

锦囊妙解

中学生 数理化系列

主编/顾文

PHYSICS

高二物理

不可不做
实验



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

锦囊妙解

中学生数理化系列

不可不做的实验

高二物理

总 策 划	司马文				
丛书主编	万强华				
编 委	毛宗致	徐水秀	李华荣	李 敏	
	徐奇峰	盛文英	胡金有	陈秀梅	
	王孟槐	赖圣宝	陈国芬	胡利华	
	钟庐文	顾 文	胡纪明		
本册主编	顾 文				
编 者	万 文	卢 彦	汪时华	朱健明	
	贾 明				



机械工业出版社

本书是“锦囊妙解中学生数理化系列”的《不可不做的实验 高二物理》分册,它体现了新课标改革精神,不受任何版本限制。书中体现了系统的实验知识讲解,并配有近年来相应的高考真题和模拟题。全书分为实验基础、基本实验、提高实验和不可不读的实验题等几个部分。本书内容新颖,题材广泛,目的是要从本质上提高考生的知识理解能力,分析问题和解决问题的能力以及动手实验操作的能力。

图书在版编目(CIP)数据

不可不做的实验.高二物理/顾文主编. —北京:机械工业出版社,2006.6

(锦囊妙解中学生数理化系列)

ISBN 7-111-18928-0

I. 不... II. 顾... III. 物理课—实验—高中—教学参考资料 IV. C634.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第056690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:马文涛

责任印制:李妍

三河市汇鑫印务有限公司印刷

2006年9月第1版·第1次印刷

169mm×230mm·8.25印张·200千字

定价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话:(010)68326294

编辑热线:(010)88379037

封面无防伪标均为盗版

前言

Preface

武林竞技,想要取胜,或“一把枪舞得风雨不透”,或有独门绝技,三招之内,挑敌于马下。古有“锦囊妙计”,今有“锦囊妙解”辅导系列。继“锦囊妙解——中学生英语系列”、“锦囊妙解——中学生语文系列”之后,我们又隆重推出了“锦囊妙解——中学生数理化系列”。

这是一套充满智慧的系列丛书:能使你身怀绝技,轻松过关斩将,技增艺长。

这更是一套充满谋略的系列丛书,能使你做到“风雨不透”,意外脱颖而出,圆名校梦。

这套丛书紧密结合教材内容,力求将教学需求和实际中高考要求完美结合。在体例设计、内容编排、方法运用、训练考查等方面都充分考虑各个年级学生的实际,由浅入深,循序渐进,稳步提高,并适度、前瞻性地把握中高考动态和趋向,在基础教学中渗透中高考意识。

本丛书作者均为多年在初中、高中一线教学的精英,每册都由有关专家最后审稿定稿。

这套丛书按中高考数、理、化必考的知识点分成三大系列:《不可不读的题》、《不可不知的素材》和《不可不做的实验》。从七年级到高考,并按数学、物理、化学分类,配套中学新课标教材,兼顾老教材:共有 36 册。

本丛书有如下特点:

1. 选材面广,知识点细,针对性强

在《不可不读的题》中,我们尽量选用当前的热点题,近几年各地的中高考题,并有自编的创新题。在《不可不知的素材》中,我们力求做到:知识面广、知识点细而全、知识网络清晰,并增加一些中高考的边缘知识和前瞻性知识。在《不可不做的实验》中,我们针对目前中学生实验水平低、实验技能差、实验知识缺乏的情况,结合教材的知识网络,详细而全面地介绍了实验。有实验目的、原理、步骤、仪器、实验现象、结论、问题探讨,并增加了实验的一般思路和方法。除介绍课本上的学生实验和教师的演示实验外,还增加了很多中高考中出现的课外实验和探究实验。

2. 指导到位

从本书在指导学生处理好学习中的基础知识的掌握、解题能力的娴熟、能力的



提高方面,有意想不到的功效。选择本丛书潜心修炼,定能助你考场上游刃有余,一路顺风,高唱凯歌。

3. 目标明确

在强调学生分析问题和解决问题能力的同时,在习题、内容上严格对应中高考命题方式,充分体现最新中高考的考试大纲原则和命题趋势。

梦想与你同在,我们与你同行。我们期盼:静静的考场上,有你自信的身影。我们坚信:闪光的金榜上,有你灿烂的笑颜。

本丛书特邀江西师范大学附属中学高级教师、南昌市学科带头人万强华担任主编,本分册由顾文主编。

我们全体策编人员殷切期待广大读者对丛书提出宝贵意见。无边的学海仍然警示着我们:只有不懈努力,才会取得胜利,走向辉煌。

编 者
2006年6月

目 录 Contents

前言

第一章 实验基础	1
一、误差与有效数字	1
二、基本仪器	2
第二章 基本实验	10
一、分组实验	10
二、演示实验	57
第三章 提高实验	77
一、实验设计	77
二、常见实验设计问题	80
第四章 不可不读的实验题	86
一、历年高考实验题精选	86
二、综合训练题	105
三、演示实验训练题	117
四、参考答案	122

