪论

大学物理实验公众号

实验联系方式

2021年秋季大学物理实验
IA循环分组制
分组排课详情见群通知。
QQ群号：789927320

2021年秋季大学物理实验
II循环分组制
分组排课详情见群通知。
QQ群号：794863120

2020级大学物理实...
群号：789927320
扫一扫二维码，加入群聊。

2020级大学物理实验II
群号：794863120
扫一扫二维码，加入群聊。

物理实验绪论课内容

- 物理实验课的地位与作务
- 物理实验课主要教学环节和要求
- 测量误差和不确定度表示
- 有效数字及其处理
- 实验数据处理
- 布置绪论作业：3-7，9

1. 物理实验课程的地位与任务

- 物理学是一门实验科学。在物理学的建立过程中，物理实验一直承担着开山斧和试金石的职能；
- 《物理实验》是高等学校理工科各专业学生一门独立的必修基础课程；

1. 物理实验课程的地位与任务

- 《物理实验》是学生进入大学后系统地学习实验方法和实验技能的开端；
- 《物理实验》要使学生

  1、掌握物理量的基本测量方去；

  2、掌握测量误差的基本知识，

1. 物理实验课程的地位与任务

3、具备正确处理实验数据的基本能力；

4、掌握科学实验基本技能，提高科学实验基本素质和能力；

5、《物理实验》要使学生养成：

（1）理论联系实际和实事求是的科学作风；

1.1 物理实验课程的目的和任务

（2）严肃认真的工作态度；

（3）遵守纪律、团结协作和爱护公共财物的优良品德；

（4）热爱科学，勇于创新，力戒浮躁，讲究诚信的科学信仰；

2. 物理实验课的主要教学环节

物理实验II （计算机）	物理实验IA	上课地点
1.拉伸法测杨氏模量	1. 碰撞打靶	T5 7或8楼
2.空气中声速测量	2. 拉伸法测杨氏模量	
3.液体粘度测量	3. 空气中声速测量	
4.密立根油滴	4. 液体粘度测量	
5.惠斯通电桥与伏安特性	5. 密立根油滴	
6. 分光计	6. 惠斯通电桥与伏安特性	
7. 磁滞回线观测	7. 霍尔效应	
8.麦克尔逊干涉仪	8. 磁滞回线观测	
	9. 薄透镜焦距测量	
	10. 无线电力传输	

2. 物理实验课的主要教学环节

一、课前预习

- 实验前学生必须预习实验教材和实验指导书，在此基础上需要**手写出**实验预习报告（教师评定2分）；
- **无预习报告者，不能上课;**

二、实验过程

- 各组按实验顺序表、个人按实验顺序号扫码就位上课（通常一人一套仪器），提前5分钟进入课室；
- 实验测量数据时，要准备一张数据记录纸记录数据，经指导教师检查无误后转填在实验报告数据记录纸上，并请指导老师签名确认。

2. 物理实验课的主要教学环节

- 实验完毕，整理好仪器才能离开实验室；

三、 课后实验总结

- 实验后要对实验数据及时进行处理，并写出完整的实验报告；绪论课的练习用纸做完后，第一次做实验时交给任课老师评阅，其分数计入总评成绩；

2. 物理实验课的主要教学环节

四、实验报告的格式和内容

- 实验名称
- 实验目的
- 实验原理：简要叙述实验原理、计算公式、实验电路图或光路图。

预习报告内容（2分）

- 实验内容和原始数据（占3分）：

简要叙述主要步骤、仪器设备，将原始数据详细准确转记于实验报告上（附在实验报告的签名的原始数据记录纸）

2. 物理实验课的主要教学环节

➢ 实验数据处理及结果（占4分）：

包括计算所用公式，计算中间过程，计算要遵循有效数字的运算规则进行，要用标准不确定度评估测量结果的可靠性，要有作图；

2. 物理实验课的主要教学环节

➢讨论（1分）：

要对实验中观察到的现象、实验中存在的误差进行分析讨论、并回答思考题，还可以对实验本身的设计方案、实验仪器的改进等提出建设性意见。

2. 物理实验课的主要教学环节

五、实验成绩的评定

- 平时实验报告成绩占60%，期末考试40%；
- 抄袭、篡改、拼凑实验数据一律记零分；
- 请假要有学院教学院长签字盖章才能有效；

2. 物理实验课的主要教学环节

六、实验报告提交要求：

- 每次实验前应将上次实验的纸质版实验报告交到T5教学楼7楼对应的实验作业柜中；
- 备份报告**自愿**提交地址（防止批改过程中丢失）

大学物理实验（IA）报告收件箱（2021秋）

大学物理实验（II）报告收件箱（2021秋）

2. 物理实验课的主要教学环节

- 图表要用工具绘制，实验曲线需用坐标纸作图，或计算机做图打印；
- **按时上课，迟到10分钟以上，不准上课**
- **做完实验，提前15分钟才能离开实验室；**
- **没做实验或没做够实验数量的同学不准参加期末操作考试和补考，下学年重修；**
- 上课时间：5-6节（13:15-15：45）

  7-8节（15:45-18：15）

3. 测量误差和不确定度表示

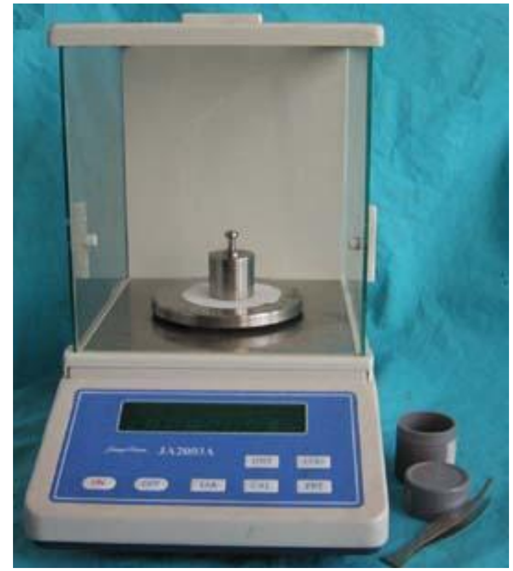
一、测量及其分类

- 测量就是在一定条件下使用具有计量标准单位的计量仪器对被测物理量进行比较，从而确定被测量的数值和单位。
- 直接测量
- 间接测量

3. 测量误差和不确定度表示

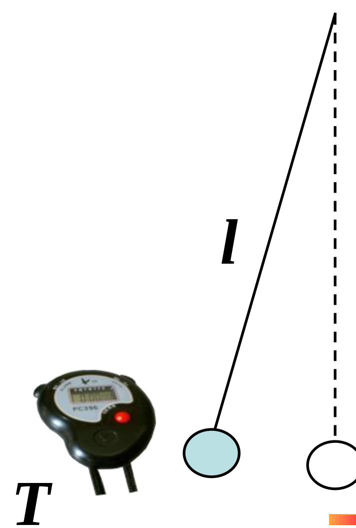
- 直接测量

  直接测量是使用仪器或量具，直接测得被测量的量值的测量。



- 间接测量

  间接测量是通过直接测量量，根据某一函数关系把待测量**计算**出来的测量，如 $g=(4\pi^2 l)/T^2$



3. 测量误差和不确定度表示

➢ 误差

测量误差　测量值　真值

$$\varDelta A = A - A_0$$ 称“绝对误差”

$$E = \frac{\varDelta A}{A_0} \times 100\%$$ 称“相对误差”

➢ 约定真值

被测量的真值是一个理想概念，一般说来是不可知的，在实际测量中，常用被测量的算术平均值代替真值，称为约定真值。

3. 测量误差和不确定度表示

- 由于取被测量的算术平均值代替待测量的真值，测量值A的测量误差又可以表示为：

$$\Delta A = A - \bar{A}$$

$$E = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \times 100\%$$

分别称为绝对偏差和百分误差。

3. 测量误差和不确定度表示

➢ 系统误差

系统误差是由于实验系统的原因，在测量过程中造成的误差；

➢ 来源：仪器误差、环境误差、方法误差、个人误差；

➢ 特点：误差的大小和符号总是保持恒定，或按一定规律以可约定的方式变化；

➢ 消除方法：

3. 测量误差和不确定度表示

- 理论分析，根据实验原理改善实验方法；例：用单摆测量重力加速度，当 $\theta \leq 5°$ $$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$
- 通过数据分析，对经验公式的加以修正；
- 调整仪器，例如电表的零点误差，接入电路前，先调机械零点。

电表指针不在零点

随机误差：

- 随机误差是由某些偶然的或不确定的因素，在测量过程中造成的误差。
- 特点：随机误差的量值和符号以不可约定的方式变化着，对每次测量值来说，其变化是无规则的，但对大量测量值，其变化则服从确定的统计分布（正态分布）规律。
- 消除随机误差的方法：在相同条件下，增加测量次数。

