

24

# 普通物理實驗

广东林学院

物理教研組編

1962.2

# 普通物理实验目录

序 言	.....	( 1 )
緒 論	.....	( 2 )

## 力 学

实 驗 一	游标尺、螺旋测微计及读数显微镜的使用.....	( 6 )
实 驗 二	分析天平使用法.....	( 11 )
实 驗 三	物体转动惯量的测定.....	( 14 )

## 分子物理与热力学

实 驗 四	热功当量.....	( 16 )
-------	-----------	--------

## 电 磁 学

实 驗 五	电场分布观察.....	( 18 )
实 驗 六	铅蓄电池的使用与维修.....	( 20 )
实 驗 七	万用电表基本原理及应用.....	( 24 )
实 驗 八	电桥的使用.....	( 28 )
实 驗 九	电位差计电池电动势.....	( 37 )
实 驗 十	温差电偶的定标.....	( 40 )
实 驗 十一	铁磁物质的磁滞回线.....	( 42 )
实 驗 十二	二极管整流和三极管放大.....	( 45 )

## 光 学

- 实验十三 显微镜.....(49)
- 实验十四 照 相.....(53)
- 实验十五 繞射光栅.....(56)
- 实验十六 量糖計.....(58)
- 实验十七 用牛頓环測定光波波长.....(61)

## 近代物理

- 实验十八 光电效应(附繼电器的应用).....(63)
- 实验十九 晶体三极管基本参数測量.....(67)
- 实验二十 光譜譜綫及其波长的測定.....(72)
- 实验廿一 定标器.....(74)

# 普通物理实验

## 序 言

普通物理实验是具有独立性的一门课程，它不论在系统上或在目的和任务上都不是作为附属普通物理课堂讲授课程而存在的，在我院它是教学计划中不可分割的一个重要组成部分。从这种认识出发，在编写这本教材的过程中，对实验内容与项目，我们首先是按照普通物理实验本身的系统来编写的。但在无伤本身系统范围内也尽量照顾到课堂讲课的内容和进度，以期使学生对课堂讲授有更深刻更具体的了解，也可减少学生在进行实验时所碰到的理论上的困难。学生必须从思想上明确，这样做只是实验教学的效果，而不是实验课程的主要目的。

本实验指导书的内容是根据我院设备逐年发展情况、不同专业要求及学生实际水平，通过集体力量逐步修增而成的。整个内容是由最基本的量度到一般，由简单的到比较复杂的，由初级的到比较高级的，照顾到理论上的难易和技术上的简繁，同时也考虑到文字表达上的简明易懂，务求各个实验本身都有它独立完整的系统，使学生阅读后基本上能独立进行实验，不受课堂讲课进度的牵制，这也是符合目前普遍采用循环制进行实验的要求的。实验项目共21个，计力学3个，分子物理与热力学一个，电磁学8个，光学5个，近代物理4个，每个实验要求在2个课时的时间内完成。对林学、森工（包括林机）、林化等系和专业可按情况酌加选择。

为了严格对实验报告的要求，培养学生对实验的认真严肃态度，本指导书另附“普通物理实验报告”一本。

本实验指导书的编写和付印是在系和学院党政领导大力支持和鼓励下，由物理教研组全体教师的集体努力完成的。参加编写工作的有周耀燮、吴世宦、李德铭、曾清华、林永臻、罗式源、许汉潮、谢爱莲等同志，参加校稿的有庞英俊、夏应保、邓统业、崔国游、安富胜、曾耀南等同志，由于缺乏经验和水平等各种条件的限制，其中错误仍属难免，希望采用这指导书的师友们多予指教，俾便以后有所改进。

本指导书中的绘图工作，得到李茂宁同学的协助，于此谨表谢意。

普通物理教研组

1962年2月1日于黄婆洞

# 緒 論

## 普通物理實驗的目的要求

物理学是自然科学的基础，又是以实验为基础的科学。每一个定律的正确性都要由实践或实验来验证。可见实验在物理学中有何等重要的意义！

普通物理学的实验目的，在于熟悉有关运用实验方法来研究物理学，学会物理测量的基本方法，培养对现象观察分析和综合的能力，更深刻地了解某些自然现象和规律；同时掌握相应的基本技能。

为此，要求在实验前，必须细心阅读实验讲义和堂授课中有关的理论部分。在充分了解所做实验的原理，目的要求，程序，仪器的构造型号，规格及其用法，以及实验过程中要注意的事项等后，方可开始实验，决不可单按指导中所列的步骤，不开动脑筋，机械地去进行实验，急于求成，草率了事。做实验更不在于仅仅求得实验结果(数据)，而在于原理方法的理解和正确的实验态度的培养。只有这样，才能把实验做好，达到实验的目的。