第一章

实验基础

一、误差与有效数字

(一) 误差及误差分析

1. 误差

测量值与真实值的差异称为误差。误差存在于一切测量之中,而且贯穿测量过程的始终。误差是客观存在的,它不能避免,只能减小。

2. 误差的分类

(1) 从误差来源看,误差根据其性质分为系统误差和偶然误差。

① 系统误差:系统误差主要是由于实验原理不够完备(例如:伏安法测电阻时,电表内阻引起的误差)、实验仪器精度不够(例如:刻度尺比游标卡尺误差大)或实验方法粗略(例如:没考虑空气阻力和摩擦力的存在)而产生的。

系统误差的基本特点是:在使用的仪器、方法、测量时的环境和测量者均一定的条件下,对同一物理量进行多次重复测试,各次测量的结果(包括大小和方向)与真实值的偏差总是具有相同的倾向性,即总是偏大或偏小。

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:偶然误差是由于各种偶然因素对实验者和实验仪器的影响而产生的。

偶然误差的特点是:有时偏大,有时偏小,且偏大和偏小的机会相等。

减小偶然误差的方法有:多次实验并取其测量的平均值。通常将足够多次数的测量结果的平均值取为该待测量实验的真实值。

(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的绝对值。

$\Delta x = |\text{测量值} - \text{真实值}|$,绝对误差反映了

测量值偏离真实值的大小。

② 相对误差:相对误差等于绝对误差 Δx 与真实值 x_0 之比,常用百分数表示, $\eta = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$ 。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。

(二) 有效数字

由于实验量具和量仪精密程度的限制及其他一些原因,测量得到的数值不可能绝对准确。凡是用量具和量仪直接读出的数字(包括最后一位估计的数字),都是有效数字。

1. 有效数字

带有一位不可靠数字的近似数字叫做有效数字。有效数字的最后一位是误差所在位。

2. 有效数字位数的判定方法

① 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为止。

② 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 $0.0735\text{cm} = 7.35 \times 10^{-2}\text{cm}$,有三位有效数字。

③ 以从左往右第一个不为零数字为标准,其左边的“0”不是有效数字,其右边的“0”是有效数字。如 0.0123 有三位有效数字, 0.01230 有四位有效数字。

④ 作为有效数字的“0”不可省略不写。如不能将 1.350cm 写成 1.35cm ,因为它们的误差不相同。

3. 测量仪器的读数规则

测量误差出现在哪一位,读数就相应读到哪一位。直接测量中读出的测量值的有效数字的最后一位要与读数误差所在的一位相同。中学阶段一般可根据测量仪器的最小分度来确定读数误差出现的位置。对于常用的仪器可按下述方法读数:



①. 最小分度是“1”的仪器, 测量误差出现在下一位, 下一位按十分之一估读。如最小刻度是1mm的刻度尺, 测量误差出现在毫米的十分位上, 估读到十分之几毫米。

②. 最小分度是“2”或“5”的仪器, 测量误差出现在同一位上, 同一位分别按二分之一或五分之一估读。如学生用的0.6A量程的电流表, 最小分度为0.02A, 误差出现在安培的百分位, 只读到安培的百分位, 估读半小格, 不足半小格的舍去, 等于半小格的按半小格估读, 超过半小格的按一小格估读。以安培为单位读数时, 百分位上的数字可能为0, 1, 2, ..., 9; 学生用的15V量程的电压表, 最小分度为0.5V, 测量误差出现在伏特的十分位上, 只读到伏特十分位, 估读五分之几小格, 以伏特为单位读数时, 十分位上的数字可能为0, 1, 2, ..., 9。

二、基本仪器

要做好物理实验, 首先要认识基本仪器, 明确其构造、性能和原理, 能正确使用和熟练操作它们。

1. 螺旋测微器(千分尺)

(1) 构造:

图1-2-1a所示是常用的螺旋测微器。它的小砧A和固定刻度B固定在框架C上, 旋钮D、微调旋钮D'和可动刻度E、测微螺杆F连在一起, 通过精密螺纹套在B上。

(2) 原理:

精密螺纹的螺距是0.5mm, 即每旋转一周, F前进或后退0.5mm。可动刻度分成50等分, 每一等分表示0.01mm, 即可动刻度每转过一等分, F前进或后退0.01mm, 因此, 从可动刻度旋转了多少个等分就知道长度变化了多少个0.01mm。可见, 螺旋测微器的精确度为0.01mm, 误差出现在小数点后面的第三位, 即毫米的千分位。因此, 螺旋测微器又称千分尺。量程一般为25mm。

(3) 使用方法:

①校零: 测量前使测微螺杆F和小砧A并拢, 可动刻度E的零刻度与固定刻度B应在固

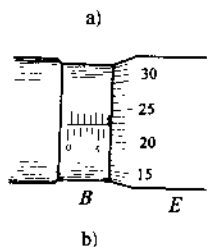
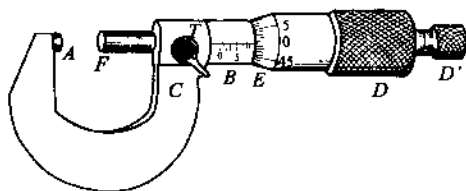


