

锦囊妙解

创新导学专题

高中物理

实验

丛书主编 司马文 曹瑞彬
丛书副主编 冯小秋 钟志健
本册主编 钱 勇



品牌连续热销 8 年



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

锦囊妙解

创新导学专题

高中物理

丛书主编 司马文 曹瑞彬

丛书副主编 冯小秋 钟志健

执行主编 江海

本册主编 钱勇

编者 万强华 孙志明 许学龙 曹建峰 毛金才 李庆春 周志祥
朱燕卫 金尤国 胡志彬 丁锁勤 钱勇 吴志山 何福林
沈桂彬 李小慧 朱时来 王春和 周拥军 王新祝 李家亮
丁勇 肖亚东 吴淑群 张季锋 李金光



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图书在版编目(CIP)数据

锦囊妙解创新导学专题. 高中物理. 实验/司马文, 曹瑞彬丛书主编; 钱勇
本册主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 10 (2010. 11 重印)

ISBN 978-7-111-31713-5

I. ①锦… II. ①司…②曹…③钱… III. ①物理课-实验-高中-教学参
考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 167962 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 石晓芬

责任编辑: 石晓芬

责任印制: 李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2010 年 11 月第 1 版第 2 次印刷

169mm×228 mm·10 印张·350 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-31713-5

定价: 13.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前言



锦囊妙解丛书面世多年,备受广大读者厚爱,在此深表感谢。为了对得起广大读者的信任,对得起自己的职业良心,我们密切关注课程改革的新动向,在原有基础上,精益求精,反复修订,使得锦囊妙解丛书与时俱进、永葆青春。目前奉献给读者的《锦囊妙解创新导学专题》丛书,力求凸显创新素质的培养,力求知识讲解创新、选择试题创新、剖析思路创新,从而力求让学生阅读后,能更透彻、迅速地明晰重点、难点,在掌握基本的解题思路和方法的基础上,举一反三、触类旁通,全面提升学生的创新素质,在学习、应试中得心应手、应付裕如。

本丛书以每个知识点为讲解元素,突出教材中的重点和难点,并将高(中)考例题的常考点、易错点进行横竖梳理,多侧面、多层次、全方位加以涵盖,使分散的知识点凝聚成团,形成纵横知识网络,有利于学生的记忆、理解、掌握、类比、拓展和迁移,并转化为实际解题能力。

本丛书取材广泛,视野开阔,吸取了众多参考书的长处及全国各地教学科研的新思路、新经验和新成果,选例新颖典型,难度贴近高(中)考实际。讲解完备,就某一专题进行集中、全面的剖析,对知识点的讲解自然而细致。一些问题及例题、习题后的特殊点评标识,能使学生对本专题的知识掌握起来难度更小,更易于理解,从而达到举一反三、触类旁通的功效。

本丛书以“新课程标准”为纲,以“考试说明”与近年考卷中体现的高(中)考命题思路为导向,起点低、落点准,重点难点诠释明了,高(中)考关键热点突出,专题集中,能很好地培养学生思维的严谨性、解题的灵活性、表达的规范性。

古人云:授人以鱼,只供一饭之需;授人以渔,则一生受用无穷。让学生掌握“捕鱼之术”,其实就是创新教育的主要目标。本丛书策划者、编写者以此为共识,精诚合作,千锤百炼,希望本丛书不但能帮助你学到知识,掌握知识,而且能掌握其学习方法,养成创新意识,增强创新能力,那将能让你终身受益。

司马文

曹瑞彬

编写说明



物理学是自然科学中以实验为基础的学科之一。许多物理规律的发现，对未知世界的探究、发明和创造都离不开实验。新课程标准中“通过实验探究……”、“通过实验了解……”、“通过实验认识……”等的阐述，也体现了实验教学的重要地位。课堂教学，不仅要使实验作为实现“知识与技能”目标的工具，更重要的是要使它作为实现“过程与方法”目标的基础，最后为实现“情感、态度与价值观”目标做好准备。所以，对同学们来讲，实验既是一种技能，又是探究与认识世界的有力武器。

针对目前中学生实验知识和技能情况，本书中，我们对高中实验基础知识及实验仪器的基本使用方法进行了梳理，汇总了数据处理的基本方式；针对考试说明要求的实验逐一、详尽地进行了编写，对每一个实验都详细明确了它的实验目的、原理、器材、步骤，并对实验过程进行指导，如实验数据处理、注意事项、误差来源分析等，还借助图表归纳整理和引申，使同学们对整个实验体系横向有比较、纵向有联系；对演示实验和设计性实验也从原理和方法层面给同学们进行了演绎指导。书中“考题链接”中例题和“能力评估”中所配习题大部分均来自于近年高考题、各地模拟题，必要的都配有详细的解析。

该书编写过程中，以最新《考试说明》为依据，以思维为焦点，以方法为主线，以能力为核心，博采众长，匠心独运，有的放矢，注重实效。

我们坚信：梦想与你同在，我们与你同行。在闪光的金榜上，一定有你灿烂的笑颜。

编者

作者简介

吴志山 大学本科学历，教育硕士，中学高级教师，南通市骨干教师，南通市第二梯队名师培养对象，南通市物理学会会员；曾参编《南通密卷》、《高考零距离二轮冲刺》等多本参考书、多次参与或主持省市级课题研究，多篇论文在《物理教学》、《中学物理教学参考》等杂志发表，多次开设公开课；研究方向为高中物理实验教学。