## 关于测量的误差

物理量的测定，是依靠人类易于变化的感觉(如视觉、听觉等)和利用适当的仪器来得到客观的判断，但是无论使用如何精密的仪器，无论选择什么良好的实验方法和提高实验技术，测定值的最后决定，仍基于观察者的感觉(主要是视觉)来做最后的判断。这是所有的观察都不可避免的事情。所以观测中经常带有一定程度的不准确性。观测所得的值叫观测值。观测值所带的不准确度叫做误差。设某物理量的观测值为 $N$ ，其真值为 $M$ ，则其误差 $\Delta N = M - N$ 。

误差产生原因：

一、个人的误差：是由于观察者的习惯和实验修养不好产生的误差。例如用停表测时间，有人按表较早，亦有人按表稍迟。

二、理论的误差：当求不能直接测量的物理量时，必先测定与该量有关而可以测定的其他量，然后利用这些量之间的关系，把所要寻求的物理量计算出来。如果所用的关系式含有理论上的误差，则无论怎样精密地去测量这些有关的量，其计算结果必然存在着误差，这种称为理论的误差。例如测量物体重量时，未有考虑到空气的浮力。

三、仪器的误差：这是由于所用仪器不正确而产生的。如米尺的制作是在 $0^{\circ}\text{C}$ 时，而用时在 $10^{\circ}\text{C}$ 。

四、偶然误差：因为我们进行实验决不可能与外界所有事物都不发生关系，而外界的事物又在时刻变化着，这些变化着的周围事物使实验过程中的现象发生变化，其对仪

器精确度的影响也随时在变化；其次因我们的感觉有缺点，使每次读数不完全一样。这些误差一般称为偶然误差。经多次反复进行同一测量可以减少偶然误差，因我们没有根据认为测量结果对真值的偏差在某一方面比另一方面更为可能。所以经多次测量选取比较接近的结果取其算术平均值比各次测量结果更接近于真值。

误差有绝对误差和相对误差两种，现把常用的说明如下：

设  $N_1, N_2, \dots, N_k$  是多次测量的结果， $K$  是测量的总次数， $N$  为  $K$  次的算术平均值。

$$N = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_k}{K}$$

最接近于被测量的真值。各次测量与这平均值之差，即

$$\Delta N_1 = N - N_1, \Delta N_2 = N - N_2 \dots$$

叫做各次测量的绝对误差。而

$$\Delta N = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \dots + \Delta N_k}{K}$$

则叫做平均绝对误差。

我们又把比值  $\frac{\Delta N_1}{N}, \frac{\Delta N_2}{N}, \dots, \frac{\Delta N_k}{N_k}$

各量，叫做各次测量的相对误差。而平均相对误差由平均绝对误差与各次测量的平均值之比来决定，即

$$E = \frac{\Delta N}{N} \times 100\%$$

相对误差在判断实验结果的准确度时有更大的实际意义，因为它可以表示出测量结果的好坏，而仅仅考虑绝对误差就不能做到这一点。

误差的表示：在测量中总会有估计的数，例如：用米尺测量长度，米尺上最小的刻度是毫米，观测者在测量时发生物体的长度是在6.4厘米与6.5厘米之间，还可以估计物体的长度到0.1毫米，这时，就得到比毫米更小的一位数字。但这个估计的数字，例如是0.3毫米，很可能比实际的长度大一些或小一些（假定实际上是0.2毫米或0.4毫米），这样我们就说这一长度的误差是0.1毫米，而表示为：

$$6.43 \pm 0.01 \text{ 厘米}$$

## 关于有效数字

直接测量一物理量，是以既定的作为单位的同类量作比较，通常所量得结果，不一定为已知单位的整数倍，小数部分只估计得到，这样写出的数字，除以表示小数点的位置的“0”以外所有的数字位数称为有效数字。例如用最小刻度为毫米的米尺来测量某物体的长度，测得12.34厘米，这数字为具有四位的有效数字。有效数字的最后一位数是可疑数字，12.34中最后一位数字“4”，因它是用眼力估计的。

有效数字的位数不受小数点位置的影响，也就是与所取的单位无关。如12.34厘米、1.234米同为四位有效数字，但是若结果写成12.340厘米则表示有四位准确数字，而结果有效数字有五位，与12.34厘米含有四个有效数字不同。虽然加上的是一个“0”，但