图1-2-1

定刻度的零刻度线处对齐, 否则应加以修正: 如果可动刻度的零刻线在固定刻度的轴向线之上 n 小格, 应在读数中加上 $0.01 \times n$ mm, 反之则减去 $0.01 \times n$ mm。

②测量: 旋动旋钮D, 将测微螺杆F旋出, 把被测的圆柱体放入A、F之间的夹缝中, 转动D, 当F将要接触圆柱体时, 再轻轻转动微调旋钮D', 当听到“咔、咔...”的声音时(表明待测物刚好被夹住), 然后转动锁紧手柄T使F止动。

③读数: 以可动刻度的边缘为准, 先从固定刻度上读出半毫米以上的长度。(注意固定刻度上表示半毫米的刻线是否已经露出) 如图1-2-1b中固定刻度上的读数是6.5mm; 再找出与轴向线对应的可动刻度上的刻线格数(包括估读的格数), 然后把这个格数乘以0.01mm(精度), 就是长度在半毫米以下的长度。图1-2-1b中可动刻度的示数为22.5(其中“22”是准确的格数, “5”是估读的格数), 故可动刻度的读数为 $22.5 \times 0.01\text{mm} = 0.225\text{mm}$ 。因此, 测量结果是 6.725mm 。即螺旋测微器的读数 = 固定刻度读数 + 可动刻度读数。

(4) 注意事项:

① 测量时,当 F 将要接触被测物体时,要停止使用 D ,改用 D' ,以避免 F 和被测物体间产生过大的压力,这样,既可以保护仪器又能保证测量结果准确。

② 读数时,要注意固定刻度上表示半毫米的刻度线是否已经露出。

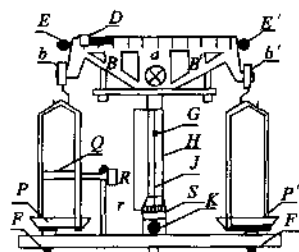
③ 读数时要准确到 0.01mm ,估读到 0.001mm ,即测量结果若用 mm 为单位,则小数点后面必须保留三位。

④ 测量完毕,应用软布将螺旋测微器擦拭干净,并在固定小砧 A 与测微螺杆 F 之间留出一小间隙,再装入仪器盒内。

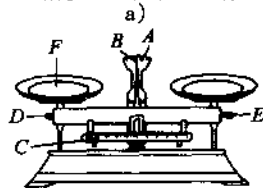
2. 天平

(1) 构造:

实验室中常用的天平有物理天平和托盘天平,结构如图 1-2-2a、b 所示。



a, b, b'—刀口 BB'—横梁 D—游码
E, E'—配重螺母 F, F'—螺钉 G—感量砣
H—支柱 J—指针 K—止动旋钮 P, P'—秤盘
Q—托架 R—铅锤 r—准钉 S—标尺



A—分度盘 B—指针 C—标尺 D—游码
E—平衡螺母 F—托盘

b)

图 1-2-2

(2) 原理:

天平是根据杠杆平衡(即力矩平衡)条件制作的,天平平衡时, $m_{\text{物}} g l_1 = m_{\text{砝}} g l_2$, $\therefore l_1 = l_2$

$$\therefore m_{\text{物}} = m_{\text{砝}}$$

(3) 使用方法:

① 天平的调节:

天平使用前要调节天平平衡,首先要使天平底板水平,对托盘天平,调节底板下的螺旋,直到水平仪中的气泡恰在正中;对物理天平,调节底板下的螺旋,直到重垂线的尖端与底板上小锥体的尖端对正。然后要使横梁平衡。先把游码移至横梁左端“0”刻度处,调节横梁两端的平衡螺母,使指针在标尺的正中央或指针在标尺正中央两侧做等幅摆动,就表示天平平衡了。

② 测量:

把被测物体放在左盘,估计被测物体的质量,用镊子夹取适当的砝码放入右盘,适当地增减砝码,当需要调节的砝码质量小于 1g 时,再调节游码的位置,直至指针指在中央刻线位置,横梁平衡。

③ 读数:

被测物体的质量等于右盘中砝码的总质量与游码示数之和。

(4) 注意事项:

① 加在天平上的质量不能超过它的称量范围,否则会损伤天平。待测物体和砝码的放置应为“左物右码”。

② 不要用手接触砝码或天平盘子,加放砝码用镊子,先加大砝码,后加小砝码,再移动游码。不要把脏、湿东西或化学药品直接放到天平盘里。砝码使用完毕立即放回砝码盒里。放物、添减砝码都要轻拿轻放,以保护两边刀口。

③ 对于物理天平,要注意保护中央刀口,横梁要经常放在止动位置,放物、添减砝码,调整平衡螺旋(即平衡砣)时,横梁都要止动。只有当观察天平是否平衡时,才能旋转止动旋钮,将横梁升起,让刀口支在浅槽中,观察完应立即旋回止动位置。

④ 天平使用完后要保护好,使之防震、防晒、防潮、防腐蝕。

3. 秒表

(1) 构造:



秒表也叫“停表”，表针的运行是靠齿轮转动带动的。秒表有外壳按钮和表盘两个主要部分。

①外壳按钮：该按钮又叫柄头，其作用是使指针启动、停止和回零。

②表盘刻度：如图 1-2-3 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，其常见最小分度值为 0.5min。

