

全国中等农业学校教材

物理实验实习指导

辽宁省熊岳农业专科学校主编

农业出版社

全国中等农业学校教材

物理实验实习指导

辽宁省熊岳农业专科学校主编

农业出版社

全国中等农业学校教材
物理实验实习指导
辽宁省熊岳农业专科学校主编

* * *
责任编辑 李耀辉

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 3.5印张 75千字
1986年10月第1版 1986年10月北京第1次印刷
印数 1—17,200册

统一书号 13144·323 定价 0.53元

前 言

《物理实验实习指导》是依据农牧渔业部教育司1984年制订的招收初中毕业生四年制中等农业学校《物理教材编写大纲》编写的。

编写大纲中规定《物理学》总时数为180学时，实验占32学时，包括二十项实验、实习。每个实验包括实验目的、实验仪器、实验原理、实验步骤、记录表格、实验结果及讨论题等项。每项留有空格，由学生在预习和实验时填写。带•号为选作项目，由各校根据自己情况决定取舍。另外摄影实习安排在课后分班组进行，因此课内未计划其时间。

本书由辽宁省熊岳农业专科学校唐永泰主编。初稿经物理教材编写组辽宁省熊岳农业专科学校王忠孝、江苏省南通农校王萱霖、陕西省农林学校寇世杰集体讨论，再经左亚元、朱盛良、任万帮、苏桂生、陈继孝、陈锦裕、罗燊、陆仲宏、彭文亮、韩志新、廖常诚、戴洪生（按姓氏笔划排列）等同志审稿，最后由唐永泰定稿。此外湖南省零陵地区农校蒋德旭、山东省北镇农校甄在同、四川省温江地区农校陆寿宁等同志及各兄弟学校提出许多宝贵意见，在此表示感谢。

本书最后附有中等农业学校物理教学仪器配置表，表中的仪器数量是按一个教学班（40人），每班分成20个实验小组

统计的。

由于编者水平有限，时间仓促，错误和不当之处在所难免，欢迎批评指正。

编 者

1985年2月

年
一
七

目 录

前言

绪论 (1 学时)	1
实验实习一 游标卡尺和螺旋测微器的使用 (2 学时)	11
实验实习二 验证平行四边形法则 (1 学时)	17
实验实习三 验证牛顿第二定律 (2 学时)	20
实验实习四 用单摆测重力加速度 (1 学时)	27
实验实习五 验证气体状态方程 (2 学时)	30
实验实习六 测定水的表面张力系数 (1 学时)	32
实验实习七 练习使用示波器 (2 学时)	35
实验实习八 用电流表、电压表测定电源电动势及内电阻 (1 学时)	43
实验实习九 扩大电压表、电流表量程 (2 学时)	47
实验实习十 用电桥测电阻 (2 学时)	50
实验实习十一 验证楞次定律 (1 学时)	56
*实验实习十二 简单照明电路的安装 (2 学时)	60
实验实习十三 日光灯的安装 (2 学时)	68
实验实习十四 用万用表判断二、三极管的管脚并对放大 系数 β 值进行估算 (2 学时)	72
实验实习十五 用示波器观察整流、滤波电路的波形 (2 学时)	77

实验实习十六	安装简单放大电路 (2 学时)	82
实验实习十七	测定玻璃砖的折射率 (1 学时)	85
实验实习十八	观察凸透镜成象规律 (1 学时)	88
实验实习十九	利用双缝干涉测定光波波长 (2 学时)	90
*实验实习二十	摄影实习	92
附表	中等农业学校物理教学仪器配置表	103

绪 论

物理实验课的意义 物理学是一门以实验为基础的自然科学，物理概念的建立以及物理规律的发现都是以实验为依据的。如牛顿三定律、能的转换与守恒定律、欧姆定律、光的反射与折射定律等都是建立在实验的基础上。整个物理学发展史也告诉我们，人类的物理知识来源于实践，特别是来源于科学实验的实践。我们学习物理知识的过程，跟人类探索物理知识的过程有很多相似之处，因此认真上好物理实验课是学好物理知识的重要方法。

怎样上好物理实验课 实验能够帮助我们形成正确的物理概念，增加分析问题的能力，加强对物理知识的理解。为了做好实验，在每次实验之前要做好准备：明确实验的目的，弄清它的原理，了解使用仪器的性能，搞清实验的步骤；实验中要遵守操作规程，认真观察现象，仔细记录必要的实验数据；实验后要对所得的数据进行分析，作出合理的结论，必要时还要进一步研究某些还不够清楚的问题。这里，事先的准备工作特别重要，这是因为：我们如果事前对实验目的和怎样去达到这个目的步骤都清楚了，那么，在具体操作中，就能够自觉地有目的地把实验做好。反之，如果事前不做好必要的准备，做实验时只是按照别人拟定的实验步骤去盲目操作，观察时不知道把注意力集中到重要的现象上，