实际上却使数值的准确度增加了十倍，在数学上，小数点数字后号可以任意加减“0”，但物理学上的数值则不能如此。区别这种写法的不同意义是很重要的，因为同样的物理量，往往有很多单位，而这些单位的大小可悬殊，例如把地球的半径测出为6371千米，如用厘米来做单位，则637100000厘米，但两种写法是不同的。因为6371千米是表示1千米为可疑数字，以后的数字已不能量，而637100000厘米表示1以后各数确实为零，（最后一个零为可疑数字）因此用最后一种表示地球的半径是错误的。应表为 $6.371 \times 10^8$ 厘米。同样过小量可用10的负乘方相乘来表示，如将0.000001234米记作 $1.234 \times 10^{-6}$ 厘米。这种写法的好处不但能够把有效数字的位数正确地表示，而且计算时简洁，易于查看，可以避免错误。

在作实验时，通常我们直接测量几个物理量，然后经过多次运算得到所求的结果，因此对运算的结果，我们规定要保留一位可疑数字，去掉第二位数字时，用四舍五入法。规则如下：

一、凡求两个或两个以上的各数之和或差时，所得结果的可疑位数，应以各数中的最大可疑位数为准（单位当然要相同）

例：  $176.\underline{5}$ 厘米 +  $0.294$ 厘米 =  $176.\underline{8}$ 厘米

$$\begin{array}{r} 176.\underline{5} \\ +) \quad 0.294 \\ \hline 176.\underline{794} \end{array}$$

因为7已是可疑，所以94两位就没有意义，可以略去，在略去时要四舍五入，结果应写为176.8厘米。

二、在乘除法中计算结果的有效数字，其位数与各数中有效数字位数最少的位数相同。

例：  $121.\underline{23} \times 1.\underline{24} = 1.\underline{50} \times 10^2$

$$\begin{array}{r} 121.\underline{23} \\ \times \quad 1.\underline{24} \\ \hline 24246 \\ 24246 \\ \hline 12123 \\ \hline 150.3252 \end{array}$$

因此由于4是可疑数字，那么它所乘出的数字都是可疑数字，所以结果只有三位有效数字，即所得结果的有效数字的位数，与乘数（1.24）的有效数字的位数相同。但是由于要正确表明小数的位置和应得的有效数字位数，所以把它写成指数的形式： $(1.\underline{50} \times 10^2)$

三、测量值和常数相乘除时，以测量值的位数为准。

如  $72.\underline{4} \times 3 = 217$

四、测量值和已知量相乘时，要依测量的位数来选择已知量的位数。

例：  $0.25 \times \pi$  时，则 $\pi$ 取3.14三位，较测量值多取一位，即

$$0.25 \times 3.14 = 0.79$$

但如  $1.023 \times \pi$  时，则  $\pi$  取 3.1416 五位，即

$$1.023 \times 3.1416 = 3.221$$

## 应 注 意 的 事 项

一、做好实验的准备工作：实验开始前必须将有关的教材（指导书等）仔细阅读。要做到明确这实验的目的要求，实验所依据的原理，实验的装置，每一步骤的做法及其意义，并估计可能发生的困难，误差的避免或减少，及其他应注意的地方。实验前应能顺利回答教师抽问，否则应另找时间补做实验。

二、开始实验时先找出其本人的组号，检查实验仪器，在实验时对每一实验步骤应细心观察，切不可贪快贪侥幸，商讨问题应放低声音。

三、使用仪器必须小心，特别是电学仪器，在进行电学实验时，不得自行连接电源，必须在教师对连接线路检查之后方可连接。如果损坏仪器，立即报告指导老师，如因违反操作规程，损坏仪器，应照价赔偿。

四、实验完后，应将仪器与用具整理好，请教师检查验收，并将原始数据交教师签字后始得离室。每人应准备一本实验笔记簿（用钉好的练习本，不可用活页本），以备实验时记录及计算之用。

五、实验报告应在实验后三天内缴交，以便教师及时批改与评定成绩。交实验报告时应连同原始数据一起缴交。



# 实验一 基本测量

本实验包括游标尺、螺旋测微计和读数显微镜的使用。

## 实验目的:

长度测量是物理实验中最重要、最基本、最常用的测量之一，本实验介绍在长度测量中最常用的游标原理，以及精确测量长度用的游标尺、螺旋测微计和读数显微镜的使用方法。在此后很多实验所用到的仪器中，常常应用这些测量原理和方法，所以必须熟练地把它掌握。实验要求达到：

- 一、懂得游标尺、螺旋测微计的原理及使用方法；
- 二、学会测量微小物体长度的原理，掌握读数显微镜的使用方法。

## (I) 游标尺

### 游标原理:

在许多情形中，测量长度时所需要的绝对准确度，要比原尺测量的准确度提高10倍或更多些。这样的准确度用普通米尺来测量是不能达到的，但是在普通的米尺上装上一副尺来测量就可达到。这样的副尺叫做游标。直游标就是可以沿着主直尺滑动的小直尺，如图1-1，其中刻有 $m$ 个小分度。