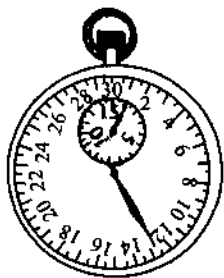


图 1-2-3

(2) 使用方法：

首先要上好发条，它上端的按钮用来开启和止动停表：第一次按压，表开始计时；第二次按压，指针停止走动，指示出两次按压之间的时间；第三次按压，两指针均返回零刻度处。

(3) 读数：

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，总时间为两针示数之和，即 $t = \text{短针读数}(t_1) + \text{长针读数}(t_2)$ 。

读数时，一定要注意短针指示位置是否超过半分钟刻度线。

(4) 注意事项：

①检查秒表零点是否准确，如不准，应记下其读数，并对读数作修正。

②实验中切勿摔碰秒表，以免震坏。

③实验完毕，应让秒表继续走动，使发条完全放松，释放其弹性势能。

④用秒表计时时一般不估读，因为机械表采用齿轮传动，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小的时间。

4. 温度计

(1) 构造：

中学实验中常用的液体温度计有水银温度计、酒精温度计等，其结构如图 1-2-4 所示。



图 1-2-4

(2) 原理：

温度计是根据液体的热胀冷缩的性质制成的。常用的温度计的最小分度有 1℃，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。

(3) 使用及注意事项：

①选择计时时要注意它的测量范围，如水银温度计测量范围一般为 0 ~ 100℃，煤油温度计的测量范围一般为 -50 ~ 100℃，体温计的测量范围为 35 ~ 42℃。待测物体的温度应在温度计的测量范围之内。

②测量时，要使温度计与被测物体充分接触，达到热平衡后温度计内的液柱升高到最高不再上升时再读数。

③测量液体温度时，温度计不要与器壁接触，更不能当搅拌器使用。

④读数时，温度计不能离开被测物体（体温计除外），而且视线要正对液柱的凸（或凹）弯月面的水平切线位置。

5. 气压计

气压计是测定大气压强的仪器，中学实验中常用的气压计有：槽式水银气压计，又叫福廷式气压计；曲管水银气压计。下面主要介绍槽式水银气压计。

(1) 构造:

如图 1-2-5 所示, 它由螺旋象牙针, 刻度尺, 温度表, 水银槽及外壳组成, 螺旋 A 是用来调节槽内水银面的高度, 使水银面刚好接触象牙针 B. 针尖接触水银面时刻度尺 C 示数为“0”, 测量时由刻度尺和游标直接读出水银面的高度 (即对应的大气压强 p_0), 其中, 温度表 E 的示数 k 为当时的温度.



A—螺旋 B—象牙针
C—刻度尺 D—游标尺
E—温度表 F—水银槽

图 1-2-5

(2) 原理:

依据托里拆利实验原理, 气压计只作测定大气压强用.

(3) 使用方法:

① 转动竖直挂在墙壁上的气压计的螺旋 A, 使槽内水银面刚好和槽上象牙针尖接触.

② 移动刻度尺上的游标 D, 使它的下边“0”刻线正好与水银的凸面相切.

③ 读出刻度尺 C 上的示数和游标 D 的示数 (读数方法同游标卡尺), 两项之和即为当地大气压值.

(4) 注意事项:

- ① 气压计须保持竖直状态.
- ② 调节的动作要轻且慢, 不可旋转过急.
- ③ 读数时, 视线要与刻度尺垂直.

a. 滑动变阻器

(1) 构造:

滑动变阻器的结构如图 1-2-6 所示, 表面涂有氧化绝缘层的电阻丝 AB 密绕在瓷管上, 滑动片 P 与电阻丝紧密接触 (接触部分的氧化层已刮掉, 且能在滑杆 CD 上左右滑动, 使电阻连续发生改变).



图 1-2-6

(2) 原理:

根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S}$, 对于粗细均匀的电阻丝, 即 ρ 、 S 不变时, 电阻的大小与长度成正比, 随着滑动片位置的变化, 电阻丝接入电路的长度 L 发生变化, 变阻器接入电路的电阻值也相应发生变化.

(3) 使用方法:

滑动变阻器在电路中有两种连接方式: 限流式和分压式接法.

① 限流式接法:

a. 电路如图 1-2-7a 所示, 用电器 R_0 与滑动变阻器的 AP 部分电阻串联, 另一部分 PB 电阻不起作用.

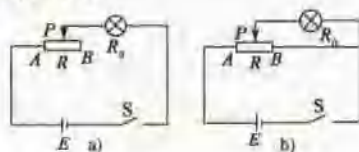


图 1-2-7

b. 不考虑电阻内阻, 用电器 R_0 的电压变化范围为 $\frac{R_0}{R+R_0}E \sim E$, 电流变化范围为 $\frac{E}{R+R_0}$

$\sim \frac{E}{R_0}$, 其中 R 为变阻器的最大阻值.

c. 闭合开关前要使变阻器连入电路有效电阻 (即 AP 部分电阻) 最大.

