

锦囊妙解

主编/钟庐文

中学生 数理化系列

PHYSICS

不可不做的
实验

高一物理



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

高一物理

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	钟庐文			
编者	余龙	黄勇	江新建	李燕萍



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 高一物理》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、综合实验、小实验、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.高一物理/钟庐文主编. —北京:
机械工业出版社,2006.6

(锦囊妙解中学生数理化系列)

ISBN 7-111-18920-5

I. 不... II. 钟... III. 物理课-实验-高中-教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006)第 056692 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:洪汉军

北京汇林印务有限公司印刷

2006 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×230mm·5.75 印张·150 千字

定价:9.00 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,结合课本教材的知识网络,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

本丛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、实验能力的提高方面,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。本分册由钟庐文主编。

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

第一部分 实验基础 1

一、高中物理实验的意义和作用 1

二、高中物理实验的分类和环节 2

三、误差与误差分析 3

四、测量与有效数字 4

五、物理实验的基本方法 5

六、实验数据的处理方法 6

第二部分 基本实验 8

一、基本物理量的测量 8

二、验证力的平行四边形定则 15

三、探究弹力和弹簧伸长量的关系 18

四、练习使用打点计时器 20

五、测定匀变速直线运动的加速度

..... 22

六、验证牛顿第二定律 25

七、平抛物体的运动 28

八、验证机械能守恒定律 30

九、验证动量守恒定律 35

十、用单摆测重力加速度 38

第三部分 提高实验 41

一、实验设计的基本方法 41

二、设计实验的设计原则 42

三、提高实验举例 42

第四部分 小实验 50

第五部分 不可不读的实验题

..... 60

一、近年来高考力学实验题举例 60

二、典型力学练习题 64

第一部分

实验基础



一、高中物理实验的意义和作用

1. 高中物理实验的意义

物理学中许多重要的定律、概念和理论都是通过实验,对大量的物理现象进行分析、归纳、比较和综合后总结出来的。物理学从本质上说是一门以实验为基础的科学,离开了物理实验,就没有物理学的发展。

物理规律的发现、物理理论的建立和物理学的发展,都离不开实验,都必须以严格的物理实验为基础,并受到实验的检验,物理学是自然科学和高新技术的重要基础,是一门以实验为研究基础的科学。实验的演示、验证及结果为物理学的发展起到了巨大的推动作用,在物理学中,每个概念的建立,每个定律的发现,无不有赖于其坚实的实验基础,古希腊的亚里士多德学识渊博,发表过许多有创见的观点,然而,他关于较重物体下落较快的观点并不正确,其实,如果做一做实验,就不会得出这一结论,发现X射线的物理学家伦琴曾说过,实验是最有力可靠的手段,使我们揭开自然界的奥秘;实验也是判断假说应当保留还是应当放弃的最后鉴定。至今,实验仍是检验科学理论正确与否的唯一标准。

所以,物理实验是一门重要的基础课,是高中物理的一个重要组成部分,它在培养新型人才中发挥着其他课程所无法代替的作用。

2. 高中物理实验的作用

主要有以下几方面的作用:

第一,巩固物理概念和规律。物理实验能够为学生理解物理知识提供丰富的感性知识和实践机会,教学过程虽然是以间接知识为对象的特殊认识过程,但是仍然需要遵循从感性到理性,从实践到理论这样一个认识规律。物理实验能够为学生理解物理知识提供丰富的

感性知识和实践机会。由于物理实验的“最确实,最少受干扰”的特点,使物理学家能很好地发现和认识规律;同样,物理实验也能在课堂上创造合适的物理环境,使学生以最有效的方式掌握物理知识。

第二,提高学生的能力,尤其是实验能力,学生既动手、又动脑,自己去探索和验证规律,有利于发展学生的思维,开发智力,形成能力。发展学生能力是教学改革的一项重要任务。近代科学的发展进程表明,实验是科学发展的重要基础,没有实验所显示的现象,就很难突破传统观念的束缚,实验能力是区别于一般实验技能技巧的更高层次的概念。对于高中学生来说,它主要是指根据实验目的和要求,制订实验方案、步骤,设计记录表格,合理地选择仪器,正确地使用仪器进行测量,分析整理实验结果,得出必要结论的能力。实际上,学生实验是思维能力,实验能力综合训练的过程,也是学生创造能力得以产生的源泉。我们应该从实践与思维,动手与动脑的相互关系来认识学生实验的作用。

第三,获得科学的物理实验方法。物理实验可以在一定程度上模仿物理学的研究过程,让学生主动学习和探求物理规律,学习科学研究的方法,比如探索物理规律的方法(探索性实验),验证物理规律的方法(验证性实验),理想化实验的方法等。