前言

编写说明

第一部分 实验基础 \ 1

第 1 讲 误差和有效数字 \ 1

第 2 讲 基本仪器的使用 \ 2

第 3 讲 常见间接测量的物理量及其测量方法 \ 8

第 4 讲 常用的实验数据处理方法 \ 8

第二部分 考试说明要求实验 \ 14

第 1 讲 速度随时间的变化规律 \ 14

第 2 讲 力的合成和分解力的平行四边形定则 \ 23

第 3 讲 加速度与物体质量、物体受力的关系 \ 30

第 4 讲 验证机械能守恒定律 \ 40

第 5 讲 决定导体电阻的因素 \ 50

第 6 讲 描绘小灯泡的伏安特性曲线 \ 64

第 7 讲 测量电源的电动势和内阻 \ 76

第 8 讲 用油膜法估测分子的大小 \ 92

第 9 讲 单摆的周期与摆长的关系 \ 97

第 10 讲 测定玻璃的折射率 \ 103

第 11 讲 验证动量守恒定律 \ 110

第三部分 演示实验 \ 117

第四部分 实验设计 \ 125

第 1 讲 力学综合设计实验 \ 126

第 2 讲 电学综合设计实验 \ 138

第一部分

实验基础

第1讲

误差和有效数字



1. 误差

测量值与真实值的差异叫做误差。

(1)从误差来源看可分为系统误差和偶然误差两种：

①系统误差的特点是：在多次重复同一实验时，误差总是同样地偏大或偏小。系统误差主要是由于实验原理不够完善（如伏安法测电阻时，电表内阻引起的误差）、实验仪器精度不够（如刻度尺比游标卡尺误差大）或实验方法粗略（如没考虑空气阻力和摩擦力的存在）而产生的。

减小系统误差的方法有改善实验原理、提高实验仪器的测量精度、设计更精巧的实验方法。

②偶然误差总是有时偏大，有时偏小，并且偏大和偏小的机会相同。减小偶然误差的方法有：多进行几次测量，求出几次测量的数值的平均值（相关物理量间为线性关系时，往往利用图像，用作出拟合直线的方法求平均值）。这个平均值比某一次测得的数值更接近真实值。

(2)从分析数据看，误差分为绝对误差和相对误差。

①绝对误差：绝对误差是测量值与真实值之差，即绝对误差 = |测量值 - 真实值|。绝对误差反映了测量值偏离真实值的大小。

②相对误差：相对误差 = 绝对误差 / 真实值，常用百分数表示。相对误差反映了实验结

果的精确程度。

③对于两个测量值的评估，必须考虑其相对误差。绝对误差大者，其相对误差不一定大。

2. 有效数字

带有一位不可靠数字的近似数字，叫做有效数字。凡是用测量仪器直接测量的结果，读数一般要求在读出仪器最小刻度所在位的数值（可靠数字）后，再向下估读一位（不可靠数字），这里不受有效数字位数的限制（游标卡尺例外，不要求估读）。对于有效数字，我们要注意：

(1)有效数字是针对近似数字而言，只能带有一位不可靠数字（最后一位），不是位数越多越好。

(2)有效数字位数是指，从左往右数，从第一个不为零的数字起，数到右边最末一位估读数字为止，其左边的“0”不是有效数字，其右边的“0”是有效数字。如 0.0456 是三位有效数字，0.04560 是四位有效数字。

(3)作为有效数字的“0”，不可省略不写。如不能将 0.450m 写成 0.45m，因为它们的误差不相同，0.450m 所用尺的最小刻度为厘米，而 0.45m 所用尺的最小刻度为分米。

(4)有效数字的位数与小数点的位置无关，可以采用科学记数法来表示。如 $0.0735\text{m} = 7.35 \times 10^{-2}\text{m}$ 。单位换算时有效数



字位数也不能变,如 $300.00\text{cm}=3.0000\text{m}$,因为估读位不能变,误差不能变。

(5)间接测量的有效数字运算不作要求,运算结果一般可用 2~3 位有效数字表示。

第 2 讲

基本仪器的使用

基本仪器是指通用性强,在各种实验中经常用到的仪器。中学阶段,物理《考试说明》中要求学生熟练掌握的基本仪器有 13 种,如下所示:

基本仪器	测量长度的仪器——刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器
	测量质量的仪器——天平
	测量时间的仪器——打点计时器、秒表
	测量力的仪器——弹簧秤
	测量温度的仪器——温度计
	测量电学量的仪器——电流表、电压表、多用表
	电学控制仪器——滑动变阻器、变阻箱

对以上这些仪器,除打点计时器和滑动变阻器不需要读数外,其余 11 种都涉及到读数问题。其中游标卡尺、螺旋测微器的读数问题,在历年的高考题中出现频率较高,另外像弹簧秤、欧姆表的读数问题也时有涉及。凡涉及需要估读的仪器应当解决好:怎样估读、估读到哪一位数等问题。

1. 刻度尺

刻度尺又称米尺,常用米尺的最小刻度为 1mm,量程不等。用刻度尺测量物体的长度时要注意以下几点:

①要使刻度尺的刻度线紧贴被测物,眼睛应正对刻度线读数,以避免视差。

②用零刻线在端头的刻度尺测量时,为了防止因端头磨损而产生误差,常选择刻度尺的某一刻度线为测量起点,测量的长度等于被测物体的两个端点在刻度尺上的读数之差。

③mm 以下的数值靠目测估读一位,至最小刻度值的 $1/10$ 。

④测量精度要求高时,要进行重复测量

后取平均值。

2. 游标卡尺

主要构造的名称:主尺、游标尺、外测量爪、内测量爪、深度尺、紧固螺钉。

(1)10 分度的游标卡尺。游标上相邻两个刻度间的距离为 0.9mm,比主尺上相邻两个刻度间距离小 0.1mm。读数时先从主尺上读出厘米数和毫米数,然后用游标读出 0.1mm 位的数值:游标的第几条刻线跟主尺上某一条刻线对齐,0.1mm 位就读几。其读数准确到 0.1mm。

(2)20 分度的游标卡尺。游标上相邻两个刻度间的距离为 0.95mm,比主尺上相邻两个刻度间距离小 0.05mm。读数时先从主尺上读出厘米数和毫米数,然后用游标读出毫米数以下的数值:游标的第几条刻线跟主尺上某一条刻线对齐,毫米数以下的读数就是几乘 0.05mm。其读数准确到 0.05mm。

(3)50 分度的游标卡尺。游标上相邻两个刻度间的距离为 0.98mm,比主尺上相邻两个刻度间距离小 0.02mm(图 1-1)。这种卡尺的刻度是特殊的,游标上的刻度值,就是毫米数以下的读数。这种卡尺的读数可以准确到 0.02mm。

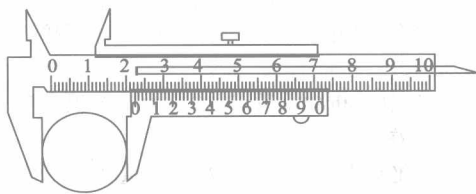


图 1-1

要注意:游标卡尺都是根据刻线对齐来读数的,所以都不再往下一位估读。



读数规则：游标卡尺的读数 = 主尺读数（毫米数）+ 游标对齐刻度线 × 精度（毫米数），主尺读数指游标尺的零刻线所对应的主尺上的整数毫米线，游标尺对齐刻度线指游标尺第几根与主轴某根线对齐，就读成第几根。

例 1 读出下列游标卡尺测量的读数（图 1-2）。

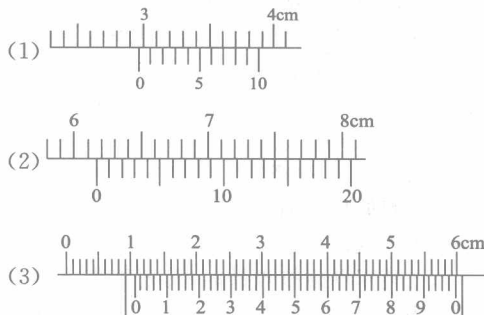


图 1-2

【解析】 (1) $29\text{mm} + 8 \times 0.1\text{mm} = 2.98\text{cm}$; (2) $61\text{mm} + 14 \times 0.05\text{mm} = 6.170\text{cm}$; (3) $10\text{mm} + 26 \times 0.02\text{mm} = 1.052\text{cm}$.

3. 螺旋测微器

主要构造的名称（图 1-3）：①~⑦依次是：测砧、测微螺杆、固定刻度、可动刻度、旋钮、微调旋钮和尺架。固定刻度上的最小刻度为 0.5mm（在中线的上侧）；可动刻度每旋转一圈测微螺杆前进（或后退）0.5mm。在可动刻度的一周上平均刻有 50 条刻线，所以相邻两条刻线间代表 0.01mm。读数时，从固定刻度上读取整、半毫米数，然后从可动刻度上读取剩余部分（因为是 10 分度，所以在最小刻度后必须再估读一位），再把两部分读数相加，得测量值。

读数规则：螺旋测微器读数 = 固定刻度值 + 可动刻度值 + 估计值。

读数时应注意零误差的修正和紧锁开关的使用。在小砧快接触工件时，应改用微调旋

钮，以免损坏精密螺杆。

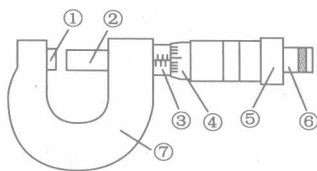


图 1-3

例 2 读出图 1-4 所示螺旋测微器测量的读数。

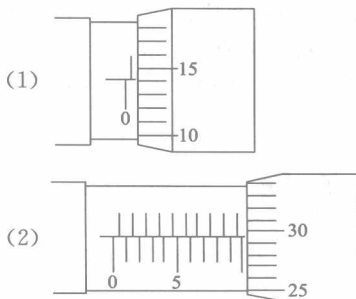


图 1-4

【解析】 (1) $0.5\text{mm} + 14.1\text{mm} \times 0.01\text{mm} = 0.641\text{mm}$; (2) $10\text{mm} + 29.5 \times 0.01\text{mm} = 10.295\text{mm}$

4. 天平

天平使用前首先要进行调节。调节分两步：调底座水平和横梁水平（在调节横梁水平前，必须把游码移到左端零刻度处，左端与零刻线对齐，如图 1-5 中虚线所示）。测量读数由右盘中砝码和游标共同读出。横梁上的刻度单位是毫克（mg）。若天平平衡时，右盘中有 26g 砝码，游码在图 1-5 中所示位置，则被测物体质量为 26.32g（最小刻度为 0.02g，不是 10 分度，因此只读到 0.02g 这一位）。