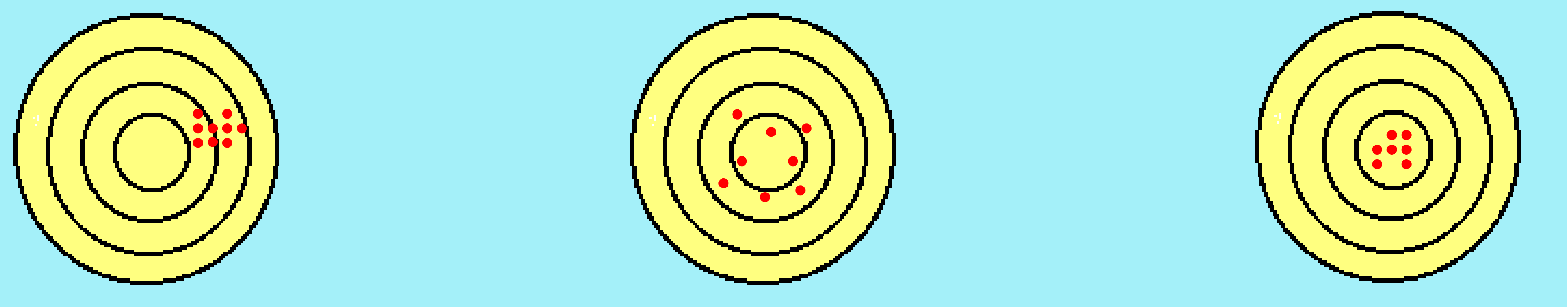
3. 测量误差和不确定度表示

用弹着点的分布来类比测量过程中的误差

精密度高
正确度不高

正确度高
精密度不高

精密度高
正确度高



a　　b　　c

随机误差的大小反映：**精密度**

系统误差的大小反映：**正确度**

对精密度和正确度的综合评价：**准确度**

3. 测量误差和不确定度表示

➤ 随机误差的正态分布规律：

在相同条件下，对同一物理量 A 进行多次测量，得 $A_1, A_2, A_3, \ldots A_n$,

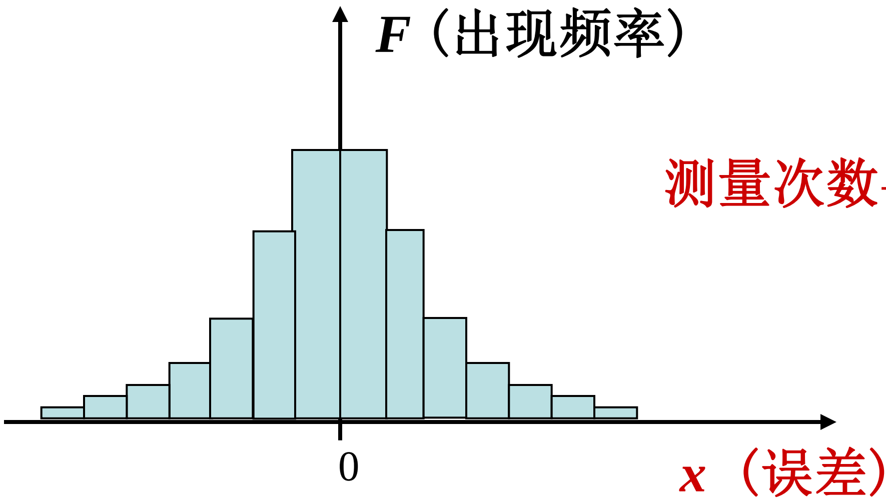
设真值为 A_0，

测量中排除了系统误差和粗大误差

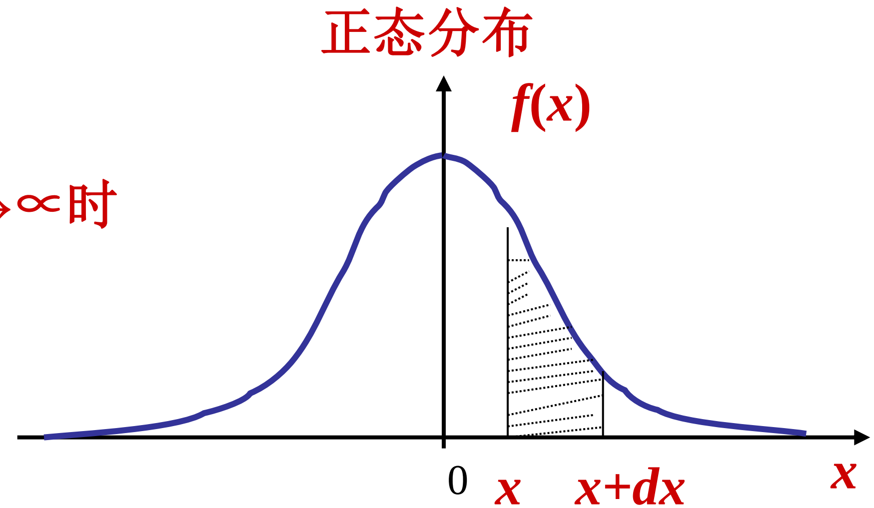
则各次测量的误差为：$x_i = A_i - A_0$，

3. 测量误差和不确定度表示

当测量次数较多时，测量误差 x 有如下分布规律：



测量次数→∝时



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

$f(x)$ — 误差的概率密度分布函数

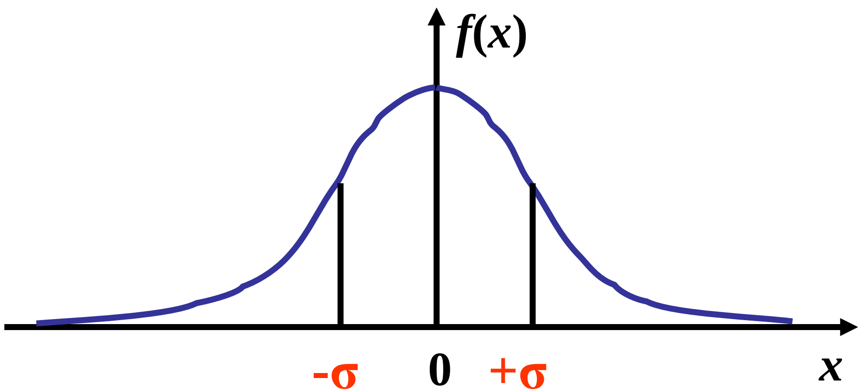
$f(x)dx$—误差出现在x—$x+dx$ 之间的概率

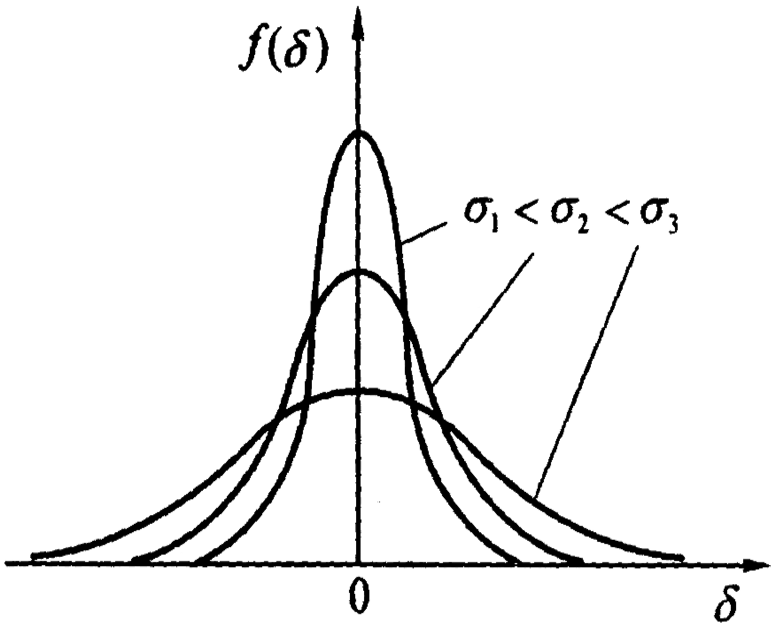
特点：小误差概率大；正负误差出现概率一样

3. 测量误差和不确定度表示

标准误差 σ—— 评价测量的精密程度

σ 越大，曲线越坡，误差大的次数越多





$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(A_i - A_0)^2}$$

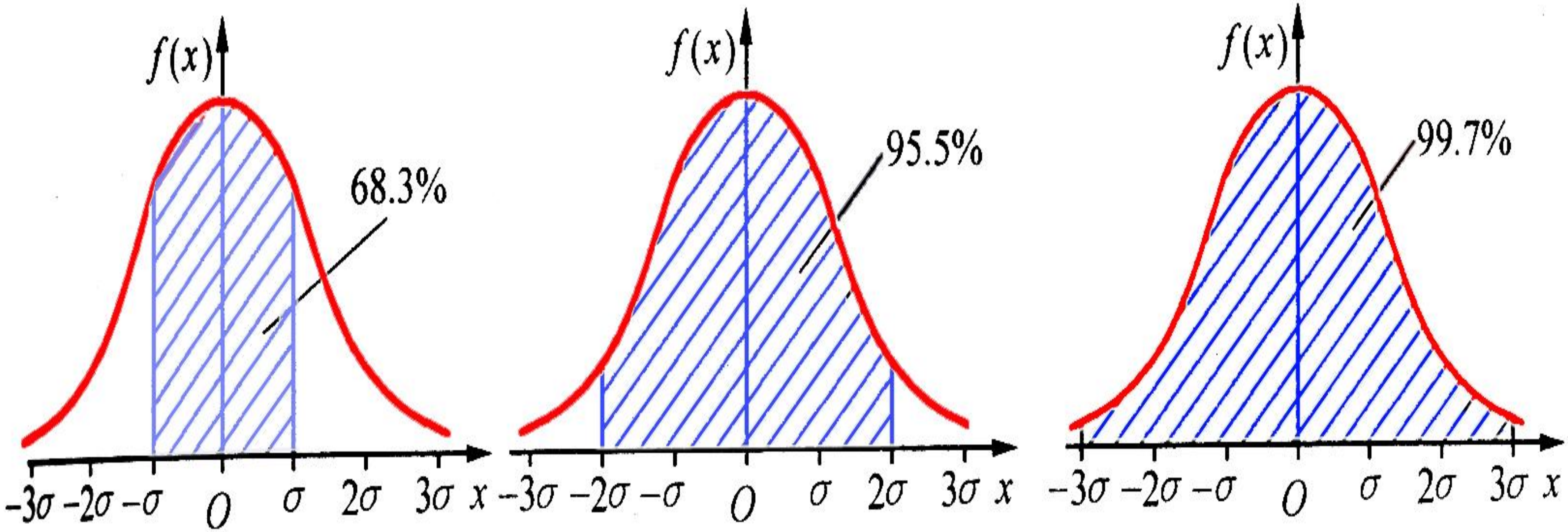
$$(n \to \infty)$$

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

3. 测量误差和不确定度表示

置信区间[-σ,σ]; [-2σ,2σ] ; [-3σ,3σ]