$m$ 个分度的总长和主尺上 $m-1$ 个最小分度的总长相等，例如游标尺上的10个分度的总长与主尺上9个分度的总长相等。

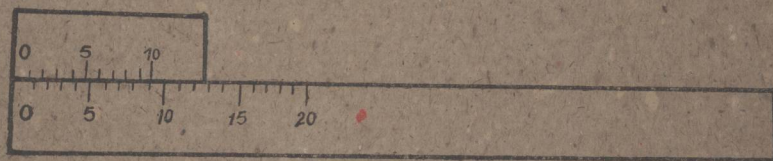


图1-1

以 $x$ 表示游标上每一分度的长， $y$ 表示主尺最小分度的长，有下列关系式：

$$mx = (m-1)y. \quad (1-1)$$

游标上每一分度的长：

$$x = y - \frac{y}{m}. \quad (1-2)$$

而游标的每一分度 $x$ 与主尺的每一分度 $y$ 之差是

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{m} \quad (1-3)$$

这量叫做游标尺的准确度。也就是主尺每一刻度与游尺每一刻度的长度之差。

平常所用的游标尺，主尺的最小分度为1毫米，游标有10个分度，如图1-1，其准确度  $\Delta x = 0.1$  毫米。游标的准确度视主尺上的最小分度和游标上的分度而定。如果主尺上的分度为1毫米，游标上有20分度，则其准确度达到：

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{m} = \frac{1}{20} = 0.05$$

其余的可类推。

准确度在测量中的作用是十分明显的。测量物体长度时，往往遇到这种情况：譬如比第K个毫米长了一些，而比第K+1个毫米又短了一些。究竟长了多少呢？这多出来的这部分长度从主尺上读不出来。可是从游标上，我们看到，当游标向右移  $\Delta x$  时，则游标的第1个刻度与主尺的第K+1个刻度重合；向右移  $n \cdot \Delta x$ ，则游标的第n个刻度与主尺的第K+n个刻度重合。令多出来的这部分长度为  $\Delta L$ ，则：

$$\Delta L = n \cdot \Delta x \dots (1-4)$$

设物体长度为L，则：

$$L = Ky + \Delta L$$

$$\text{从(1-4)得: } L = Ky + n \cdot \Delta x \quad (1-5)$$

$$\text{从(1-3)得: } L = Ky + n \cdot \frac{y}{m} \quad (1-6)$$

这一结果可以叙述如下：用游标尺来测量物体的长度时，它等于主尺整数分度的读数加上游标的准确度与游标上和主尺某刻度重合的刻度读数之乘积。

## 仪器设备：

游标尺一支，厚壁钢管一条；100克砝码一个。

## 仪器描述：

游标尺（如图1-2）的主尺LM的最小刻度是毫米，垂直于主尺长度方向有二对钳口FF'和AA'，FA是固定的，F'A'可以沿着主尺LM移动，其夹套在靠近主尺的边缘处刻有刻度，即游标。当钳口A'与固定在主尺的钳口A相靠紧

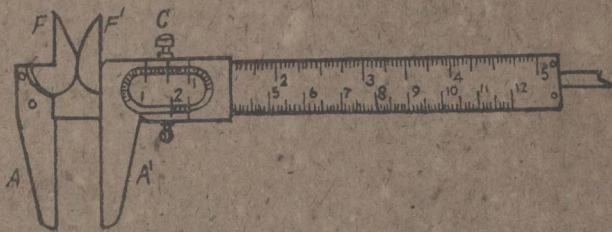


图1-2

时，游标的零点和主尺零点重合，这时F与F'垂直面也刚好紧接，故两钳口离开时，其间的长度等于游标零点和主尺零点之间的长度。

## 实验步骤：

一、测厚壁钢管的体积：

要測量管的體積，必須先測量管的長度和內外直徑：

(一) 測量管的長度：

將游標尺的鉗口充分分開，將管置于鉗口之間，移正鉗口A'把管輕輕夾住，記下讀數，重復測量兩次，每次測量前將管繞其軸轉一角度(約45°)，取測得結果的平均值。

(二) 測量管的外徑：

把管的两測置于鉗口之間，測出直徑的值，然後將管轉過約90°，測與這個直徑相垂直的那一直徑的值。在管的不同位置按同法測量兩次，取其平均值。量時要輕輕地夾在两鉗口之間，并永遠保持與尺互相垂直。

(三) 測量管的內徑：

將游標尺的FF'部分插入管內，再將FF'部分分開，直到它們分別緊靠着管的內壁為止，記下讀數。再測量與前者相垂直的那一直徑。在管的另一端也同樣地測量，共測三次，取其平均值。