②分压式接法

a. 电路如图 1-2-7b 所示, 用电器 R_0 与滑动变阻器的部分电阻并联后, 再与另一部分电阻串联。

b. 不考虑电源内阻影响, 用电器 R_0 的电压变化范围为 $0 \sim E$, 电流变化范围为 $0 \sim \frac{E}{R_0}$ 。

c. 闭合电键前应使滑片移到 A 端, 以使用电器 R_0 的电压从零开始变化。

③两种接法选用的基本原则:

一般先用限流电路估算, 若能满足条件一般选用限流接法。这种接法简单, 耗电少。但由于限流电路调节电压、电流范围较小, 分压式电路调节范围大, 故通常要根据实际需要选择电路。

一般地, $R > 10R_0$ 时, 用限流式; $R < R_0/2$ 时, 用分压式; $R_0/2 < R < 10R_0$ 时, 用限流式或分压式均可。

④选用的估算方法如下:

a. 负载电阻的阻值 R_0 远大于变阻器的总电阻 R 须用分压式电路。

b. 要求负载上电压或电流变化范围较大, 且从零开始可调, 须用分压式电路。

c. 负载电阻的阻值 R_0 小于变阻器的总电阻 R 或相差不多, 且电压电流变化不要求从零调起时, 可采用限流接法。

d. 两种电路均可采用的情况下, 应优先采用限流式法。因为限流接法总功耗较小。

e. 特殊问题中还要根据电压表和电流表量程以及用电器允许通过的最大电流来反复推敲, 以更减小误差的连接方式为好。

(4) 注意事项:

①通过滑动变阻器的电流不能超过它的额定电流

②滑动变阻器虽然有四个接线柱, 但实际上最多只有三个接线柱起作用(滑杆两端的两个接线柱实际上只接一个), 应根据不同的需要来选用接线柱。

7. 电阻箱

(1) 构造:

如图 1-2-8a、b 所示, 常见电阻箱可分为插孔式和转柄式两种。中学物理实验中, 一般采用转柄式电阻箱。

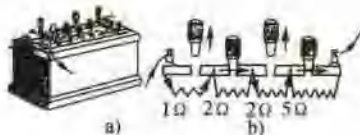


图 1-2-8

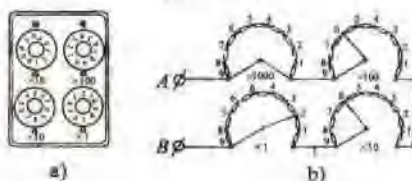


图 1-2-9

(2) 原理:

电阻箱是由多个电阻串联而成, 它的原理是通过改变串联电阻的个数, 从而达到改变电阻的目的。它的用途是为实验提供一个可变电阻, 它和滑动变阻器的区别是: 电阻箱的阻值可以直接读出, 而滑动变阻器的阻值不能直接读出; 电阻箱的阻值变化是不连续的, 而滑动变阻器的阻值可以连续变化。

插头式电阻箱如图 1-2-8a 所示。

它的盖上一排铜块, 铜块间有插孔, 孔里插铜塞。当铜塞插在孔里时, 就把相邻的两个铜块连在一起, 电流就由铜块上流过。当铜塞拔出时, 电流就通过插孔下面的电阻丝。拔出的铜塞越多, 连入电路的电阻丝就越长, 接入电路的电阻值就越大, 每个插孔下面的电阻丝的阻值都标在插孔旁, 供需要选用。

转柄式电阻箱如图 1-2-8b 所示。它是由多个定值电阻串接而成, 通过转柄来控制接入电路的电阻数值。如图 1-2-9a 所示为一般电阻箱的面盘, 而盘上有两个接线柱和 4 个可旋转的转柄(旋钮)。使用时两接线柱接入电路, 调节面盘上的 4 个旋钮就能得到需要接入电路的电阻值, 4 个旋钮对应的指示点(图中的小三角“△”)的阻值分别有 $R \times 1k\Omega$ 、 $R \times$

100Ω 、 $R \times 10\Omega$ 、 $R \times 1\Omega$ ，阻值总和等于转柄指示点所指的四个阻值之和，如图 1-2-9a 所示，可知接线柱间的电阻 $R = 1 \times 1000 + 9 \times 100 + 8 \times 10 + 1 \times 7 = 1987\Omega$ ，该电阻箱电阻调节范围为 $0 \sim 9999\Omega$ 。1-2-9b 为电阻箱内不同数值的电阻的连接方式。你能读出 1-2-9b 中电阻箱接入电路的阻值吗？

(3) 使用方法：

使用时将两接线柱接入电路，插头式电阻箱需要拔出电路中所需的电阻对应的若干铜塞，转柄式电阻箱应将转柄转至所需的数值，使相应阻值的电阻连入电路。

(4) 注意事项：

① 使用时一定不能超过电阻箱所允许通过的电流最大值，以免损坏线圈。

② 插孔式电阻箱使用时对未拔出的铜塞一定要插紧，以保持良好接触，避免接触不良引起误差。

③ 转柄式电阻箱不用时，可把各组的转柄指回到“0”处。

④ 实验过程中改变阻值时，不能使电阻箱上的阻值出现 0Ω ，以免损坏其他仪表。如：若需要将电阻箱的阻值调小时，应先调大，再调小。如要将 130Ω 调到 105Ω ，应先调 135Ω ，再调到 105Ω ，不能先调到 100Ω ，再调到 105Ω ；同样，要将阻值调大时，也要先调大，再调小。如将 9Ω 调到 10Ω ，应先调到 19Ω ，再调到 10Ω ，不能先调到 0Ω ，再调到 10Ω 。