最后,培养学生科学态度。通过学生实验可以使学生树立尊重客观实际,严肃认真,一丝不苟的科学态度,可以形成按照基本仪器的使用方法和使用程序,按照实验要求做实验的良好实验习惯。物理教学的目的不是单纯传授知识,更重要的是运用已学的知识解决实际问题。本文是根据物理课程改革的精神,从培养学生研究性学习入手,结合中学物理知识,



开展设计型实验方法的研究,有利于培养学生的动手能力和创新精神及创造能力,可以加深学生对物理学的热爱,进一步激发对物理科学的兴趣。



二、高中物理实验的分类和环节

1. 实验分类

根据实验的性质可划分为验证性实验、应用性实验和探索性实验等。

力学实验中

(1) 属于测量性实验的有:

① 测定匀变速直线运动的加速度(含练习使用打点计时器)

② 用单摆测定重力加速度

(2) 属于验证性实验的有:

① 互成角度的两个共点力的合成

② 验证牛顿第二定律

③ 碰撞中的动量守恒

④ 验证机械能守恒定律

(3) 属于探索性实验的有:

① 探索弹力和弹簧伸长的关系

② 研究平抛物体的运动

根据实验教学的方式又可分为:学生分组实验,教师演示实验,课后小实验等(本书主要是按这一标准来分类的)。

2. 实验环节

无论哪一类实验都应特别珍惜每一次亲自动手的实验机会,每一个实验都要注意下面几个环节:

(1) 要明确实验的目的,做任何事情都必须有一个明确的目的,学做实验也不例外。物理实验的目的就是通过实验观察和实验手段,使同学们有效地掌握基础物理知识,掌握初步的实验技能和培养动手能力,因此学做物理实验要解决好以下三个问题:

① 了解基本实验仪器的构造、原理,学会实验仪器的使用方法。

② 巩固和强化所学过的理论知识,验证物理规律,探求新的知识。

③ 培养独立的实验操作能力。

(2) 要掌握实验步骤与方法。在我们明确实验目的以后,做好实验的关键是掌握实验步骤和方法,特别是对整个实验装置的性能、调节和使用方法及其注意事项,都应心中有数。有些仪器设备比较复杂,往往一时难以搞清楚它的构造、原理及性能,实验前必须先熟悉它,了解其使用方法,实验过程中对每一件仪器在实验中所起的作用都要搞得清清楚楚,只有这样才能做到测量准确、数据可靠、结果可信,保证实验达到预期的目的。

在实验过程中必须严格按照实验设计的程序进行操作,决不能随心所欲,任意改变。因为实验步骤表示实验操作的先后顺序,它是按实验课题、实验目的、实验装置的特殊性能的要求所设计的程序,本身是科学而严密的。

(3) 要注意实验中的观察与思考。许多优秀学生表现出很强的观察能力,主要是因为他们观察的目的性很强,课后注意复习和预习,上课前对有关知识已经有所了解,这样在进行实验时,他们的注意力很快就集中到最重要、最关键的现象上。因为进行实验观察要有明确的目的性,没有明确目的只是一般的感知,不能算是观察。在观察时应明确观察对象、条件、要求以及观察的计划和步骤等。因而能够获得丰富的感性认识,在加深对已学知识理解的同时,也进一步提高了自己的观察能力。

(4) 要做好实验分析与总结。做物理实验时,仅仅记下一些物理量的大小和实验现象是不够的,还需要将测得的数据进行归纳整理,由表及里、去粗取精,运用数学工具(如代数法和图像法),总结出物理规律。

我们现在所做的实验,大多数是前人已经做过的实验,一些物理常数经过反复多次实验测定,已有准确的结果。当我们做这些实验时,绝不能单纯地对错与否为目标而改凑数据,更不能把测量中的失误简单地归纳为仪器设备的问题而不去深入探讨与研究失误的原因。一旦出现失误,我们要仔细分析实验条件和全部过程,找出导致实验失败的真正原因,改正

错误,重新测定.只有这样才能通过实验积累经验.并且养成实事求是的态度.



三、误差与误差分析

1. 误差与误差

(1) 测量值:用测量仪器测定待测物理量所得的数值.

(2) 真实值:任一物理量都有它的客观大小,这个客观量称为真实值.

最理想的测量就是能够测得真实值,但由于测量是利用仪器,在一定条件下通过人来完成的,受仪器的灵敏度和分辨能力的局限性,环境的不稳定性和人的精神状态等因素的影响,使得待测量的真实值是不可测得的.

(3) 误差:测量值和真实值之间总会存在或多或少的偏差,这种偏差就称为测量值的误差.设被测量的真实值为 a ,测量值为 x ,则测量误差为 $\Delta x = x - a$.