使用天平要注意不要超过其量程，在加减砝码时，必须把横梁放下来，以免损坏刀口。



图 1-5



5. 秒表

也称“停表”，表针的运行靠齿轮传动带动。如图1-6所示，长针是秒针，指示大圆周的刻度，其最小分度一般是0.1s，秒针转一圈是30s；短针是分针，指示小圆圈的刻度，其最小分度值常见的为0.5min。所测时间超过0.5min时，0.5min的整数倍部分由分针读出，不足0.5min的部分由秒针读出，即 $t = \text{短针读数}(t_1) + \text{长针读数}(t_2)$ 。对秒表读数时一般不估读，因为机械表采用的是齿轮传动，指针不可能停在两小格之间，所以不能估读出比最小刻度更短的时间。

如图1-6所示，总时间为两指针示数之和 $1\text{min} + 15.2\text{s} = 75.2\text{s}$ 。

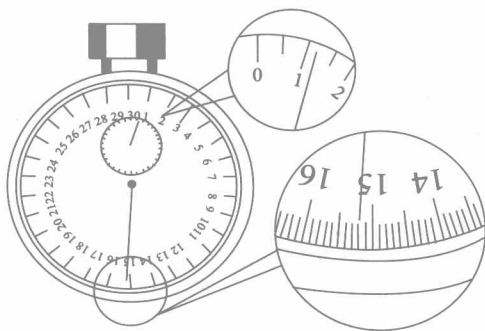


图1-6

6. 打点计时器

(1) 电磁打点计时器

电磁打点计时器(图1-7)是利用电磁原理制成的。它是一种使用低压交流电源的计

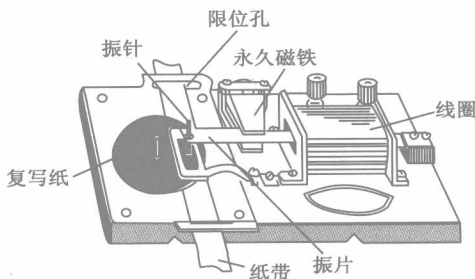


图1-7

时仪器，工作电压为4~6V。当交流电源频率为50Hz时，它每隔0.02s打一个点。通电前，先在打点计时器上装纸带，并把复写纸压在纸带上，然后接通低压交流电源，这时振片被磁化，在永久磁铁作用下振动起来，每隔0.02s振针压打复写纸一次，被运动物体拖动的纸带上便留下一系列点。

使用电磁打点计时器时应注意：

- ①纸带穿过限位孔，压在复写纸下面；
- ②使用打点计时器时，由于接通电源后需经一段时间振动片的振动才会稳定下来，故在所有使用打点计时器的实验中，一般都要先接通电源，再释放纸带；
- ③释放物体前，应使物体停在靠近打点计时的位置；

④使用电磁打点计时器，若纸带上打出的点不清晰，可调节振针，使振针靠近复写纸，或更换复写纸；如果纸带上打出的点有拖痕(不是点而是短线)，可调节振针使振针与复写纸的距离适当增大。

(2) 电火花计时器

电火花计时器(图1-8)是利用火花放电在纸带上打出小孔而显出点迹的仪器。使用时，墨粉纸盘套在纸盘轴上，并夹在两条白纸带之间，计时器的工作电压是220V交流电，接通脉冲输出开关，计时器发出的脉冲电流

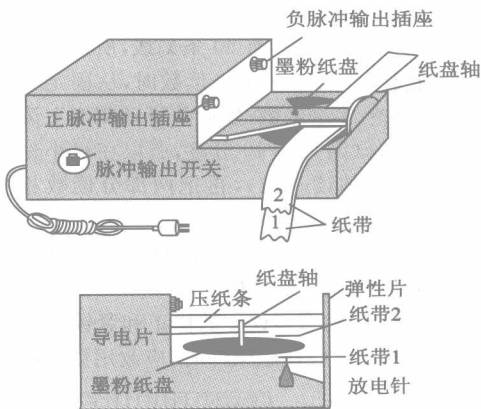


图1-8



经接正极的放电针、墨粉纸盘接到负极的纸盘轴,产生火花放电,在运动的纸带1上每隔0.02s打出一个点,电火花计时器可以同时打两条纸带,且实验误差较小。

(3) 打点计时器纸带的处理

①纸带的选取:一般实验应从点迹清晰、无漏点的纸带中选取有足够多点的一段作为实验纸带。

②根据纸带上点的密集程度选取计数点。打点计时器每打 n 个点取一个计数点,则计数点时间间隔为 n 个打点时间间隔,即 $T=0.02n(s)$ 。一般取 $n=5$,此时 $T=0.1s$ 。

③测量计数点间距离。为了测量、计算的方便和减小偶然误差的考虑,测量距离时不要分段测量,尽可能一次测量完毕,即测量计数起点到其他各计数点的距离。如图1-9所示,则由图可得:

$$S_I = s_1, S_{II} = s_2 - s_1, S_{III} = s_3 - s_2, S_{IV} = s_4 - s_3, S_V = s_5 - s_4, S_{VI} = s_6 - s_5.$$