置信概率68.3%; 95.5%; 99.7%



注意： （1）实际上只能是有限次测量；

（2）真值是不知道的；

➢ 测量结果的误差估算

理论上要求上式中$n \rightarrow \infty$且已知真值，实验中，用测量值的算术平均值作为待测量A的最佳估计值，而且物理实验的测量次数是有限的，通常为3～5次，因此其随机误差可以用标准偏差来处理：

$$S=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i-\overline{A})^2}{n-1}}$$

标准偏差表示测量列中的测量值A_i相对于测量值的算术平均值的分布情况。

➢ 测量结果的误差估算

测量列算术平均值的标准偏差

$$S_{\overline{A}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i - \overline{A})^2}{n(n-1)}}$$

算术平均值的标准偏差是对测量结果的可靠性的估计。当平均值的标准偏差为 $S_{\overline{A}}$ 时，平均值误差落在（－$S_{\overline{A}}$ ，＋$S_{\overline{A}}$ ）区间内的概率为68.3%。

➢ 算术平均值的标准偏差是对测量结果的可靠性的估计。

A_0 落在 $\overline{A}-S_{\overline{A}}$ 到 $\overline{A}+S_{\overline{A}}$ 间的可能性为 68.3%

A_0 落在 $\overline{A}-2S_{\overline{A}}$ 到 $\overline{A}+2S_{\overline{A}}$ 间的可能性为 95.5%

A_0 落在 $\overline{A}-3S_{\overline{A}}$ 到 $\overline{A}+3S_{\overline{A}}$ 间的可能性为 99.7%

本实验课中，指定采用第一种规范，即±$S_{\overline{A}}$，置信概率为68.3%。即

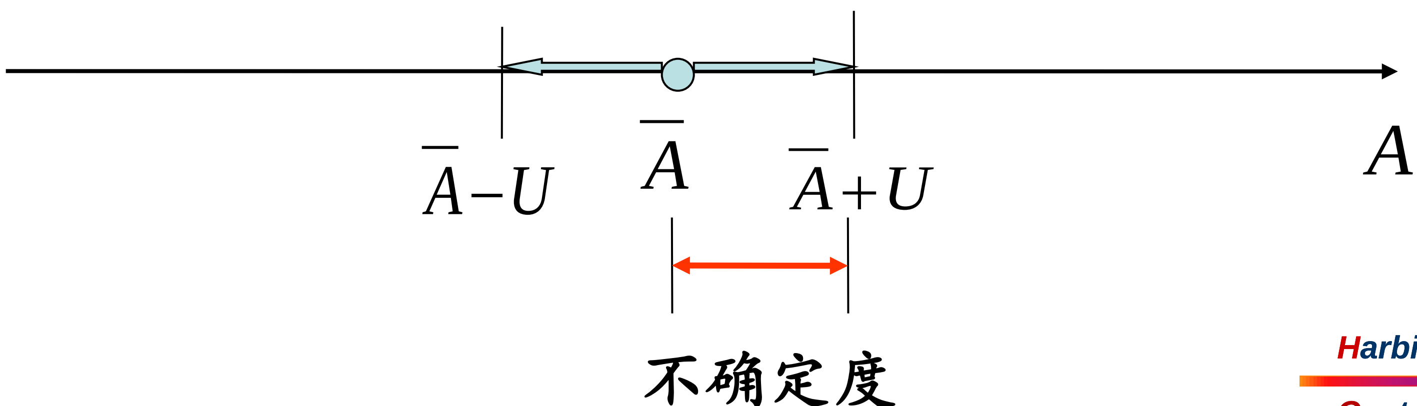
$$P = 0.683$$

1. 不确定度的概念

- 不确定度是表征**测量的真值在某一个量值范围内不能肯定程度的的一个估值**。或表示由于测量误差存在而**对测量值不能确定的程度，即**测量结果中无法修正的部分

不确定度是**一定概率下的误差限值**。

A_0 以某一概率落到 $\overline{A} \pm U$ 范围内



2. 不确定度分量的分类

（1）不确定度的A类分量 S_i：

A类不确定度分量是可用统计的方法计算的不确定度。　通常就是测量量平均值标准偏差。

$$S_i = S_{\bar{A}}$$

（2）不确定度的B类分量 u_j ：

B类不确定度分量是只可用非统计的方法估算的不确定度。 用 u_j 表示B类不确定度分量。

- B类不确定度比较复杂。

  在本课中主要考虑由仪器误差引起的B类不确定度，并且用仪器误差（或说最大允许误差 $\boxed{\Delta_{仪}}$ ）来估算B类不确定度。$\boxed{\Delta_{仪}}$ 是在正确使用仪器的条件下可能产生的最大误差，通过查其准确度等级再换算成得到，或通过查询国家计量检定规程得到。

- $\boxed{\Delta_{仪}}$ **其置信概率是1，不是0.683。**

第五节 测量结果的不确定度

- 为了能够将两类不确定度合成为总不确定度，可近似地将 $\Delta_{仪}$ 除上一个系数C，作为B类不确定度：

$$u_j = \frac{\Delta_{仪}}{c}$$

式中C是一个大于1 的常数，其取值取决于所用的仪器。

- 对于误差服从均匀分布的仪器，如米尺， $C = \sqrt{3}$
- 对于误差服从正态分布的仪器，如物理天平， $C = 3$

（3）．不确定度的合成

总不确定度 $$\boxed{U = \sqrt{S_i^2 + u_j^2}}$$

4. 不确定度U的统计意义：

A_0 落在 $\overline{A}-U$到$\overline{A}+U$ 间的可能性为 68.3%

A_0 落在 $\overline{A}-2U$到$\overline{A}+2U$ 间的可能性为 95.5%

A_0 落在 $\overline{A}-3U$到$\overline{A}+3U$ 间的可能性为 99.7%

本实验课中，指定采用第一种规范，即±U，置信概率为68.3%。即

$$P = 0.683$$

➢ 对物理量A进行测量，如果对可定系统误差已经消除或修正，则测量结果应表示电阻值的测量结果为

$$A = \overline{A} \pm U \quad （单位）$$

$$E = \frac{U}{\overline{A}} \times 100\%$$

$$P = 0.683$$

例：（2019年考题）

R=(35.78±0.05)Ω，下列叙述正确的是[C]

A．待测电阻值是35.73Ω或35.83Ω

B．待测电阻值是35.73Ω到35.83Ω之间

C．待测电阻的真值包含在（35.73Ω~35.83Ω）内的概率约为68.3%

D．待测电阻的真值包含在（35.73Ω~35.83Ω）内的概率约为99.7%

3. 测量误差和不确定度表示

第七节 间接测量量的结果表示

假定间接测量量Y是通过直接测量量x_i测量得到的，其函数关系为：

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$$

直接测量量为：

$$x_1, x_2, \Lambda, x_n$$

$$Y = \overline{Y} \pm U \quad （单位）$$

$$E = \frac{U}{\overline{Y}} \times 100\%$$

$$P = 0.683$$

问题：

1。如何得到 $\overline{Y}$

2。如何得到 U

第七节 间接测量量的结果表示

间接量Y的平均值为：$\overline{Y} = f(\overline{x}_1, \overline{x}_2, \overline{x}_3, \ldots, \overline{x}_n)$

如果有 $x_1 = \overline{x}_1 \pm U_1;\quad x_2 = \overline{x_2} \pm U_2;\quad \cdots x_n = \overline{x}_n \pm U_n$

假设间接测量量 Y 的各直接测量量 x_i 之间相互独立，且各直接测量量 x_i 的**合成不确定度**分别为 U_1, U_2, Λ, U_n，

则 Y 的合成不确定度的计算公式为：

$$U = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 U_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 U_2^2 + \mathrm{L} + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 U_n^2}$$

函数 f 对各变量的偏微商

相对合成不确定度：

$$E = \frac{U}{\overline{Y}}$$

也可先求得相对不确定度，这时可以利用以下简单关系求得：

$$E = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial X_1}\right)^2 U_1^{\ 2} + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial X_2}\right)^2 U_2^{\ 2} + \cdots + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial X_n}\right)^2 U_n^{\ 2}}$$