记录数据时不知道记下这些数据干什么，这样，实验虽然做过了，收获却是很小的。总之，为了做好实验，并从实验中得到应有的收获，我们一定要做好事前的准备。

实验的误差 在实验中要对物理规律进行深入地研究，必须进行大量的测量工作，然后根据已知量与未知量的关系公式，把所需要的物理量求出来。所以物理量的测量是物理实验的基本方法。掌握物理量的测量知识和技术，是做好物理实验的保证。此外，还要掌握有关实验误差方面的基本知识。在实验中，由于方法不当或粗心大意，就会造成差错或错误，而误差和错误是不同的。在进行某一物理量测量时，由同一个人，用同一种仪器做多次同样的测量，无论仪器的精度如何，操作如何细心，都不可能做到每次测量结果相同。这种量度数值与真实数值之差，我们称为误差。从误差产生的原因来看，可以分为系统误差和偶然误差。

1. 系统误差 系统误差产生的原因之一是所用仪器不够精密。仪器的精密程度可用测量的准确度 ϕ 来表示。测量的准确度就是仪器的最小分度值与真值的比，常用百分数表示。例如，我们测量 5°C 的温差，如果用普通温度计，其最小温度值为 1°C ，所测量的准确度 $\phi = 1/5 = 20\%$ 。如果用最小分度值为 0.1°C 的温度计测量 5°C 的温差，则测量的准确度 $\phi = 0.1/5 = 2\%$ 。又如用量程 3A 、最小分度值为 0.1A 的安培表测量 0.5A 的电流强度，测量的准确度 $\phi = 0.1/0.5 = 20\%$ 。如用量程 0.6A 、最小分度值为 0.02A 的安培表来测量，则测量的准确度 $\phi = 0.02/0.5 = 4\%$ 。再如，用最小分度值为 0.1cm 直尺测量 4cm 的长度，测量的准确度 $\phi = 0.1/4 = 2.5\%$ 。如果改用最小分度值为 0.005cm 的游标卡

尺测量 4cm 的长度, 则测量的准确度 $\phi = 0.005/4 = 0.125\%$ 。

在实验前, 应估计各仪器测量时所能达到的准确度。如果不一致, 则在测量中不必过分地超过各量中准确度最低的那个准确度的要求。如在测量物质密度的实验中, 如果游标卡尺测量长度的准确度为 0.5% , 那应用准确度为 $0.1-0.2\%$ 的粗天平就足够啦。

系统误差产生的原因, 除了上面所说的仪器不够精密之外, 采用的实验方法不够严格也是一个原因。例如, 采用图 0—1a 所示的电路测量电阻 R 的阻值, 忽视了伏特表中流过的电流; 采用图 0—1b 所示的电路测量电阻 R 的阻值, 忽视了安培表本身的电压降。因此测量出来的数值必然与标准值之间有误差。这一误差产生的原因是由于实验方法不严密所致。

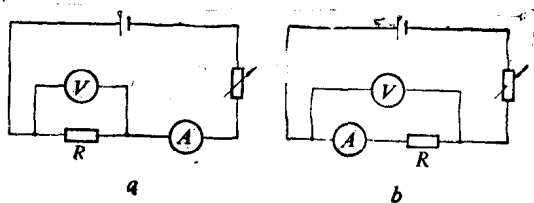


图 0—1

系统误差出现的最后一个原因是测量者个人生理与心理特点引起的。例如在以秒表记录时间时, 有人常停表过慢, 有人常停表过快, 造成计时的误差。

系统误差总是使实验结果偏向一边, 或总是过大, 或总是过小, 增加测量的次数并不能减小这种误差的影响。但是通过实验前认真调好或校准仪器, 尽可能完善实验方法, 可

使系统误差显著减少，但不能完全避免。

2. 偶然误差 是由各种偶然因素对实验者、测量仪器、被测物理量的影响而产生的。例如，用有毫米刻度的尺量物体的长度，毫米以下的数值只能用眼睛估计，各次测量的结果就不一致，有时偏大，有时偏小。实验表明，偶然误差中偏大或偏小的机会是相同的。因此，我们可以多进行几次测量，取其算术平均值，以减少偶然误差。

除了上述的系统误差和偶然误差外，由于实验者粗心大意，违反操作规程而使仪器安错、读错、算错数字等，这种情况一般不叫误差而叫错误。只要严格遵守操作规程，精力集中，认真细致地做实验，错误是可以避免的。因此在实验报告中不允许这种错误存在，一旦发现，应立即重做，直到取得比较准确的结果为止。