(四) 依據以上所測的數值計算管的體積。

二、測100克砝碼的厚度和直徑。

可按(一)(二)步驟進行。

## (II) 螺旋測微計

### 基本原理與儀器描述

螺旋測微計的原理與游標尺相仿，準確度一般比游標尺要高10倍，其構造如圖1—3所示：a是固定在鉗中部分的截面，b是同螺旋s一起能左右移動的截面。在尺c上的每一分度等于s上螺旋的螺距，這螺距普通為0.5毫米，在固定于螺旋套E的邊緣d上有50個分度。由于螺旋轉一圈時，b移動了0.5毫米，所以當螺旋只旋轉一個分度時，b移動的距離等于

$$0.5 \times \frac{1}{50} \text{ 毫米} = \frac{1}{100} \text{ 毫米。}$$

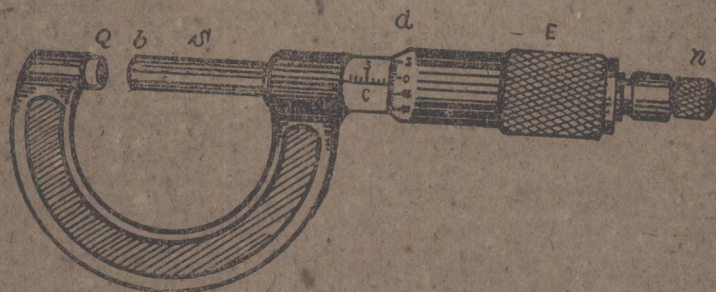


圖1—3

誤差的主要来源是螺旋將待測物体紧压程度不一致，为了消除这一缺点，測微計的把手  $n$  装有一棘輪，当每次旋轉到棘輪滑过时，螺旋对物体的压紧程度便一致了。

## 仪器設備

螺旋測微計一把；銅綫一条；20克砝碼一个。

## 实验步驟

一、測銅綫的直径：

(一) 旋轉  $n$  至  $ab$  互相接触，观察  $d$  上的零点是否与  $c$  綫相合，相差不多时，可記下起点讀数  $S_0$ 。如果相差太大，可請教老师校正。

(二) 將  $ab$  分开插入欲測直径的銅綫，再轉  $n$  使与  $ab$  銅綫接触，讀出  $c$  上的毫米数，再加  $d$  上所示的毫米百分数（如有  $S_0$  应将讀数  $S_1$  減  $S_0$ ），即得銅綫的直径。

(三) 在不同的位置反复測銅綫直径三次，取其平均值。

二、測20克砝碼的厚度。

依（二）法測20克砝碼的厚度。

## (III) 讀数显微镜的使用

### 基本原理

应用光学透鏡，把微小物体放大，用螺旋使透鏡作微小移动，通过游标尺讀出物体的綫度大小。

### 仪器描述

讀数显微镜的正视图，如图 1—4 所示。T 为一显微镜，內置叉絲，CD 为一刻有每分度为 1mm 的尺，是固定在座架上的。与 T 相連在一起的有游标 EF，EF 上有 100 个分度。螺旋 S 是与显微镜 T 及游标 EF 連在一起的。旋轉 S 能使 T 及 EF 沿 CD 左右移动，如图 1—5 是俯视图。A 是讀数用的放大鏡（EF 装在 A 內）。

在开始进行測量球的直径或其他物体綫度时，必須調整叉絲的位置，使其一条中 CD 平行，則另一条必与 CD 垂直。如图 1—6 a 所示：

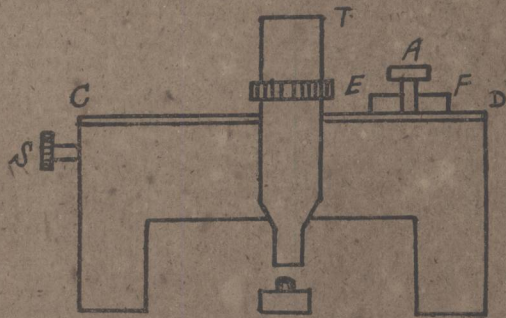
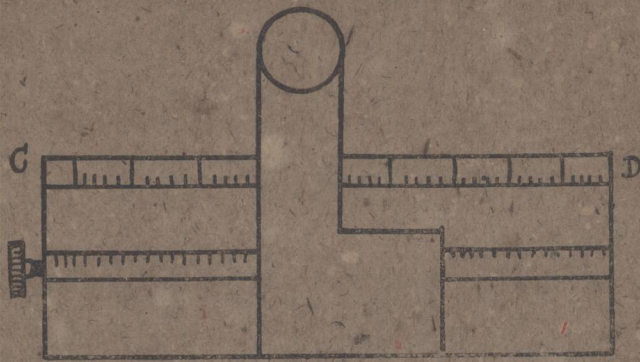