注意，这是函数 *f* 的自然对数对各自变量的偏微商。

1. 有效数字的概念

(1)、有效数字的定义

测量结果中所有可靠数字加上末位的可疑数字，统称为测量结果的有效数字；

有效数字中所有位数的个数称为有效数字的位数；

(2)、有效数字如何确定

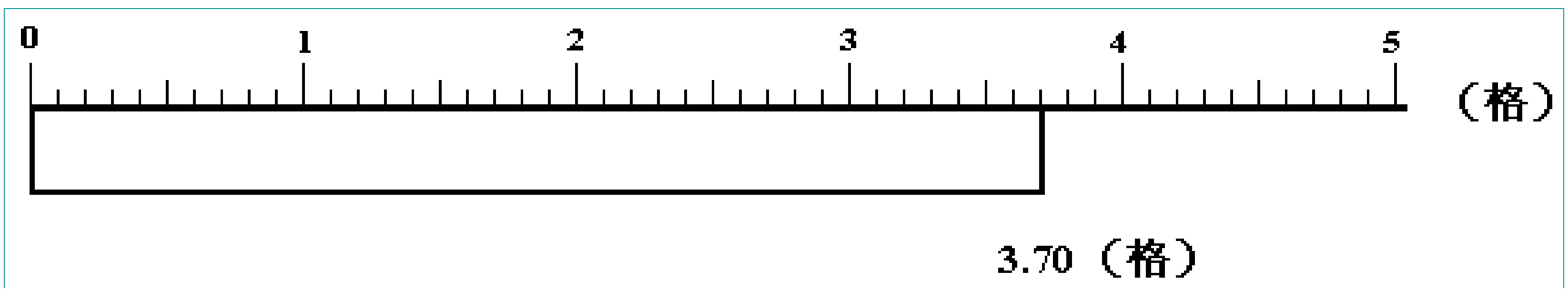
通过测量仪器的精度、级别、最小分度值（最小刻度值）；

4. 有效数字及其处理

第八节 有效数字及其运算规则

例1： 用500mm长的毫米分度钢尺测量长度。

该钢尺最小分度值为1mm，仪器误差取最小分度值的一半，即因此正确记录数值是除了确切读出钢尺上有刻线的位数外，还应估读一位，即读到0.1mm位。



- 有效数字时要记录到误差所在位。

例2: 量程分别为10V和10mA，0.5级的电压表和电流表，

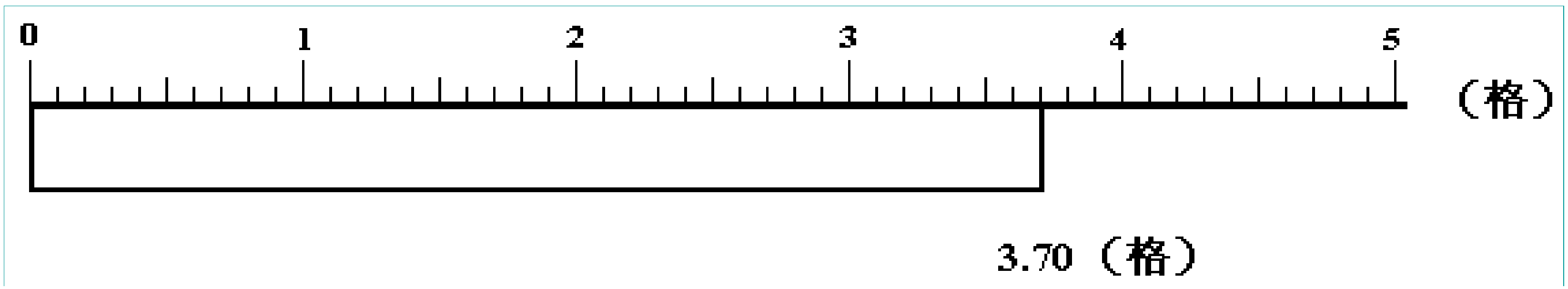
$$\Delta_{仪}=a\%\times 量程=0.5\%\times 10=0.05$$

其有效数字，应分别记录到0.01V和0.01mA位。

例3: 用量程为15mA, 表准确度等级为0.5级的电流测量某电流的指示值为10.00 mA, 其测量仪器的最大误差为__________, （0.08 mA ），

3、有效数字的性质

- 有效数字的位数随着仪器的精度（最小分度值）而变化。



- 凡数值中间和末尾的“0”均为有效数字，但数值前的“0”则不属有效数字。

例 1.009 — 四位数， 9.000 — 四位数，

900.0 — 四位数， 0.009 — 一位数，

- 有效数字的位数与小数点的位置无关

如长度 10.50 mm，也可写成：1.050 cm

但不能写成：10500000 nm

再例：地球半径是6371 km，不能写成

6371000 m，只能写成：6.371×10^{6}m

氦—氖激光波长为632.8nm，只能写成：

6.328×10^{-7}m

对数量级很大或数量级较小的测量值，常采用科学记数法，即写成$\pm a\times10^{\pm n}$

4、有效数字的运算规则

(1) 可靠与可靠运算　　结果可靠；

(2) 可靠与可疑或可疑与可疑运算　　结果可疑；

(3) 运算结果一般只保留一位可疑数字；

(4) 运算时，常数、无理数等，其有效位数无限制。

4. 有效数字及其处理

第八节 有效数字及其运算规则

例1：

$$\begin{array}{r} 97.4 \\ +\quad 6.238 \\ \hline 103.638 \end{array}$$

应为 103.6

$$\begin{array}{r} 217 \\ -\quad 14.8 \\ \hline 202.2 \end{array}$$

应为 202

相加减：
所得运算结果的小数点后保留的位数，应与参与加减运算的各数据中小数点后位数最少的那一数据的位数相同。

$$\begin{array}{r} 13.6 \\ \times\quad 1.6 \\ \hline 816 \\ 136 \\ \hline 21.76 \end{array}$$

应为 22

$$\begin{array}{r} 2.453 \\ \times\quad 6.2 \\ \hline 4906 \\ 14718 \\ \hline 15.2086 \end{array}$$

应为 15.2

相乘除：
结果保留到参与运算各量中最少的位数(或多出1位)。

237.5/0.10=2.4 $\times 10^3$

相**乘除**：
结果保留到参与运算各量中最少的位数(或多出1位)。

76.000/38.0=2.0　　因为76.0被38.0整除

5. 不确定度有效位数

- 不确定度误差只取一位有效数字，“只进不舍”。例如：标准不确定度U的计算值为0.05106,则最后结果取U =0.06;
- 注意：教材要求1-2位，只有首位数字为1或2时才取2位，例：标准不确定度U的计算值为0.02106,则最后结果取0.021.

6. 测量结果的有效位数

4. 有效数字及其处理

第八节 有效数字及其运算规则

- **间接测量结果值的有效数字：测量结果值的有效位数的末位，要与不确定度所在的位对齐，舍去其它多余的存疑数字。**

- 为了使等于五的舍入误差产生正、负相消的机会，采用 “**4舍6入5凑偶**” 舍入规则。即：小于5舍，大于5入，等于5时则把尾数凑成偶数。

  例： 5.76453 保留4位有效位数为：5.764（舍5不进位）；5.76153 保留4位有效位 数为： 5.762（舍5进位）

4. 有效数字及其处理

第八节 有效数字及其运算规则

例2：以下不正确的取舍是［A］（2019年考题）

A. 3.14346保留四位有效位数结果是3.144

B. 3.14372保留四位有效位数结果是3.144

C. 1.26453保留四位有效位数结果是1.264

D. 1.26353保留四位有效位数结果是1.264

判断以下测量结果表达得是否正确：

√ $M=1.012\pm0.003$ (g)　　√ $L=1.345\pm0.004$ (mm)

× $I=1.012\pm0.123$ (A)　　× $U=1.012\pm0.0004$ (V)

√ $f=(1.012\pm0.006)\times10^3$ (Hz)　　× $T=9.03\pm0.01$

4. 有效数字及其处理

例4：　用50分度的卡尺测一长度，7次测量的结果（单位：mm）分别为：139.70，139.72，139.68，139.70，139.74，139.72，139.72。已知卡尺的仪器误差为0.02mm，且服从均匀分布，写出测量结果的表达式。

解：　L平均值：$\overline{L}=\frac{1}{7}\sum_{i=1}^{7}L_i=139.71\ (\mathrm{mm})$

A类不确定度：$s_{\overline{L}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{7}(L_i-\overline{L})^2}{7(7-1)}}=0.0086\ (\mathrm{mm})$

B类不确定度：$u_L=\frac{\Delta_{仪}}{\sqrt{3}}=\frac{0.02}{\sqrt{3}}=0.012$（mm）

4. 有效数字及其处理

总不确定度：

$$U = \sqrt{s_{\bar{L}}^2 + u_L^2} = \sqrt{0.009^2 + 0.012^2} = 0.015\,(\text{mm})$$

测量结果的表达式：

L=139.71±0.02 (mm)

E=0.01%

P=0.683

例5、用单摆测量重力加速度g，直接测量量周期T ＝2.009 ±0.002(s)，摆长L＝1.000 ±0.001(m)， g=（$4\pi^2L$）/T^2，计算测量结果及其标准不确定度。