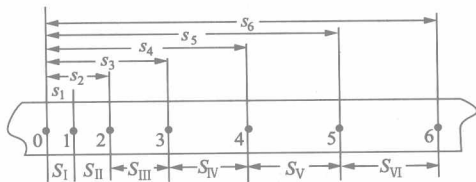


图 1-9

④判定物体运动的性质:

a. 若 $S_I, S_{II}, S_{III}, S_{IV}, S_V, S_{VI}$ 基本相等,则可判定物体在实验误差范围内做匀速直线运动。

b. 设 $\Delta s_1 = S_{II} - S_I, \Delta s_2 = S_{III} - S_{II}, \Delta s_3 = S_{IV} - S_{III}, \Delta s_4 = S_V - S_{IV}, \Delta s_5 = S_{VI} - S_V$ 。若 $\Delta s_1, \Delta s_2, \Delta s_3, \Delta s_4, \Delta s_5$ 基本相等,则可判定物体在实验误差范围内做匀变速直线运动。

c. 测定第 n 点的瞬时速度。物体做匀变速直线运动时,在某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度。即测出第 n 点的相邻的前、后两段相等时间 T 内的距离,由平均

速度公式就可求得,如图1-7中第4点的瞬时速度为: $v_4 = \frac{S_{IV} + S_V}{2T} = \frac{s_5 + s_3}{2T}$ 。

d. 测定做匀变速直线运动物体的加速度,一般用逐差法求加速度。将如图1-7所示的连续相等时间间隔 T 内的位移 $S_I, S_{II}, S_{III}, S_{IV}, S_V, S_{VI}$ 分成两组,利用 $\Delta s = aT^2$ 可得: $a_1 = \frac{S_{IV} - S_I}{3T^2}, a_2 = \frac{S_V - S_{II}}{3T^2}, a_3 = \frac{S_{VI} - S_{III}}{3T^2}$,再算出 a_1, a_2, a_3 的平均值,即: $a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$ 就是所测定物体做匀变速直线运动的加速度。若为奇数组数据则将中间一组去掉,然后再将数据分组,利用逐差法求解。

7. 弹簧秤

弹簧秤是用来测量力的大小的仪器,也叫测力计。

构造:如图1-10所示,主要由弹簧、带刻度的外壳、指针三个部分组成。

原理:根据胡克定律: $F = kx$ 。由于弹力的大小与弹簧的形变量成正比,所以弹簧秤的刻度是均匀的。

读数:如图1-10所示是分度值为0.2N的条形测力计,估读时可以将每一分度分为2等份,若指针超过1等份即超过半格就算1个分度值0.2N,若指针指向小于1等份即未超过半格,对这种情况应当舍去,测量数据的有效数字末位就在精度的同一位,估读位仍在最小分度的同一位,即使无估读数也不需要有效数字末位添“0”来表示准确度。

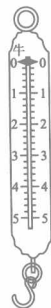


图 1-10

8. 温度计

中学物理实验中常用的液体温度计有水银温度计、酒精温度计等,它们都是利用液体热胀冷缩原理制成的。不同温度表的测量范围不同。常用的温度计的最小分度有 1°C 、



0.5℃、0.2℃等，每一格代表的温度越小，温度计的灵敏度就越高，显示微小温度变化的能力就越强。

注意温度计不能作搅拌用，以免弄破下端的玻璃泡

9. 电压表、电流表

应注意正、负极和量程(指针达满偏角度的 $1/3 \sim 2/3$ 最佳)，注意读数的估读和电表对测量电路的影响。大的量用小量程，会损坏仪表；小的量用大量程，会增大误差。选择量程的总的原则是：在测量值不超出量程的前提下，选用尽量小的量程；在完全不清楚测量值的情况下，试用最大量程，再视情况逐渐减小量程。电流表和电压表由于仪表误差等级的关系，估读方法与量程有关；中学实验用的一般都是2.5级，3A和3V量程，都估读到最小分度的 $1/10$ ；0.6A量程，估读到最小分度的 $1/2$ ；15V量程，估读到最小分度的 $1/5$ 。电流表和电压表是由于电流通过里边的线圈，线圈在磁场中受力矩转动而工作的；了解了这一原理，就知道电流表和电压表对电路来说，实际上就是一个有电阻的导体，当它们接入电路进行测量时，势必改变电路的结构，造成误差，根据连接方式，就可以分析误差。当然测量前也要注意有没有机械调零。

10. 多用电表

使用多用电表时首先应该根据被测物理量将选择开关旋到相应的位置。使用前应先进行机械调零，用小螺丝刀轻旋调零螺丝，使指针指左端零刻线。使用欧姆挡时，还应进行欧姆调零，即将红、黑表笔短接，调节欧姆调零旋钮，使指针指右端零刻线处(图1-11)。

欧姆挡的使用：(1)选挡。一般比被测电阻的估计值低一个数量级，如估计值为 200Ω 就应该选 $\times 10$ 的倍率。(2)调零。(3)将红、黑表笔接被测电阻两端进行测量。(4)将指针示数乘以倍率，得测量值。(5)将选择开关扳到“OFF”或交流电压最高挡。用欧姆挡测电阻，

如果指针偏转角度太小，应增大倍率；如果指针偏转角度太大，应减小倍率。

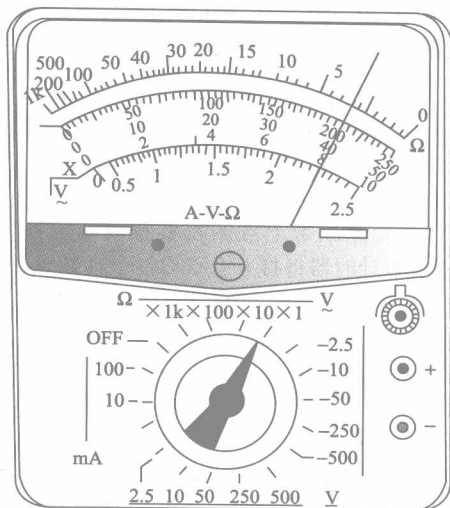


图 1-11

欧姆表由于指针在中部时，误差小，应使指针在 $R_{中}/4 \sim 4R_{中}$ 范围内， $R_{中}$ 为刻度盘的中心阻值。另外，由于欧姆表刻度的不均匀性以致难以估读，对估读没有严格规定，有两位有效数字即可。