(4) 错误是在实验过程中由于操作不当或读数不当所造成的,而误差是在操作正确的情况下产生的.

我们所测得的一切数据都毫无例外包含一定的误差,所以误差存在于一切的测量中,即错误是可以避免的,而误差是不可避免的.

2. 系统误差与偶然误差

(1) 系统误差:在同一条件下(观察方法、仪器、环境、观察者不变)多次测量同一物理量时,符号和绝对值保持不变的误差叫系统误差.当条件发生变化时,系统误差也按一定规律变化.系统误差反映了多次测量总体平均值偏离真实值的程度.

(例如:用天平测量物体质量,当天平不等臂时,测出物体质量总是偏大或偏小)

(2) 系统误差的原因:

(i) 仪器误差:这是由于仪器本身的缺陷或没有按规定条件使用仪器而造成的.如仪器的零点不准,仪器未调整好,外界环境(光线、温度、湿度、电磁场等)对测量仪器的影响等所产生的误差.

(ii) 理论误差(方法误差):这是由于测量所依据的理论公式本身的近似性,或实验条件不能达到理论公式所规定的要求,或者是实验方法本身不完善所带来的误差.例如热学实验中没有考虑散热所导致的热量损失,伏安法测电阻时没有考虑电表内阻对实验结果的影响等.

(iii) 个人误差:这是由于观测者个人感官和运动器官的反应或习惯不同而产生的误差,它因人而异,并与观测者当时的精神状态有关.

(iv) 系统误差有些是定值的,如仪器的零点不准,有些是积累性的,如用受热膨胀的钢质米尺测量时,读数就小于其真实长度.系统误差的出现一般都有较明确的原因,但需要对具体问题认真细致地分析,要设法找出其主要原因,然后采取措施消除它的影响或者是对测量结果进行修正.

(3) 系统误差的特点:

系统误差总是使测量结果偏向一边,或者偏大,或者偏小,因此,多次测量求平均值并不能消除系统误差.

(4) 减小系统误差的方法:

由于系统误差主要是由于仪器不完善、方法(或理论)不完善、环境影响而产生,在实验过程中要不断积累经验,认真分析系统误差产生的原因,采取适当的措施来消除.

例如:对不等臂天平,可以用交换被测物质和砝码的位置,分别测出被测物质质量 m_1 和 m_2 ,则待测物的质量 $m = \sqrt{m_1 \cdot m_2}$.

(5) 偶然误差:在测量时,即使排除了产生系统误差的因素(实际上不可能也没有必要绝对排除),进行了精心的观测,仍然会存在一定的误差,这类由于偶然的或不确定的因素所造成的每一次测量值的无规则变化(涨落),叫做偶然误差,或随机误差.

(6) 偶然误差的原因:如观测时日的物对得不准,读数不准确,周围环境的偶然变化或电源电压的波动等因素的影响,难以确定某个因素产生的具体影响的大小.

(7) 偶然误差的特点:偶然误差的存在使



每次测量值偏大或偏小是不定的,但它并非毫无规律,它的规律性是在大量观测数据中才表现出来的统计规律.在多数物理实验中,偶然误差表现出如下的规律性:①绝对值相等的正的和负的误差出现机会相同;②绝对值小的误差比绝对值大的误差出现的机会多;③误差不会超出一定的范围.

(8) 减小偶然误差的方法:在确定的测量条件下,减小偶然误差的办法是增加测量次数.高中阶段的学生实验中,教师安排的实验会注意减小系统误差的影响,对于存在有零点点值的仪器,要求学生进行校准或者对结果进行修正.但是中学阶段的实验是学习性质的实验,不会要求在提高测量的精确度方面下过多的功夫,一般的实验误差能控制在5%以内就行了.同一条件下的实际测量次数也不必过多,学生实验中多数只要求测4~6次.

3. 绝对误差与相对误差

(1) 绝对误差:测量值 x 与被测量真实值 a 之差,同被测量有相同单位,它反映了测量值偏离真实值的大小.这种有单位的误差称为绝对误差.

即绝对误差 $(\Delta N) = |\text{测量值}(N) - \text{真实值}(N_0)|$,它反映了测量值偏离真实值的程度.

(2) 相对误差:

测量值的绝对误差与测量值之比叫相对误差.相对误差是一个比值,没有单位,通常用百分比表示.

$$\text{相对误差}(\eta) = \frac{\text{绝对误差}(\Delta N)}{\text{真实值}(N_0)} \times 100\%.$$

一般情况下,待测量的真实值是不知道的,实际计算时常用多次测量的平均来代替真实值.即,相对误差 $(\eta) = \frac{\text{绝对误差}(\Delta N)}{\text{测量平均值}(\bar{N})} \times 100\%.$

相对误差(又叫百分误差)反映了实验结果的精确程度.