- 按有效数字运算规则算得：

$$g=(4\times 3.14^2\times 1.000)/2.009^2=9.771(m/s^2)$$

$$E=\frac{u_g}{g}=\sqrt{\left(\frac{u_L}{L}\right)^2+\left(2\frac{u_T}{T}\right)^2}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{0.001}{1.000}\right)^2+\left(2\frac{0.002}{2.009}\right)^2}$$

$$=2.2\times 10^{-3}$$

计算g的标准不确定度

$$u_g = 9.771 \times 2.2 \times 10^{-3} = 0.0214\ (m/s^2)$$

$$\therefore\ u_g = 0.03\ (m/s^2)$$

测量结果值的有效位数的末位，

要与误差所在的位对齐

$$\therefore\ g = 9.77 \pm 0.03\ (m/s^2)$$

$$E = 2.2 \times 10^{-3}$$

$$P = 68.3\%$$

例6：用秒表对一时间间隔进行单次测量，测得t=20.20，如果秒表的误差为0.1s，且服从正态分布，写出测量的结果表达式。

$$U_1=\frac{\Delta_{仪}}{3}=\frac{0.1}{3}=0.04\ (s),E=\frac{U_1}{t}=\frac{0.03}{20.20}=0.15\%,或=\frac{0.0333}{20.20}=0.17\%$$

结果为：$t=(20.20\pm 0.04)$

$E=\frac{U_1}{t}=0.17\%$　（注：中间运算过程可多取几位）

$(p=68.3\%)$

0. 列表法

例 伏安法测电阻

表 1 电阻 R 的伏安关系

$U\,(V)$	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

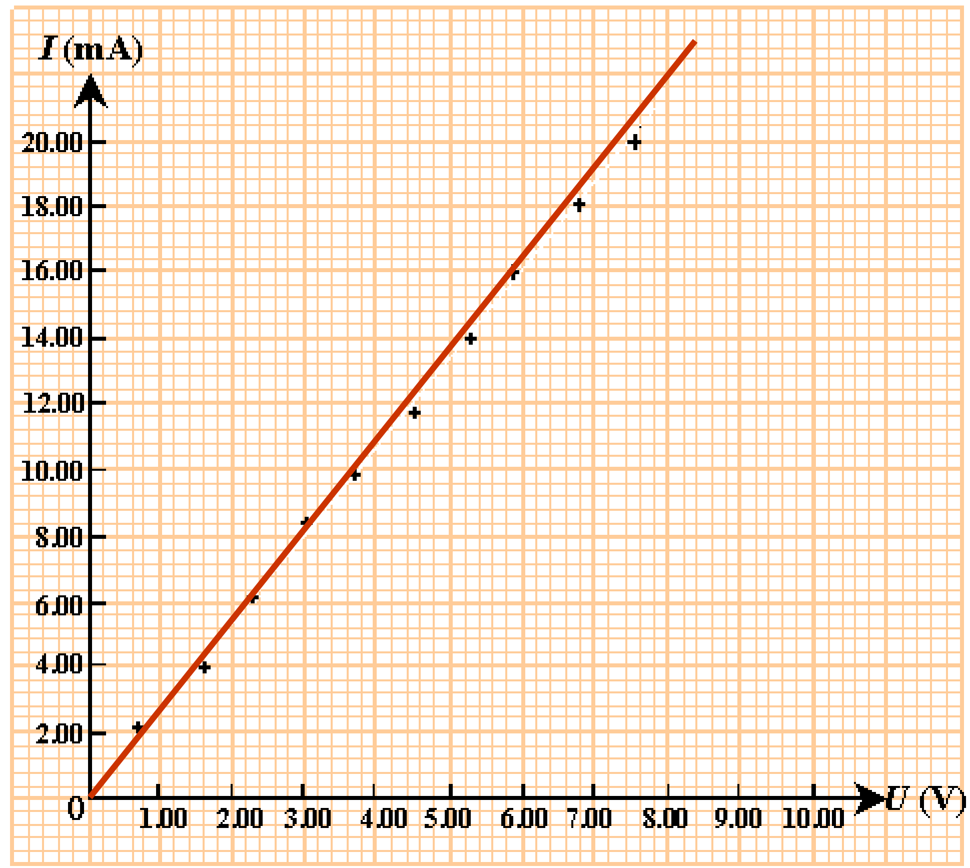
注意：物理量、单位、有效数字、数据大小排列规律

5. 实验数据处理

第九节 实验数据的列表法、图示法与图解法

1. 作图法

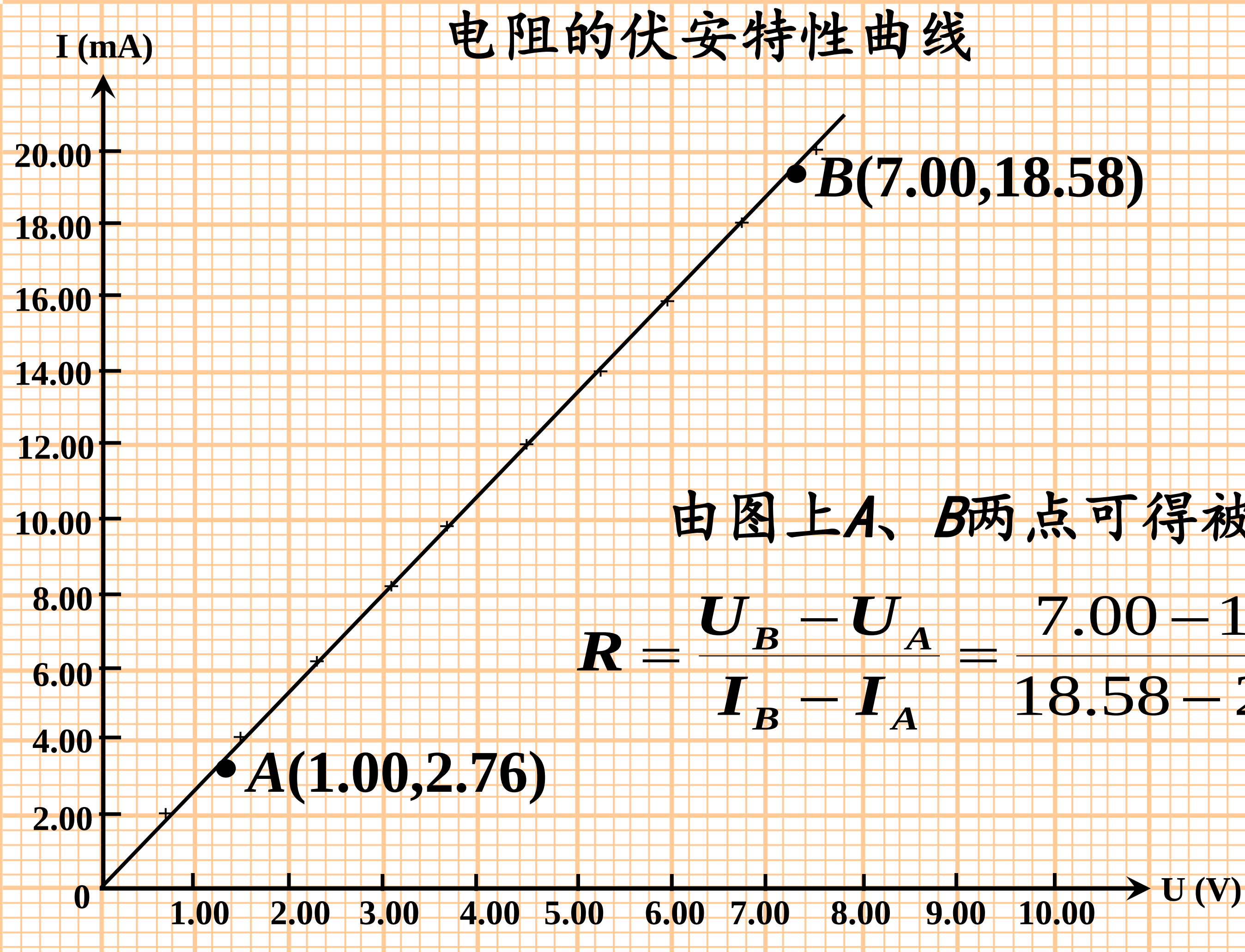
电阻的伏安特性曲线



作图的过程:

1. 选坐标纸
2. 确定坐标轴
3. 标明轴名、单位
4. 标出分度值
5. 画出数据点
6. 做曲线（直线）
7. 标上曲线名称

2. 图解法



注意：在物理实验中的坐标系中，纵坐标和横坐标代表不同的物理量，分度值与空间坐标不同，所以不能量取直线倾角求正切值的办法求斜率。

由图上*A*、*B*两点可得被测电阻*R*为：

$$R=\frac{U_B-U_A}{I_B-I_A}=\frac{7.00-1.00}{18.58-2.76}=0.379(\mathrm{k\Omega})$$

第十节 用逐差法处理实验数据

1. 采用逐差法处理数据的条件：

- 设两测量量间的函数关系为线性 $y = k\,x + b$
- x 是等间距变化的；
- x 的测量误差远小于因变量 y 的误差，可以忽略；
- 测量次数为偶数。

2. 计算方法

表 1 电阻 *R* 的伏安关系

电压(*V*)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00
电流(*mA*)	0.00	0.50	1.02	1.49	2.05	2.51	2.98	3.52	4.00	4.48