11. 滑动变阻器

滑动变阻器可作为分压电阻和限流电阻两种接法使用，但不论变阻器是全部或部分接入电路，电流强度均不得超过额定值。分压电路中，起始位置应在最小电阻处，限流电路中，起始位置应在最大电阻处。

12. 电阻箱

在电路中可作为可调节的标准电阻。读数时各旋钮对应指示点的读数乘面板上标记的倍数然后相加，就得出电阻的指示值，读数时按从高倍到低倍的顺序读出。电阻箱使用时应注意：不得过载使用，注意额定电流和电阻额定功率；电阻接入电路时，阻值要大一些，以免电路电流太大烧坏电表；若需要将电阻箱阻值调小时，应先调大再调小，如要将



210Ω 调到 209Ω, 应将 210Ω 先调为 219Ω, 再调为 209Ω, 不能先调为 200Ω, 再调为 209Ω, 同样要将 9Ω 调到 10Ω, 应先调为 19Ω, 不能先调为 0Ω, 再调为 10Ω; 电阻箱不能代替变阻器长时间通电使用。

如图 1-12 中的电阻箱有 6 个旋钮, 每个旋钮上方都标有倍率, 将每个旋钮上指针所指的数值(都为整数)乘以各自的倍率, 从最高位依次往下读, 即可得到这时电阻箱的实际阻值。图中最左边的两个黑点是接线柱。若指针所示如图, 则阻值为 84580.2Ω。

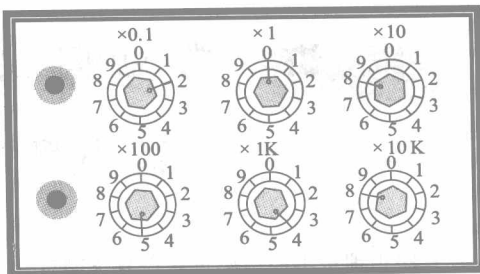


图 1-12

部分仪器使用规则总结如下表:

类型	仪器名称	精确度确定	精确度		读数方法	记录结果 (小数点后的位数)/mm	注意事项
测长度	刻度尺	最小分度值	1mm		估读一位	1	测量起点及单位
	游标卡尺 (差分法)	$\frac{1}{n}$ mm (n 为游标上的总格数)	$n=10$	0.1mm	$L=L_{\text{主}}+k\frac{1}{n}$ 不估读	1	a. 游标边界线与零刻度的区别 b. 主尺上的单位为cm(11cm~12cm) c. 记录的有效数字
			$n=20$	0.05mm		2	
			$n=50$	0.02mm		2	
	螺旋测微器	$\frac{d}{n}$ mm(n 为可动刻度上的总格数)	$n=50$ $d=0.5$ mm	0.01mm	$L=L_{\text{固}}+k\frac{d}{n}$ 估读一位	3	a. 半毫米刻度是否露出(①直接看②推理) b. 记录的有效数字
测时间	秒表	最小分度值	0.1s		t 分针+ t 秒针	1(s为单位)	不估读
	打点计时器		0.02s		$t=n\times 0.02\text{s}$		接交流电源
	闪光照相				$t=nT$		
电学仪表	安培表	最小分度值	略		最小刻度为1、0.1等时估读至下一位;其他读至当前位	略	交直流表的区别(刻度均匀情况)
	伏特表						a. 读数不忘乘倍率
	欧姆表						b. 换挡方法
其他	测力——弹簧秤 测温度——温度计 测气压——气压计						



第3讲

常见间接测量的物理量

及其测量方法

有些物理量不能由测量仪器直接测量,这时,可利用待测量和可直接测量的基本物

理量之间的关系,将待测物理量的测量转化为基本物理量的测量,如:

模 块	待测物理量	基本测量方法
力学	速度	①利用纸带, $v_m = \frac{S_n + S_{n+1}}{2t}$; ②利用平抛, $v = x\sqrt{\frac{g}{2y}}$
	加速度	①利用纸带, 逐差法 $a = \frac{\Delta S}{t^2}$; ②利用单摆 $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$
	功	根据 $W = \Delta E_k$ 转化为测量 m 、 v
电学	电阻(精确测量)	①根据 $R = \frac{U}{I}$ 转化为测量 U 、 I (伏安法); ②电阻箱(半偏、替代)
	电功率	根据 $P = UI$ 转化为测量 U 、 I
	电源电动势	根据 $E = U + Ir$ 转化为测量 U 、 I , 然后联立方程求解或运用图像处理

第4讲

常用的实验数据处理方法

1. 数据分析与处理在高考中的要求

(1) 高考对实验能力要求中明确提到: 能明确实验目的, 能理解实验原理和方法, 能控制实验条件, 会使用仪器, 会观察、分析实验现象, 会记录、处理实验数据, 并得出结论。

(2) 在进行数据处理与分析时注意以下两点:

①要求认识误差问题在实验中的重要性, 了解误差的概念, 知道系统误差和偶然误差; 知道用多次测量求平均值的方法减小偶然误差; 能在某些实验中分析误差的主要来源; 不要求计算误差。