8. 电流表

电流表是一种比较精密的测量电流的仪器，高中阶段常用的电流表为直流电流表。

(1) 构造：

如图 1-2-10 所示，图 a、b 两种形式是一般高中学校实验室里常用的电流表。这两种电流表的两个量程都是 $0 \sim 0.6\text{A}$ 和 $0 \sim 3\text{A}$ 。各有 3 个接线柱。图 a 所示的电流表，两个量程共用一个“+”接线柱，标着“0.6”和“3”的为负接线柱，零刻度线在表盘左侧；图 b 所示的电流表，两个量程共用一个“-”接线柱，标着“0.6”、“3”的为正接线柱，零刻度线不在表盘

左侧，最左端刻度为“-0.2A”（“-1A”），电流表的表面还有上、下两种刻度的刻度盘（也叫读数窗）。刻度盘下面还有调零螺钉，通过旋转调零螺钉，可以使电流表指针在不接电流时指在零刻度处。

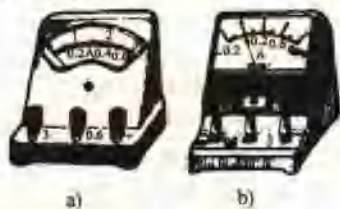


图 1-2-10

电流表的内部是一个置于辐向磁场中的线圈绕组。

另外，高中阶段还经常遇到如图 1-2-11 所示的电流表。



图 1-2-11

a 图是学生电流表，是单量程电流表，零刻度在表盘的左端。

b 图是灵敏电流表：这种电流表的量程很小，有毫安级、微安级两种，常用来检测电路中微小电流的变化。它的“0”刻度在刻度盘中间。电流无论从哪个接线柱流入均可，所以没有“+”、“-”接线柱之分。

c 图为教学电流表，也叫演示电流表，是灵敏电流表中的一种，做成这种外形，便于教师在课堂上实验时供学生观察。表上的刻度盘往往不是固定的，为了方便教学，可以选用不同形式、不同量程的刻度盘。”

若将表盘改为电压符号和单位，可作电压表使用。

(2) 原理:

电流表的原理是利用通电线圈在磁场中所受的磁力矩跟电流成正比及并联电路的分流作用的原理制成的。

常用的电流表主要由永磁铁和放入永磁场中的可转动线圈组成,如图 1-2-12 所示,当线圈中通有电流时,线圈在磁场中要受力转动,同时螺旋弹簧被扭转,对线圈施加一个相反方向的力矩,当这个力矩与线圈受的磁场力力矩平衡时,线圈会停在一个确定的位置。因为磁场力力矩与电流成正比,弹簧的扭转力矩与偏转角度成正比,所以线圈及固定在线圈上



图 1-2-12

的指针偏角 θ 与流过的电流成正比,即

$$\theta \propto I$$

所以,这种电流计表的表盘刻度是线性的。

(3) 使用方法:

① 使用电流表前必须先调零。如果指针不在零刻度线上,调节调零螺钉使指针与零刻度线重合。

② 电流表必须串联在待测电路中。“+”、“-”接线柱的接法要正确,连接电流表时,必须使电流从“+”接线柱流进电流表,从“-”接线柱流出电流表。

③ 估测被测电流的大小,选择适当的量程,一般选择量程应使指针转过满偏的 $2/3$ 为宜,至少也要超过 $1/3$ 。如果量程选择太大,指针偏转太小,会造成较大的测量误差。如果量程选择太小,指针偏转太大,会损坏电流表。在

未知被测电流大小的情况下,应先选用较大的量程,然后再根据指针偏转情况选取合适的量程。

④ 读数时视线要通过指针并跟刻度盘垂直,一般都要估读。中学阶段常用的电表都是 2.5 级电表,其测量的最大误差为 2.5%,当选 0.6A 量程时,最大误差为 $\Delta I = 0.6 \times 2.5\% A = 0.015A$,选 3A 量程时,最大误差为 $\Delta I = 3 \times 2.5\% A = 0.075A$,即用这样的量程的电流表测量时,百分位上都已发生误差,据有效数字规则,读数都要保留到安培的百分位。量程分别为 0.6A、3A 的电流表,其最小分度依次为 0.02A、0.1A,读数时要保留到百分位。

(4) 注意事项:

① 被测电流大小不得超过电流表的量程,否则会烧坏电表的线圈。

② 由于电流表的内阻一般较小,所以绝对不允许不经过用电器而将电流表的两接线柱与电源两极相连,以免因电流过大而烧坏表头。

③ 实验过程中没有特别要求时,一般不考虑电流表内阻对电路的影响,但在有些测量中,如伏安法测电阻,就不能忽视电流表内阻对被测电路的影响。

9. 电压表

电压表是一种测量电路两端电压的精密仪器,高中阶段常用的电压表为直流电压表。

(1) 构造:

电压表的外形如图 1-2-13a、b、c、d 所示。

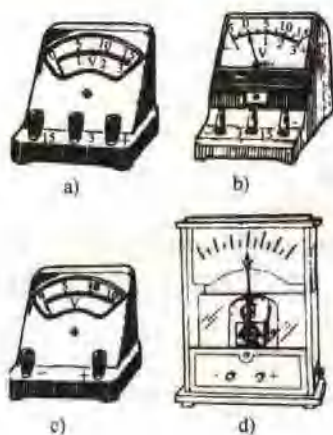


图 1-2-13

高中物理实验室常用双量程的电压表,如图 a、b 所示。这两种外形的电压表的两个量程均为“0~3V”和“0~15V”,各有 3 个接线柱。图 a 所示的电压表,两个量程共用一个“+”接线柱,读数窗中的“0”刻度线在刻度盘的最左端;图 b 所示的电压表,两个量程共用一个“-”接线柱,“0”刻度线在表盘的左侧,但不在左端。两表的刻度盘下各有一个可调旋钮——调零旋钮。若电压表在接入电路前,指针不指向“0”刻度,则需要用一字螺丝刀旋转调零旋钮,使指针与“0”刻线重合。

图 c 叫学生电压表,通常为一个量程(量程较大),只有“+”、“-”两个接线柱。图 d 叫教学电压表,多半为教师在课堂上做演示实验用,做成这种外形,指针偏转明显,便于学生观察。与教学电流表一样,刻度盘往往是不固定的,实验时可根据需要选用不同形式、不同量程的刻度盘。

(2) 原理:

利用通电线圈在磁场中所受的磁力矩跟电流成正比(当线圈的电阻一定时,则跟线圈两端的电压成正比),以及电路的分压原理制成。

(3) 使用方法:

① 使用电压表前必须机械调零。

② 将电压表与被测电路并联,接线时,使电流从“+”接线柱流入,从“-”接线柱流出,或者“+”接线柱接电压高端,“-”接线柱接电压低端。

☆ ③ 估测被测电压数值,选择适当量程使指针转过满偏的 $\frac{2}{3}$,至少也要超过 $\frac{1}{3}$ 为宜。

☆ ④ 读数时视线要通过指针并跟刻度盘垂直。

量程为 3V 的电压表,最小分度为 0.1V,读数要保留到百分位;量程为 15V 的电压表,最小分度为 0.5V,读数时只保留到十分位即可。(道理同前电流表的读数方法一致。)

(4) 注意事项:

① 不要超过电压表的量程范围。

② 不要将接线柱接反,否则会损伤表头。

☆ ③ 不要将电压表串接在电路中,虽不至烧坏表头,但测出的电压值不是用电器两端的电压。

☆ ④ 电压表内阻很大,允许将电压表直接接在电源的两极上来测量电源的电压(略小于电源电动势,但可近似认为等于电源的电动势)。在有些测量中,如伏安法测电阻,要考虑电压表内阻对被测电路的影响。



第二章

基本实验

一、分组实验

实验一 验证动量守恒定律

1. 实验目的

验证两小球的碰撞前后总动量守恒。

2. 实验原理

实验装置如图 2-1-1 所示。

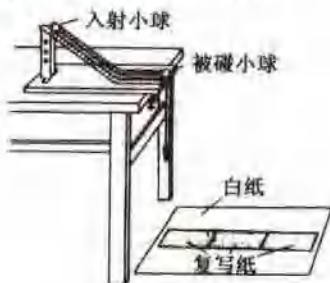


图 2-1-1

让一个质量较大的小球从斜槽上滚下,跟放在斜槽末端的另一质量较小的小球发生碰撞(正碰)。设两个小球的质量分别为 m_1 和 m_2 ,碰前 m_1 的速度为 v_1 ,碰后 m_1 的速度为 v_1' , m_2 的速度为 v_2' ,根据动量守恒定律,应该有 $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 。

小球的质量可用天平称出。由于两球碰撞前后都做平抛运动,它们下落的高度相同,飞

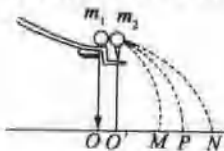


图 2-1-2

行时间 t 也就相同,则在如图 2-1-2 所示中有

$$OP = v_1 t, OM = v_1' t, O'N = v_2' t$$

则 $m_1 OP = m_1 OM + m_2 O'N$ 。若实验测得的 $m_1, m_2, OP, OM, O'N$ 满足上式,这样就验证了

动量守恒。

3. 实验器材

斜槽、重锤线、大小相等而质量不等的小球两个、白纸、复写纸、刻度尺、天平、游标卡尺、圆规。

4. 实验步骤

(1) 用天平测出两个小球的质量 m_1 和 m_2 ;

(2) 如图 2-1-1 所示,安装好实验装置,将斜槽固定在桌边,并使斜槽末端切线水平;

(3) 在水平地面上铺一张白纸,白纸上铺放复写纸;

(4) 在白纸上记下重锤所指的位置 O ,它表示入射球 m_1 碰前位置;