3. 误差的表示法 常采用绝对误差和相对误差来表示误差的大小。

待测物理量的真正大小叫真实值，简称真值。由于误差不能完全避免，所以测量值与真值之间总有一个差值，这个差值的绝对值，叫做绝对误差。但是，真值是无法测到的，而被人们公认的精确测量值比较接近于真值，所以我们就用公认值代表真值来求绝对误差。用 A 表示公认值， N 表示测量值，则绝对误差 ΔN 为

$$\Delta N = |A - N|.$$

例如铝的密度公认值为 $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，如果测量值是 $2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，则绝对误差是

$$\begin{aligned}\Delta N &= |A - N| = |2.7 \times 10^3 - 2.6 \times 10^3| \\ &= 0.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3.\end{aligned}$$

如实验中无法找到公认值，可用多次测量的平均值代替真实值，即

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_k}{K}$$

此时绝对误差 $\Delta N = |\bar{N} - N|$ 。

仅用绝对误差往往表达不了实验的准确程度。例如，用同样的方法测得水的密度为 $1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，水银的密度为 $13.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，它们的公认值分别是 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 和 $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。但前者占了公认值的 10%，而后者还不到公认值的 1%，显然后一个实验结果准确的多。因此我们就用绝对误差与公认值之比 $\Delta N/A$ （或 $\Delta N/\bar{N}$ ）来表示实验的准确程度，叫做相对误差。一般用百分比来表示，又叫做百分误差。在所举的例子中，水的密度测定值的相对误差是

$$\frac{\Delta N}{A} = \frac{1.1 - 1.0}{1.0} = 0.1 = 10\%.$$

水银密度测定值的相对误差是

$$\frac{\Delta N}{A} = \frac{13.6 - 13.5}{13.6} = 0.007 = 0.7\%.$$

有效数字 在实验室中记录物理量的数据时，由于各种量度仪器的精密程度不同，测量出来的数据的可靠位数也有所不同。例如，用米尺量出课本的宽度为 12.85cm，米尺上的最小分度值为 1mm，毫米的数值可从米尺上直接读出来，所以前三位数字是可靠的，而最后一位数字是估计的，只有一定的可靠性。估计数字只可取一位，多取无意义。

再如，量程 0.6A 的安培表的最小分度值为 0.02A，其

刻度盘如图 0—2 所示。图中指针示数应在 0.12 和 0.14 A 之间，估计为 0.13 A，最后一位数字是估计数字。关于有效数字，应当掌握下列几点：

1) 一切非零数字都是有效数字，如 87.8 °C 是三位有效数字。

2) 两个非零数字之间的一切数字（包括零在内）都是有效数字。如 1080.05 m 是六位有效数字。

3) 对于小于 1 的数字，在小数点右边，在非零数字左边的零不是有效数字。如 0.0064734 m 是五位有效数字，小数点左边的那个零表示小数点的位置，它与所取的单位有关，如用毫米作单位，则可用 6.4734 毫米表示，仍是五位有效数字。所以它不能算有效数字。

4) 有效数字的写法。如 5 m 是一位有效数字，5.0 m 是两位有效数字。小数点右边的非零数字后的“0”，是有效数字，例如，7.3 和 7.30 两个数，虽然数值相同，但意义不同。前者是两位有效数字，3 为估计数，只有一定的可靠性；后者是三位有效数字，3 为准确数字。

5) 遇到大的数目时，表示有效数字的方法可以写成这样：

1.5×10^4 表示两位有效数字；

1.50×10^4 表示三位有效数字；

1.500×10^4 表示四位有效数字。

遇到小数目时，如 0.00157，可以改写为 1.57×10^{-3} ，

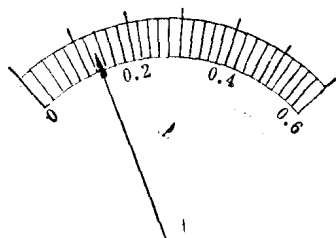


图 0—2

结果仍表示三位有效数字。

有效数字的运算，遵从下列两个基本规则：

(1) 不可靠数字与别的数字相加减、相乘除，所得到的结果也是不可靠的；

(2) 计算结果只能保留一位不可靠数字。

加减法取计算结果中由左向右数所遇到的第一个不可靠数字，为最末一位有效数字。也可以取计算结果中由左向右数所遇到的第一和第二个不可靠数字，按四舍五入的原则①，将第二个不可靠数字进入到第一个不可靠数字之中，成为有效数字的最末一位数字。为了清楚起见，我们在不可靠数字上面加一横线。

$$\begin{array}{r} \text{例 1:} \quad 13.0\overline{5} \text{ cm} \\ \quad \quad 309.\overline{2} \text{ cm} \\ +) \quad \quad 3.78\overline{5} \text{ cm} \\ \hline \quad \quad 326.0\overline{35} \text{ cm} \end{array}$$