②要求知道有效数字的概念, 会用有效

数字表达直接测量的结果, 间接测量的有效数字运算不作要求。

2. 实验数据的处理方法

数据处理是指从获得数据开始到得出最后结论的整个加工过程, 包括数据记录、整理、计算、分析和绘制图表等。数据处理是实验工作的重要内容, 涉及的内容很多, 这里仅介绍一些高考经常涉及到的一些数据处理方法。

(1) 列表法

对一个物理量进行多次测量或研究几个物理量之间的关系时, 往往借助于列表法把实验数据列成表格, 将实验数据列成适当的





表格,可以使大量数据表达清晰醒目,条理化,易于检查数据和发现问题,避免差错,同时有助于反映出物理量之间的对应关系。

一个适当的数据表格可以提高数据处理效率,减少或避免错误,所以一定要养成列表记录和数据处理的习惯,在记录数据时需要注意以下几点:

①各栏目均应注明所记录的物理量的名称(符号)和单位。

②确定栏目的顺序时应充分注意数据间的联系和计算顺序,力求简明、齐全、有条理。

③表中的原始测量数据应正确反映有效数字,数据不应随便涂改,确实要修改数据时,应将原来数据画条杠以备随时查验。

④对于函数关系的数据表格,应按自变量由小到大或由大到小的顺序排列,以便于判断和处理。

(2) 平均值法

在同样的测量条件下,对于某一物理量进行多次测量的结果由于误差不会完全一样,用多次测量的算术平均值作为测量结果,是真实值的最好近似。虽然平均值法可以减小偶然误差,但在使用该方法时需要注意以下几点:

①注意在什么情况下能用平均值法。例如在测定玻璃折射率的实验中,应分别求出各组数据算出折射率后再求平均值,而不是各组数据取平均值后再求折射率。

②运用平均值法时,计算的平均值应按原来测量仪器的精确度决定保留的位数。

(3) 作图法

利用实验数据,将实验中的物理量之间的函数关系用几何图线表示出来,这种方法称之为作图法。

作图法不仅能简明、直观、形象的显示物理量之间的关系,而且有助于我们研究物理量之间的变化规律,找出物理量之间的函数关系或求出相关的物理量。同时,所作的图线对测量数据起到平均值的作用,从而减小随

机误差的影响,此外,还可以作出仪器的校正曲线,帮助发现实验中的某些错误等。

在运用作图法时,常有以下步骤:

①选择图纸:作图纸有直角坐标纸(即mm方格纸)、对数坐标纸和极坐标纸等,根据作图需要选择。在物理实验中比较常用的是mm方格纸,其规格多为 $17 \times 25 \text{cm}$ 。

②曲线改直:由于直线最易描绘,且直线方程的两个参数(斜率和截距)也较易算得。所以对于两个变量之间的函数关系是非线性的情形,在用图解法时应尽可能通过变量代换将非线性的函数曲线转变为线性函数的直线。下面为几种常用的变换方法:

a. $xy=c$ (c 为常数)。令 $z=1/x$, 则 $y=cx$, 即 y 与 z 为线性关系。

b. $y=c\sqrt{x}$ (y 为常数)。令 $z=x^2$, 则 $y=(1/c^2)z$, 即 y 与 z 为线性关系。

c. $y=ax^b$ (a 和 b 为常数)。等式两边取对数得, $\lg y = \lg a + b \lg x$ 。于是, $\lg y$ 与 $\lg x$ 为线性关系, b 为斜率, $\lg a$ 为截距。

d. $y=ae^{bx}$ (a 和 b 为常数)。等式两边取自然对数得, $\ln y = \ln a + bx$ 。于是, $\ln y$ 与 x 为线性关系, b 为斜率, $\ln a$ 为截距。

③确定坐标比例与标度:合理选择坐标比例是作图法的关键所在。作图时通常以自变量作横坐标(x 轴),因变量作纵坐标(y 轴)。坐标轴确定后,用粗实线在坐标纸上描出坐标轴,并注明坐标轴所代表物理量的符号和单位。坐标比例是指坐标轴上单位长度(通常为1cm)所代表的物理量的大小。坐标比例的选取应注意以下几点:

a. 原则上做到数据中的可靠数字在图上应是可靠的,即坐标轴上的最小分度(1mm)对应于实验数据的最后一位准确数字。坐标比例选得过大会损害数据的准确度。

b. 坐标比例的选取应以便于读数为原则,常用的比例为“1:1”、“1:2”、“1:5”(包括“1:0.1”、“1:10”、…),即每厘米代表“1”、“2”、“5”倍率单位的物理量。切勿采用复杂的比例关系,如“1:3”、“1:7”、“1:9”等。这样



不但不易绘图,而且读数困难。

坐标比例确定后,应对坐标轴进行标度,即在坐标轴上均匀地(一般每隔 2cm)标出所代表物理量的整齐数值,标记所用的有效数字位数应与实验数据的有效数字位数相同。标度不一定从零开始,一般用小于实验数据最小值的某一数作为坐标轴的起始点,用大于实验数据最大值的某一数作为终点,这样图纸可以被充分利用。

④数据点的标出:实验数据点在图纸上用“+”符号标出,符号的交叉点正是数据点的位置。若在同一张图上作几条实验曲线,各条曲线的实验数据点应该用不同符号(如“×”、“○”等)标出,以示区别。