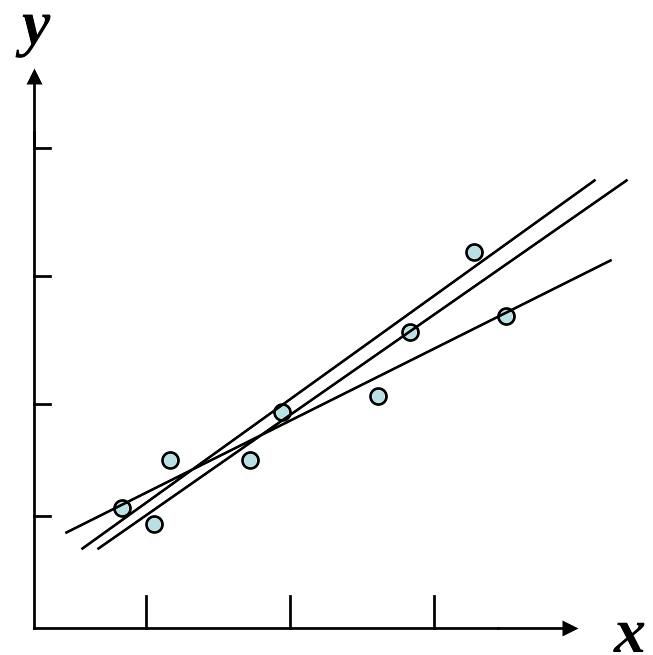
把这些数据分成五组，分别计算*R*，再求平均值。

3. 逐差法的优点

用逐差法处理数据，可以用上全部的测量数据，减少了由计算过程引起的误差。

第十一节 用最小二乘法处理数据

- 图示图解法在数据处理中虽然是一种直观而简便的方法，但是用图示图解法求斜率和截距是一种平均处理的方法，这种方法有相当大的主观成分，所做的直线有一定的随意性，结果常常因人而异。

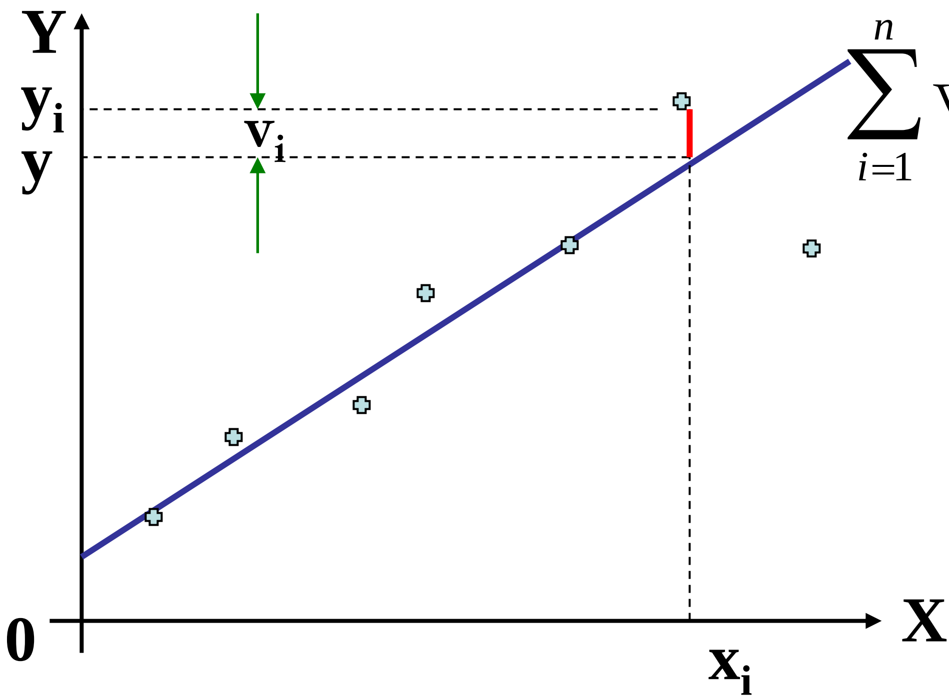


第十一节 用最小二乘法处理数据

➢ 最小二乘法原理

测量若干组数据，每个数据点的 y 都有一定偏差。

最小二乘法要求所求得的 k 和 b，应使测量量 y 的偏差的平方和最小。



$$\sum_{i=1}^{n} v_i^2 = \sum_{i=1}^{n}[y_i-(kx_i+b)]^2 = \min$$

y 的偏差可从图上看出：

$$v_i = y_i - y$$
$$= y_i-(kx_i+b)$$

第十一节 用最小二乘法处理数据

➢ 最小二乘法处理数据的计算过程

根据$\sum_{i=1}^{n} \mathrm{v}_i^{\ 2} = \sum_{i=1}^{n} [y_i - (kx_i + b)]^2 = \min$

k 和 b 应满足二元函数的极值条件，即

$$\begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial k}\left(\sum_{i=1}^{n} \mathrm{v}_i^{\ 2}\right) = 0 \\ \dfrac{\partial}{\partial b}\left(\sum_{i=1}^{n} \mathrm{v}_i^{\ 2}\right) = 0 \end{cases}$$

从而求得 k 和 b 的值应为

$$\begin{cases} k = \dfrac{\bar{x}\,\bar{y} - \overline{xy}}{\bar{x}^2 - \overline{x^2}} \\ b = \bar{y} - k\bar{x} \end{cases}$$

计算时需注意“平均值的平方”与“平方的平均值”间的差别。

第十一节 用最小二乘法处理数据

相关系数的计算

既然x的变化会引起 y 的变化，说明它们是相关的。

可用相关系数描述求得的最佳直线靠近各实验点的程度。

相关系数定义为：

$$\gamma = \frac{\overline{x \cdot y} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{\sqrt{(\overline{x^2} - \overline{x}^2)(\overline{y^2} - \overline{y}^2)}}$$

γ值处于1与0之间。接近于1，则说明各实验点都比较靠近所求直线，两个变量间的线性度很高。

γ值接近于0，说明两个变量间没有线性关系。

最小二乘法举例

测得x，y 两个物理量的数据如表中所示，试用最小二乘法进行拟合，求出回归方程。

编号i	x_i	y_i
1	15.0	39.4
2	25.8	42.9
3	30.0	44.4
4	36.6	46.6
5	44.4	49.2

解：计算列表如下

编号i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$
1	15.0	39.4	225	1552	591
2	25.8	42.9	666	1840	1107
3	30.0	44.4	900	1971	1332
4	36.6	46.6	1340	2172	1706
5	44.4	49.2	1971	2421	2184

（1）求各平均值

编号i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$
$\sum$	151.8	222.5	5102	9956	6920
平均值	30.4	44.5	1020	1991	1384

- （2）根据最小二乘法公式求斜率和截距：

$$a=\frac{\overline{xy}-\overline{x}\cdot\overline{y}}{\overline{x^2}-(\overline{x})^2}=\frac{1384-30.4\times 44.5}{1020-30.4\times 30.4}=\frac{31}{96}=0.32$$

$$b=\overline{y}-a\overline{x}=44.5-0.32\times 30.4=34.8$$

- （3）求相关系数，检验y和x的线性关系

$$L_{xy}=\overline{xy}-\overline{x}\cdot\overline{y}=1384-30.4\times 44.5=31$$

$$L_{xx}=\overline{x^2}-(\overline{x})^2=1020-30.42=96$$

$$L_{yy}=\overline{y^2}-(\overline{y})^2=1991-44.52=11$$

$$R=\frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx}\cdot L_{yy}}}=0.95$$