图 1—4



1—5

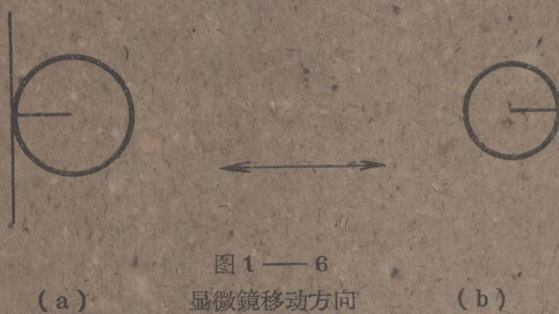


图 1—6

(a)

显微镜移动方向

(b)

旋轉螺旋 S，在显微镜中观察叉絲的移动，与叉絲平行的叉絲始終保持平行，与 CD 垂直的叉絲依次与小球两边相切，叉絲的交点即切点，如图 1—6 (b) 所示，在标尺上讀出两次相切的讀数，这两个讀数之差就是小球的直径。

## 仪器設備

讀数显微镜一架；小鋼珠一个；有缺陷零件一件。

## 实验步驟

### 一、測小滾珠：

(一) 調节目鏡的焦点：先在目鏡下面放一张白紙，将目鏡慢慢旋出或旋进显微镜筒，使看見的十字叉絲最清楚；移視他处，再次观看，如果十字叉絲不象前次那样清楚，还須重新較正。

(二) 調节显微镜的焦距：調整显微镜的高低位置，但不可改变目鏡的焦点，在調节物鏡与被量物体之間的距离时，必須注意将物鏡降到最低位置时，非常靠近物体但不能接触到。然后才从显微镜中注視着将物鏡緩慢升高，直至看到清晰物象为止。

(三) 使叉絲远离物体一些，然后用螺旋 S 使叉絲与物象相切，記讀数。繼續按同一方向旋轉使与另一处相切，記下讀数。

## 預习要求

一、到实验室熟悉游标尺、螺旋測微計、讀数显微镜的基本构造。

二、思考游标尺准确度的意义与作用。想通为什么“ $\Delta L = n \Delta x$ ”。

三、使用讀数显微镜时，为什么要远离些再旋 S 使叉絲相切，然后再按同一方向使叉絲与另一处相切？

## 实验二 分析天平使用法

### 实验目的:

了解天平的构造,学会分析天平的正确使用方法,通过灵敏度的测定更精确地求出物体的质量。

### 基本原理:

天平是利用杠杆原理制成的测量物体质量的仪器。同在地球上某处,质量相同的物体,所受的重力相同。天平即利用此原理,把欲测定其质量的物体所受重力,与标准质量之物体(砝码)所受重力相比较,而确定其质量。

### 仪器设备:

一、分析天平(附砝码);二、待测物体。

### 天平的描述:

这里所說的是精密的分析天平。这种天平,放在玻璃柜子中。天平由等臂杠杆做成,这个杠杆叫天平的横梁,在梁的中点嵌有玛瑙做的棱柱a(图2-1 a),它的刀口作为梁的支点。直立圆柱顶端嵌有磨光的长形玛瑙垫,当此垫上升时,横梁和秤盘就可