⑤曲线的描绘:由实验数据点描绘出平滑的实验曲线,连线要用透明直尺或三角板、曲线板等拟合。根据随机误差理论,实验数据应均匀分布在曲线两侧,与曲线的距离尽可能小。个别偏离曲线较远的点,应检查标点是否错误,若无误,表明该点可能是错误数据,在连线时不予考虑。对于仪器仪表的校准曲

注意:细节决定成败——当心“数据图线题”不规范的“10 个扣分点”(如图 1-13 所示:描绘小电珠的 $U-I$ 伏安曲线)。

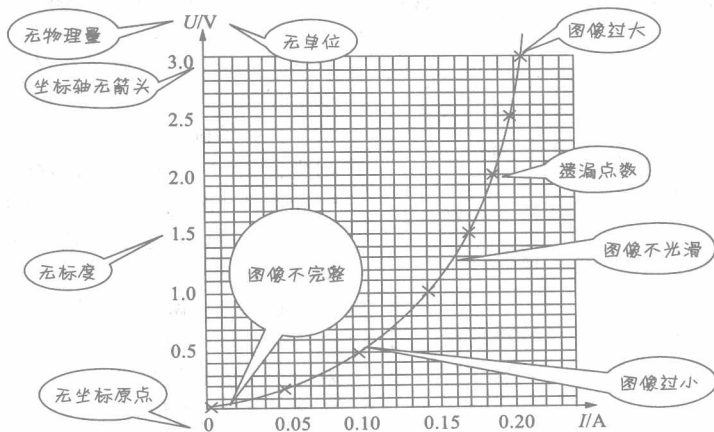


图 1-13

线和定标曲线,连接时应将相邻的两点连成直线,整个曲线呈折线形状。

⑥注解与说明:在图纸上要写明图线的名称、坐标比例及必要的说明(主要指实验条件),并在恰当地方注明作者姓名、日期等。

⑦直线图解法求待定常数:直线图解法首先是求出斜率和截距,进而得出完整的线性方程。其步骤如下:

a. 选点. 在直线上紧靠实验数据的两个端点内侧取两点 $A(x_1, y_1)$ 、 $B(x_2, y_2)$, 并用不同于实验数据的符号标明, 在符号旁边注明其坐标值(注意有效数字)。若选取的两点距离较近, 计算斜率时会减少有效数字的位数。这两点既不能在实验数据范围以外取点, 因为它已无实验根据, 也不能直接使用原始测量数据点计算斜率。

b. 求斜率. 设直线方程为 $y = a + bx$, 则斜率为: $b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

c. 求截距. 截距的计算公式为: $a = y_1 - bx_1$

(4) 逐差法

当两个变量之间存在线性关系, 且自变

量为等差级数变化的情况下, 用逐差法处理数据, 既能充分利用实验数据, 又具有减小误差的效果。具体做法是将测量得到的偶数组



数据分成前后两组,将对应项分别相减,然后再求平均值。

运用逐差法时全部测量数据都被用上,保持了多次测量的优点,减少了随机误差,计算结果比前面的要准确些。逐差法计算简便,特别是在检查具有线性关系的数据时,可随时“逐差验证”,及时发现数据规律或错误数据。

能力评估

1. 下列数据中,有效数字位数最少的是

()

- A. 0.300m B. 1.02V
C. 0.37A D. $2 \times 10^3 \Omega$

2. 使用各种测量仪器测得下列数据,请在空格内填出有效数字位数和测量仪器的最小刻度:

①长度:0.402mm, _____ 位有效数字,最小刻度为 _____。

②质量:18.24g, _____ 位有效数字,最小刻度为 _____。

③温度:52.1℃, _____ 位有效数字,最小刻度为 _____。

④电压: $2.4 \times 10^2 \text{V}$, _____ 位有效数字,最小刻度为 _____。

⑤电阻: $22.4 \times 10^3 \Omega$, _____ 位有效数字,最小刻度为 _____。

3. 读出图 1-14 中 50 分度游标卡尺的示数。

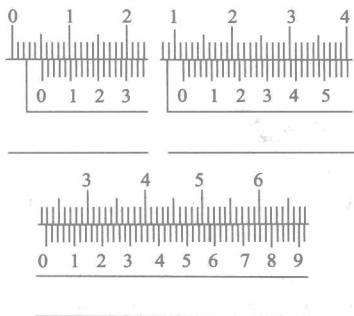


图 1-14

(5) 公式法

如果明确物理量之间的函数关系,利用已经测量的数据可以通过已知公式求出相关物理量的大小或者直接验证两物理量之间的关系是否正确,该方法比较简单,在使用时需要注意物理量的单位和数量级不要出错。

4. 试读出如图 1-15 所示螺旋测微器的读数。

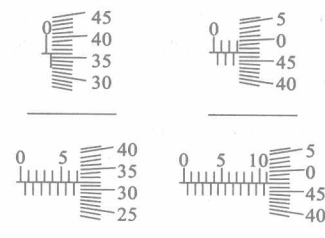


图 1-15

5. 按照有效数字规则读出如图 1-16、图 1-17 所示电表的测量值。

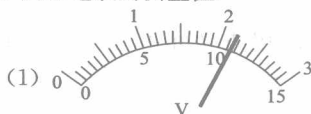


图 1-16

接 0~3V 量程时读数为 _____ V。

接 0~15V 量程时读数为 _____ V。



图 1-17

接 0~3A 量程时读数为 _____ A。

接 0~0.6A 量程时读数为 _____ A。

6. 读出如图 1-18 所示机械秒表的读数为 _____。

7. 如图 1-19 所示电阻箱的阻值为 _____。