- 结论：
- 变量*x*和*y*之间有良好的线性关系。
- 回归方程为： $y=0.32x+34.8$

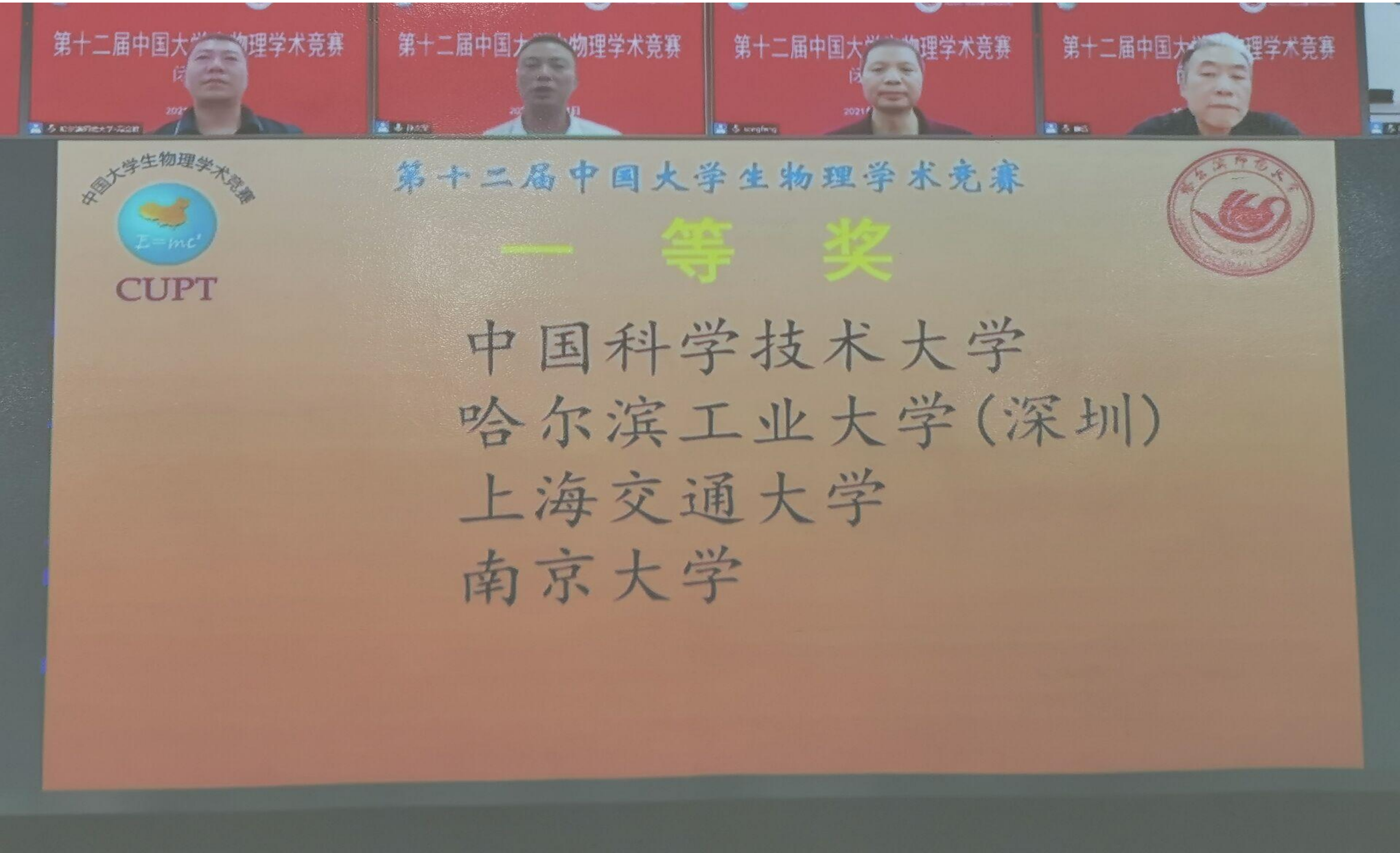
6. 中国大学生物理学术竞赛（CUPT）介绍

【哈工大（深圳）宣】8月21日至24日，第十二届中国大学生物理学术竞赛（CUPT）在线上进行，来自全国62所高校的63支代表队参加竞赛。经过三天五轮的激烈角逐，哈工大（深圳）代表队凭借出色表现，以总分第五名的成绩荣获一等奖。这是哈工大（深圳）自2018年参赛以来首获全国一等奖，也是该赛事自创赛以来广东省高校首获全国一等奖。哈工大校本部代表队以总分第一名的成绩荣获特等奖。

哈工大（深圳）代表队由机电工程与自动化学院2019级本科生彭陈端仪、邹梓晴、徐奕扬、马光远，2020级本科生陈逸涵，电子与信息工程学院2019级本科生张成洋组成。

6. 中国大学生物理学术竞赛（CUPT）介绍

6.中国大学生物理学术竞赛（CUPT）介绍



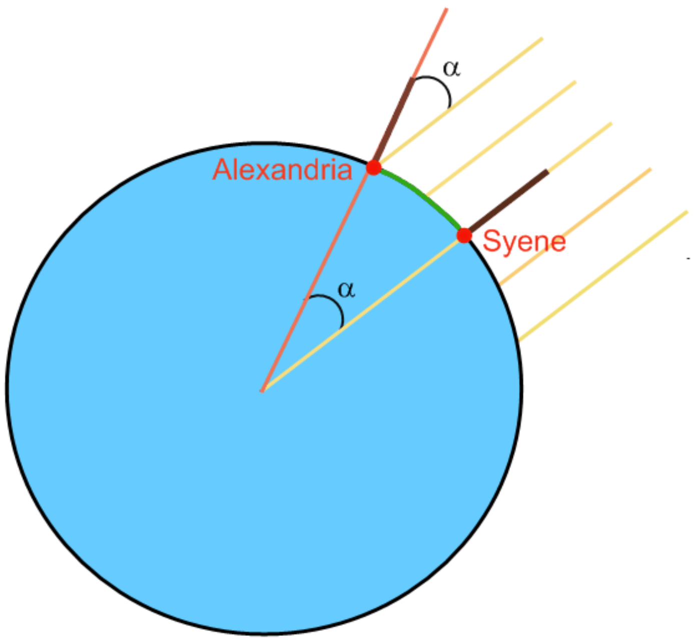
6.中国大学生物理学术竞赛（CUPT）介绍

哈工大（深圳）代表队合影

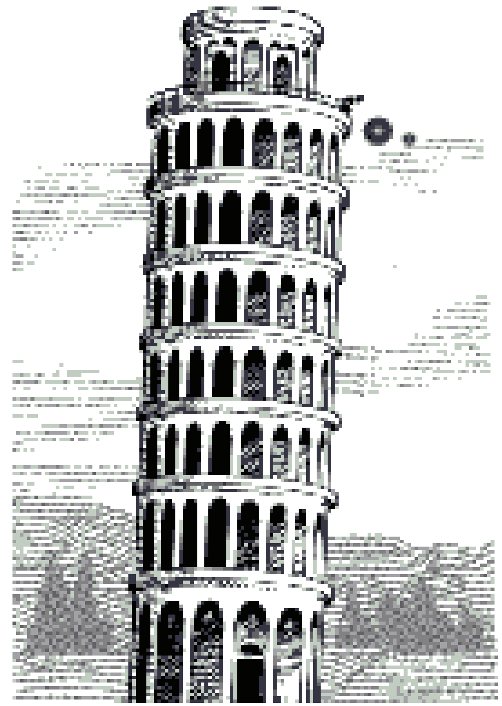
6. 中国大学生物理学术

- 2022年度校队即将招收
- 关于组织报名2022年中
  竞赛通知，请同学们注
  中心-通知公告
- 招新QQ群：

物理学十大经典美丽实验

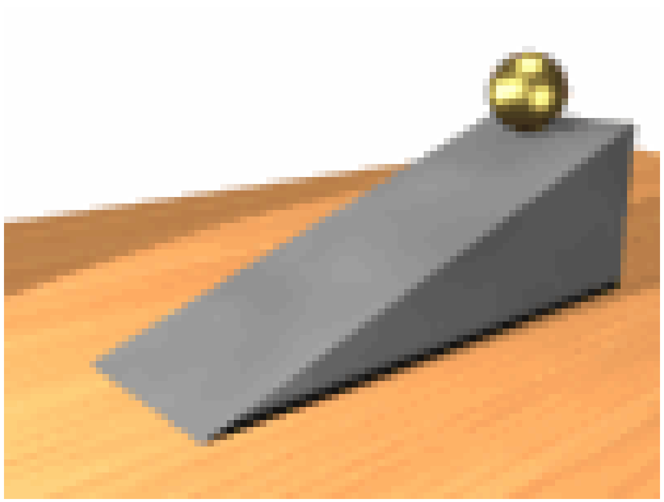


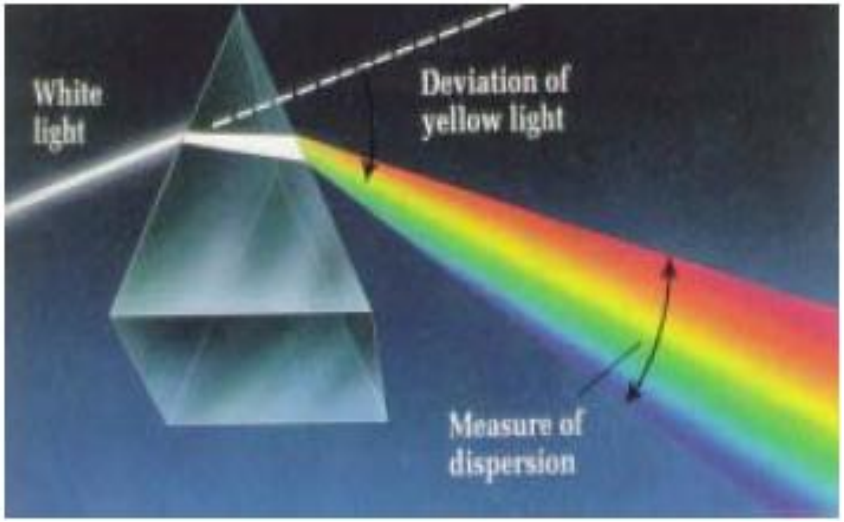
Eratosthenes' measurement of the Earth's circumference（公元前3世纪）
埃拉托色尼测量地球圆周