(5) 先不放被碰球,让入射小球从斜槽上某一高处滚下,重复 10 次。用圆规画尽可能小的圆把小球的所有落点圈在里面,圆心 P 就是入射小球不碰时的落点的平均位置;

(6) 把被碰小球放在小支柱上,调节好装置使两小球相碰时处于同一水平高度,确保入射球运动到轨道出口端时恰好与被碰小球发生正碰。

(7) 让入射球从原来的高度处滚下,使它们发生碰撞。重复 10 次,用同样的方法标出碰撞后入射球的落点的平均位置 M 和被碰球的落点的平均位置 N ;

(8) 过 O, N 作一直线,取 $OO' = 2r$ ($2r$ 为小球直径,可用游标卡尺测出), O' 就是被碰小球碰撞时的球心竖直投影位置。

(9) 用刻度尺量出线段 $OM, OP, O'N$ 的长度。

(10) 分别算出 $m_1 \cdot OP$ 与 $m_1 \cdot OM + m_2 \cdot O'N$ 的值,看在实验误差允许的范围内是否相等。

5. 注意事项

(1) 斜槽末端切线必须水平:方法是让碰撞小球放在斜槽末端水平部分的任意位置都能静止,否则要调整水平。

(2) 应使小支柱与槽口间距离等于小球直径,且两球相碰时球心在同一高度,碰撞后两球的速度方向在同一直线上。

(3) 入射小球每次必须从同一高度由静止释放。

(4) 应使入射小球的质量 m_1 大于被碰小球的质量 m_2 , 否则易发生入射球反弹现象,由于斜槽不是绝对光滑, m_1 再次回到斜槽末端的速度会小于碰后 m_1 的速度。

(5) 实验过程中,实验桌、斜槽及白纸的位置不得移动。

6. 误差分析

(1) 实验中两碰撞时若球心不在同一水平面上,使小球的碰撞不是水平正碰,碰后小球将不做严格的平抛运动。

(2) 入射小球释放点越离,两球碰撞时撞击力越大,动量守恒的误差越小;且被直接测量的数值 $\overline{OM}$ 、 $\overline{OP}$ 、 $\overline{ON}$ 越大,因而测量的误差越小。

(3) 采取多次碰撞,取落点的平均位置,以减小偶然误差。

知识要点

例 2 做“验证动量守恒定律”实验如图 2-1-3 所示,选用小球 1 和 2,直径都是 d ,质量分别为 m_1 和 m_2 ,选小球 1 为入射小球,则应有 m_1 m_2 。

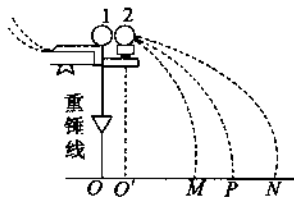


图 2-1-3

在调节好轨道以后,某同学实验步骤如

下:

(1) 用天平测出 m_1 和 m_2 。

(2) 不放小球 2,让小球 1 从轨道上滑下,确定它落地点的位置 P 。

(3) 把小球 2 放在立柱上,让小球 1 从轨道上滑下,与小球 2 正碰后,确定两球落地点的位置 M 和 N 。

(4) 量出 $\overline{OM}$ 、 $\overline{OP}$ 、 $\overline{ON}$ 的长度。

(5) 比较 $m_1 \cdot \overline{OP}$ 和 $m_1 \cdot \overline{OM} + m_2 \cdot \overline{ON}$ 的大小,以验证动量守恒。

请你指出上述步骤中的错误和不当之处,并改正。

【解析与答案】 为防止入射球碰撞后反弹,因此必须满足 $m_1 > m_2$ 。

(2)、(3) 两步骤中确定各球的落点均应多次实验并取平均位置,方法是用尽可能小的圆将落点圈住,取其圆心;步骤(5)中应比较 $m_1 \cdot \overline{OP}$ 和 $m_1 \cdot \overline{OM} + m_2 \cdot \overline{ON}$ 的大小,即 $m_1 \cdot \overline{OP} = m_1 \cdot \overline{OM} + m_2 \cdot \overline{ON}$ 。

例 2 某同学用如图 2-1-4 所示装置通过半径相同的 A 、 B 两球的碰撞来验证动量守恒定律。图中 PQ 是斜槽, QR 为水平槽。实验时先使 A 球从斜槽上某一固定位置 G 由静止开始滚下,落到位于水平地面的记录纸上,留下痕迹。重复

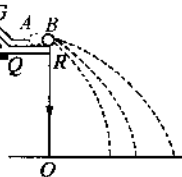


图 2-1-4

上述操作 10 次,得到 10 个落点痕迹。再把 B 球放在水平槽上靠近槽末端的地方,让 A 球仍从位置 G 由静止开始滚下,和 B 球碰撞后, A 、 B 球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹。重复这种操作 10 次。图 2-1-4 中 O 点是水平槽末端 R 在记录纸上的垂直投影点。 B 球落点痕迹如图 2-1-5 所示,其中米尺水平放置,且平行于 G 、 R 、 O 所在的平面,米尺的零点与 O 点对齐。

(1) 碰撞后 B 球的水平射程应取为