计算结果中最后一位 5、倒数第二位 3 以及倒数第三位 0 都只有一定的可靠性，因此应取 326.0 cm 为计算结果，是四位有效数字。

$$\begin{array}{r} \text{例 2:} \quad 381.2\overline{9} \text{ cm} \\ \quad \quad -) \quad 18.\overline{3} \text{ cm} \\ \hline \quad \quad 362.9\overline{9} \text{ cm} \end{array}$$

①如果实验次数较多，重复观测某一个物理量，其有效数字处理的原则可改为“四舍六入五留双”，即奇数次测得的数据够五也舍掉，偶数次测得的数据够五才进位。

最后应取 363.0 cm 为计算结果，是四位有效数字。

乘除的法则：一个不可靠数字与另一个数字相乘或相除时，其所得结果也是不可靠的。

如：

$$\begin{array}{r}
 15.6\overline{3} \text{ cm} \\
 \times \quad 4.\overline{2} \text{ cm} \\
 \hline
 3126 \\
 6252 \\
 \hline
 65.646 \text{ cm}^2
 \end{array}$$

按四舍五入的原则，将小数点后一位的 6 进入到小数点的前一位 5 中，其所得结果 66cm^2 ，是两位有效数字。最后一位 6 只有一定的可靠性。

再如： $39.5\overline{2} \div 5.0\overline{3} = 7.85\overline{6}$

$$\begin{array}{r}
 7.85\overline{6} \\
 5.0\overline{3} \overline{) 39.52} \\
 \underline{35} \quad 21 \\
 4310 \\
 \underline{40} \quad 24 \\
 2860 \\
 \underline{25} \quad 15 \\
 3450 \\
 \underline{30} \quad 18 \\
 4320
 \end{array}$$

除式中第二次余数 2860 四位都是估计数字，所以商数的第三位“5”是估计数字。按四舍五入的原则，将 6 进入

5 中, 计算结果为 7.86, 是三位有效数字。最后一位 6 只有一定的可靠性。

从以上例子中可以看出: 在和或差中, 从左边起, 哪一位出现了不可靠数字, 有效数字就保留到哪里; 在相乘或相除时, 积或商的有效数字的位数一般与原来数据中有效数字位数最少的相同 (有时多一位或少一位), 因此, 在相乘或相除时, 对位数过多的有效数字应进行简化, 把不必要的位数去掉, 使它只比位数最少的多一位, 这对于计算结果并没有影响, 从而可以避免无意义的冗长计算。

应注意的是, 物体的个数, 实验的次数等, 是准确数, 它们与近似数相乘或相除时, 有效数字应等于原来近似数的有效数字的位数。例如, 8 个相同的小球共重 $92.\bar{8}\text{g}$, 每个小球的重量是 $11.\bar{6}\text{g}$, 商数要取三位有效数字。如果误认为 8 是一位有效数字, 因此商数也取一位有效数字, 那就错了。

对于无限循环或不循环小数, 如 π 、 $\sqrt{2}$ 、 $1/3$ 等等, 它们有效数字的位数是没有限制的, 可以根据需要选取。在加减时, 可比小数点后位数最少的有效数字多取一位小数点后的位数。乘除时, 它们有效数字的位数, 要比位数最少的有效数字多取一位。例如, 求半径为 20.5mm 的圆周长, 则在公式 $L = 2\pi r$ 中的 π 取 3.142, 不能取 3.14, 也没有必要取 3.1416。

实验曲线作图法 物理学中的规律, 反映了某些物理量间的关系。在物理实验中, 还常常用图解法来整理测量的数据, 把物理量间的关系, 用图线直观地表示出来。具体作图时应遵循下列几个步骤:

1. 确定两物理量中的自变量，一般横坐标表示自变量，纵坐标表示因变量，然后根据自变量和因变量的变化情况选取坐标纸。

2. 按所测数据，在坐标轴上选取适当的比例，使坐标纸上的每一格对应于便于计算的单位数，但要注意，坐标的数值要能反映测量数据的有效数字。

作图时，除需要从零点开始外，一般情况坐标原点也可不从零开始，以充分利用图纸。

3. 画曲线。根据所测的数据，在坐标纸上找出对应点（最少 5 点），然后连成光滑的曲线，一般情况，因实验误差的存在，曲线不会通过所有的测量点，但曲线两侧的点的分布应比较均匀。对个别偏离过大的点应加以分析，决定取舍。