Galileo's experiment on falling objects（16世纪末）
伽利略的自由落体实验

物理学十大经典美丽实验

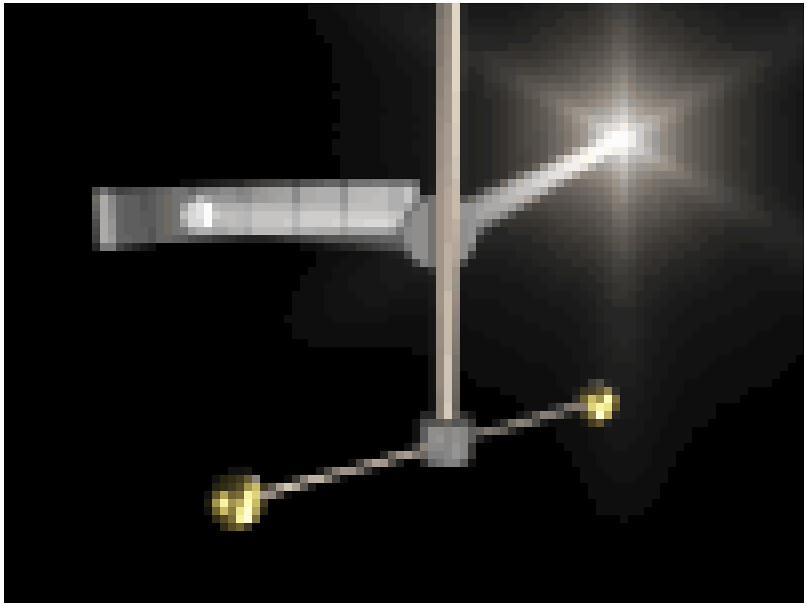




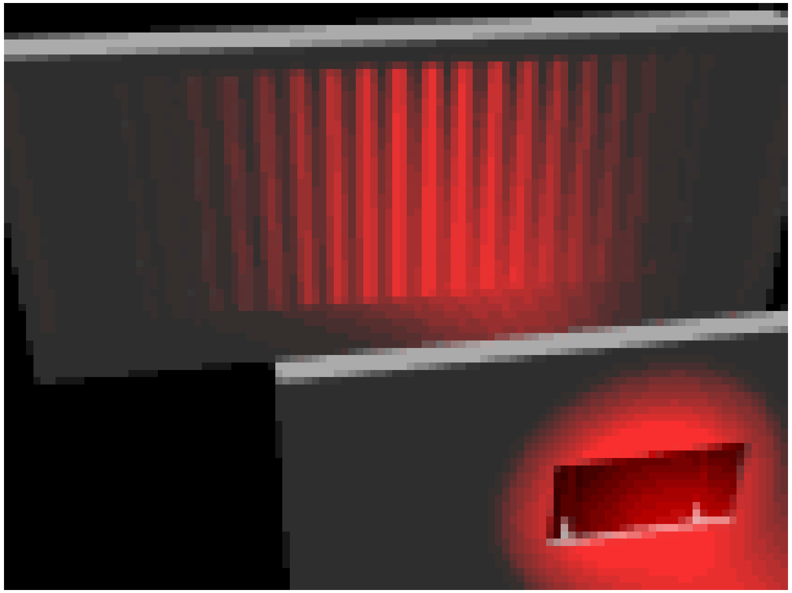
Galileo's experiments with rolling balls down inclined（16世纪末）
伽利略的加速度实验

Newton's decomposition of sunlight with a prism(1665-1666)
牛顿的棱镜分解太阳光

物理学十大经典美丽实验

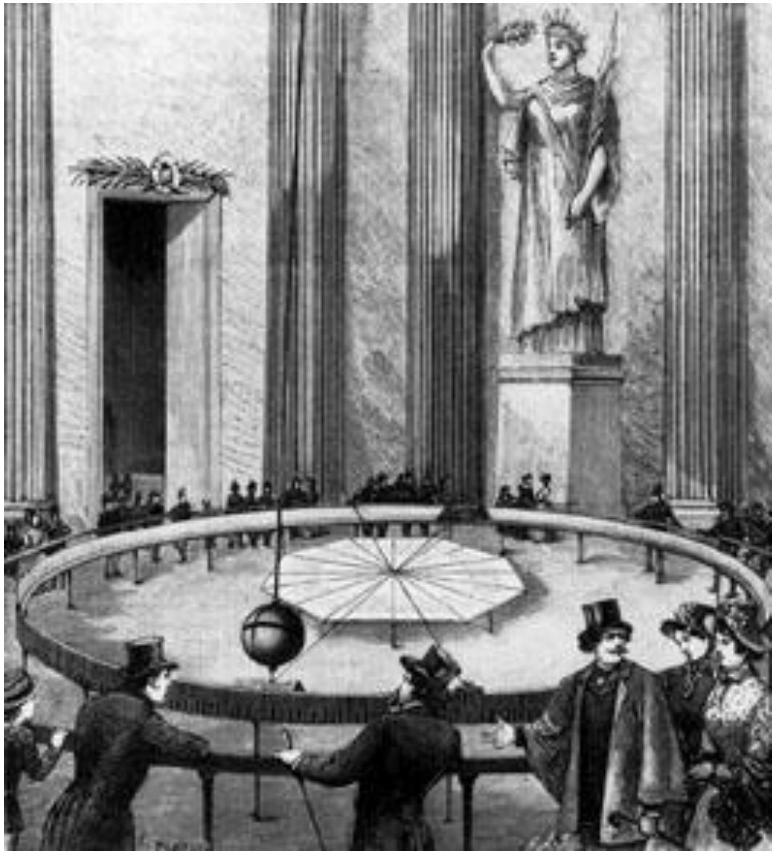


Cavendish's torsion-bar experiment（1798）
开文迪许扭称实验

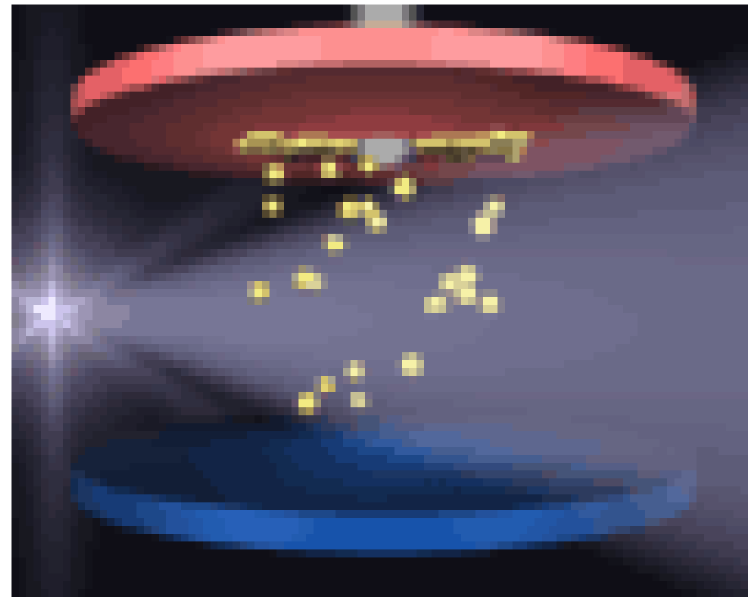


Young's light-interference experiment(1801)
托马斯 杨的光干涉实验

物理学十大经典美丽实验

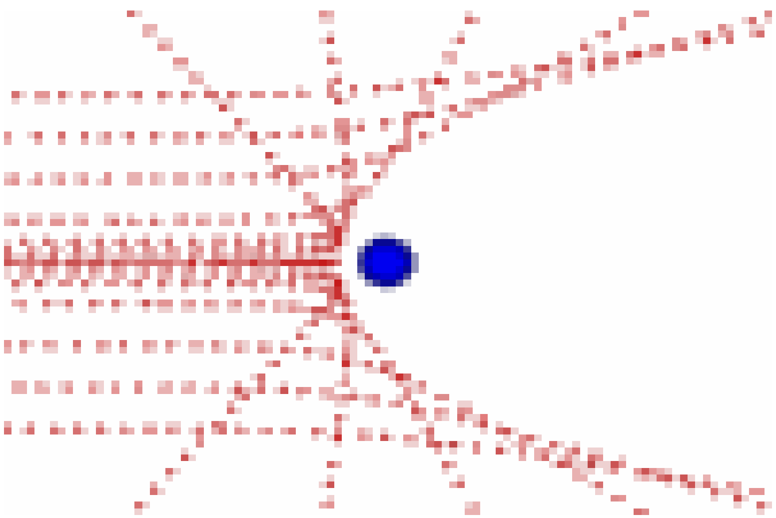


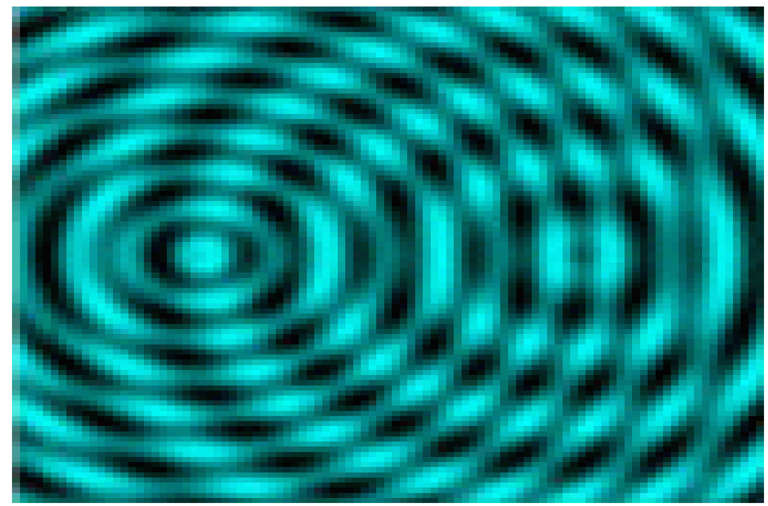
Foucault's pendulum
（1851）
米歇尔 傅科钟摆实验



Millikan's oil-drop experiment
（1909）
罗伯特 密立根的油滴实验

物理学十大经典美丽实验





Young's double-slit experiment applied to the interference of single electrons（1961）

托马斯·杨的双缝演示应用于电子干涉实验

Rutherford's discovery of the nucleus（1911）

卢瑟福发现原子核结构