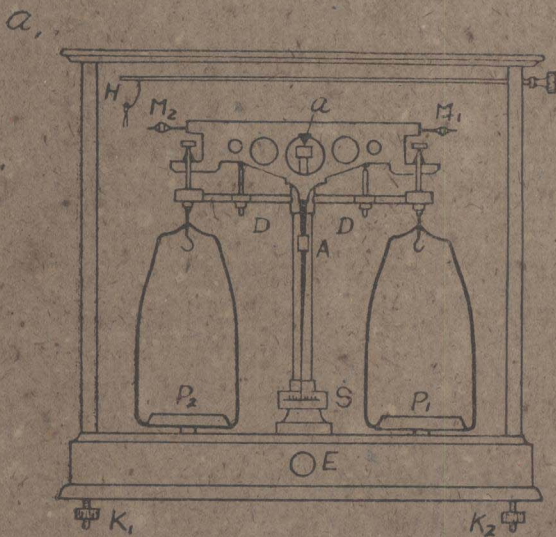


图2-1

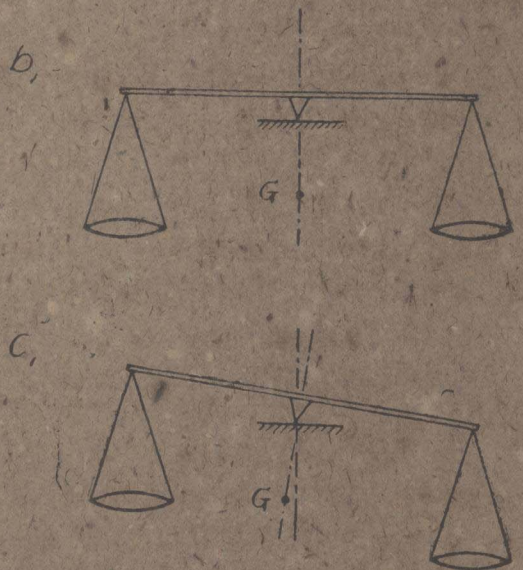


图2-2

以离开止动架而摆动。在梁的两端距中央等距处有較小的二稜柱，用来悬挂秤盘 $P_1$ 和 $P_2$ 。通过标度尺 $S$ 前的长指針，可以确定橫梁的位置。天平的设计，务使橫梁各部分和秤盘等的重心恰好在稜柱 $a$ 的刀口下不远处(图2—1b)。所以当稍动右盘时，橫梁的右边下落(图2—1c)，稜柱所支持的橫梁和秤盘的重心 $G$ ，向左稍作迁移，而产生回复力矩，可以使橫梁有回复原来位置的趋势，因此天平摆动。长指針附有一个小重物 $A$ ，它的上下移动，可以变化橫梁等物的重心的高低。如果小重物向上移，則重心更趋近支点，那么由于橫梁的傾斜，引起的回复力矩較小。在此情况下，只要两盘有些小的重量差，也会引起橫梁頗大的摆动。也就是說，天平的灵敏度因小重物的上升而增加了。不用天平的时候，应使三个稜柱和瑪瑙垫分离，以免刀口受到压力，引起无謂的損耗。天平的止动与开放是通过直立圓柱下面的旋鈕 $E$ 来控制。

## 实验步骤:

### 一、水平调节

(一)为使橫梁完全水平，天平的直立圓柱应居鉛直方向。这可以通过挂在柱后的圓錘与其下方固定的尖端是否对准来检查；如果不对准可以调节天平箱下的前台脚螺旋 $K_1, K_2$ 来对准。

(二)扭动 $E$ 把橫梁开放，两盘均沒有負載，指針应在标度尺的中点左右作几乎等幅的摆动。如果左右分度差在二个分度以上时，轉动橫梁两端的小重物 $M_1, M_2$ ，可以調整。这种調整需要高度謹慎和熟練，应在老师指导下才許进行。

### 二、确定天平的零点:

如果稜柱与瑪瑙垫二者之間沒有摩擦，天平靜止时，是停在平衡位置上的，这时指針在标度尺上所指的刻度称为停点。两个秤盘都沒負載时所得的停点，一般称为零点。至于不是空盘的平衡位置，就叫做停点。在实验中如果等待天平摆动停止后，来記取停点，一方面費时太多，同时摩擦力的影响将使这样的停点与真实的平衡位置有一定的差异。下面介紹摆动的方法，只要稍加計算，很快地就可以得到可靠的結果。

当天平两盘沒有負載，开放止动架，天平即自由摆动，这时指針在左右极端的讀数叫回归点。令左边的讀数为 $a_1$ ，右边的讀数为 $a'_1$ 。现在記取連續两个回归点的讀数 $a_1, a'_1$ ，則 $\frac{a_1 + a'_1}{2}$ 即为零点。但是由于摆动时受到摩擦的影响，若左边的振幅比右边的大，因此計算出的零点偏于左边。但如果記取三个連續回归点的讀数来計算零点，就比較接近，取五个或七个連續回归点的讀数来計算零点，就更接近真实的平衡位置。

設連續回归点的讀数順序 $a_1, a'_1; a_2, a'_2, \dots$ ，共取奇个讀数，左右各自平均，得:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i \quad a' = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} a'_i$$

那么零点为:

$$C_0 = \frac{1}{2} (a + a')$$

分析天平的一切停点，都用此法求得。

依照天平的使用規則，让天平摆动。按上法做两次，求出两个零点，再求其平均值。

### 三、秤衡及灵敏度的測定，并根据灵敏度計算物体应补加的质量：

将物体放在左边秤盘，砝碼放在右边的秤盘。加砝碼应适当从大的开始。首先确定物体质量的首位数，然后一位一位繼續下去。例如当放40克砝碼后将天平稍为升起，如果指針向左移，表示砝碼太重；如果放36克时它向右移，則砝碼太輕。因此物体的质量在30克与40克之間，也就是說，它的十位数是3。再用个位的砝碼，去找其质量范围，例37—38克之間，也就是說，它的个位数是7。然后再用0.1克（即100毫克），0.01克（即10毫克）为单位的砝碼求以后的两位数字。至于0.001克（即1毫克）的砝碼，一般是沒有的，可以用游碼挂在刻有刻度的橫梁上代替。游碼的质量为10毫克，当它放在右端为10的位置，相当于10毫克加进右盘。最后可以发现多1毫克太重一些，少一毫克又輕一些。例如砝碼为37.253克时，指針的振幅右边稍大，也就是說砝碼仍輕；如果37.254克时，則左边振幅稍大，就是說砝碼太重。因此，物体的质量在37.253克与37.254克之間，到底质量的小数后第四位是多少？可以通过比例來計算。設此被秤物体的质量較小的砝碼为 $Q_1$ ，較大的为 $Q_2$ 。依照求零点的方法求 $Q_1Q_2$ 的停点各二次。設为 $C_1C_2$ 。这就是說质量相差1毫克时，平衡位置就偏离了 $(C_2 - C_1)$ 个分度。故当砝碼 $Q_1 = 37.253$ 克时，停点与零点相差为 $(C_0 - C_1)$ ，那么要补加若干毫克之后，停点恰好在零点呢？可用比例計算求得。設应补加的质量为 $P_1$ 毫克，則：

$$\frac{1}{P_1} = \frac{C_2 - C_1}{C_0 - C_1} \quad P_1 = \frac{C_0 - C_1}{C_2 - C_1}$$

故物体的质量 = 砝碼总质量 ( $Q_1$ ) 克 +  $P_1$  毫克

或物体的质量 =  $Q_2$  克 -  $P_2$  毫克

$$\text{其中 } P_2 = \frac{C_2 - C_0}{C_2 - C_1}$$

上面所求的 $(C_2 - C_1)$ 是加減1毫克时指針的偏离量，叫做天平在負載为 $Q_1$ 时的灵敏度。天平的灵敏度会随負載的增加而减少。但其变化不大。

精密的天平可以秤出质量到 $\frac{1}{10}$ 毫克。

### 天平的使用規則：

分析天平是一种精密的仪器，最易損坏，而影响它的准确度，所以使用时，要严格遵守下列規則：

一、除秤衡时外，天平必須使止动。秤衡时应当永远遵守平稳而緩慢地上升和下降橫梁的操作規則。下降要在平衡点附近时进行；天平未止动时，不可在盘中增減重量或砝碼，也不要移动梁上的游碼；否則橫梁受冲击，瑪瑙稜柱容易損坏。

二、把重量放在秤盘时，应尽量靠近盘的中央。秤的物体必須是干燥、洁淨的，热物及腐蝕物不得放进去秤衡。

三、不能用手直接去拿砝碼，应当使用鑷子。取片状的小砝碼时，用鑷子夹住它的翘起的一角。用过的砝碼应放回盒中原来位置，不准放在台面上。



四、在两边的秤盘还距平衡位置很远时，加了砝码后，不要把横梁完全升起，只要升到能判断指针往那一侧偏转就够了。

五、如果秤盘摆动得很厉害，可以用纸片触盘的边缘，使它静止。如果横梁的振幅显得很小（在标度尺中点两侧有4—5分度的振幅，就可算足够了），可在天平前面轻轻挥手，这时空气流动，可以使它得到足够的振幅。

六、观测天平摆动时，应关好柜门。

七、不可把重量长时间地放在秤盘上，尤其是当天没有止动时。称衡完毕，应立即把天平止动，取下重量，关好柜门。

八、不可用手去触摸天平的任何部件。

预习要求：

- 一、熟读天平的使用规则。
- 二、实验前应先到实验室熟悉仪器。

### 预习思考题：

一、什么叫做天平的灵敏度？如果长指针所附的小重物A向上移动，天平的灵敏度是增加了还是减少了？为什么？

二、没有小砝码（如0.1毫克），如何测定0.1毫克位数的质量？

## 实验三 物体转动惯量的测定

### 实验目的：

掌握简单测定物体转动惯量的方法，及了解物体转动惯量与转轴关系。

### 基本原理：

应用物理摆的振动周期与转动惯量之间的关系，求出物体的转动惯量。

已知物理摆的振动周期T为。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mga}}$$

$$\text{故 } I = \frac{MgaT^2}{4\pi^2}$$

式中M为物理摆质量；a为摆重心到转轴距离；g为重力加速度；I为摆体对转轴的转动惯量。

摆的总质量与重力加速度的乘积为摆的总重量，可由弹簧秤测得。如再测得重心到转轴的距离和振动周期，则可求出摆的转动惯量。

应用杠杆原理可测得摆的重心到转轴的距离。应用停表计算摆的振动次数可算出周