(3) 在同一测量条件下,绝对误差可以表示一个测量结果的可靠程度;但比较不同测量结果时,绝对误差,可以用来衡量一个测量结

果的精确度,但不能比较两个测量结果的精确度的高低.如:用米尺测量金属导线的长度为100.00cm,绝对误差为1mm;同时用螺旋测微器测得金属导线的直径为0.400mm,绝对误差为0.010mm.绝对误差前者是后者的100倍,但并不能由此得出前者没有后者精确,对于两个测量值的精确程度,必须比较其相对误差,绝对误差的大小并不决定相对误差的大小.



四、测量与有效数字

有效数字:反映被测量实际大小的数字称为有效数字.一般从仪器上读出的数字均为有效数字,它和小数点的位置无关,有效数字的位数是由测量仪器的精度确定的,它是由准确数字和最后一位有误差的数字组成.

由于物理量的测量中总存在着测量误差,因此,测量值及其运算都要使用有效数字及其运算法则.

1. 直接测量的有效数字

我们把测量中能够直接读出的数字加上有可能估读出的数字统称为测量结果的有效数字,前者称为可靠数字,后者称为不可靠数字.

对于一般的刻度式仪器仪表,如刻度尺、指针式电表等直读式的仪器,可以简单地认为,能在最小刻度上直接读出的数值是可靠数字,最小刻度以下还能再估读一位,但这样估读出的数字是可疑的,这样得到的结果中就包括了可靠数字和一位可疑数字,并统称为有效数字.对于游标式的仪器,如游标卡尺等,所得到的结果是直接测出的,都是有效数字.数字式仪表仪器上所显示的数字也都是有效数字.

在测量中,仪器上显示的最后一位数是“0”时,这个“0”也是有效数字,也要读出和记录.例如,用毫米的刻度尺测量一物体长度为4.50厘米,这表示物体的末端刚好与刻度线“5”对齐,下一位数字是0,这时若写成45厘米就不能肯定这一点,所以这个“0”是有效数字,必须记录下来.必须注意的是,在进行单位换

算时必须保证有效数字的位数不变,这样就要采用科学计数法,即用 10 的指数形式表示,例如上面的例子中可以写成 $4.50 \times 10^{-2} \text{ m}$ 或 $4.50 \times 10^4 \mu\text{m}$ 等;如果记成 0.0450m,当然也可以,只是要记住纯小数中小数点后的 0 不是有效数字;而如果记成 $45000 \mu\text{m}$ 就不行了,因为这时可能被误认为是 5 位有效数字。

2. 间接测量量的有效数字

由于间接测量量是直接测量的一些量通过一定的公式运算而得到的,因此需要知道有效数字的运算规则,这样可以避免一些无用的繁琐计算,而且不致由于计算而引进误差,影响到最后的结果。

运算后判断有效数字的位数也有一定的规则:(但这一部分在高中阶段不太作要求)

加、减法运算:加、减运算结果的有效数字的末位,与参与运算的各数字中小数点后位数最少者对齐。例如: $397.8 + 7.625 = 312.4198 = 93.0$ 。

乘、除运算:乘、除运算后结果的有效数字的位数,与参与运算的各数字中有效数字位数最少者相同。例如: $78.625 \times 9.06 \div 11.38 = 62.6$ 。

乘方、开方后有效数字的位数保持不变。



五、物理实验的基本方法

我们做实验就是要证明某些现象,验证定律等等,就要用到某些物理实验的基本方法,常见的物理实验的基本方法有:

1. 放入法

人们设计、制造了一系列精巧的物理仪器或装置用来测量、观察细小的物体,放大的想法是物理实验中的一种基本思想方法。在中学物理中根据放大原理做成的仪器还有扩音机、收音机、示波器、幻灯机等。总的来说,中学物理力学实验中的放大主要有两类:

(1) “时间”的放大:

在运动学实验中,有时为了便于对某些力学量的测量,为了清晰地显示物体运动过程,

以便于观察比较,而需使物体运动一定过程或下落一定高度所用的时间“延长”。对此常用的方法有两种:

① 增加阻力。如,钢球在油中匀速下落。

② 减小斜面倾角。如,加利略的“斜面实验”、“冲淡引力”的结果是“放大了时间”。

2. “形变”的放大:

形变的放大是中学物理实验中常用放大技术应用的典型事例。形变是力的作用效果。在力学中,形变的基本表现形式为体积、长度和角度的改变。而显示形变的方法既可以用力学的方法,又可以用电学(电子学)、光学的方法等。

① 体积改变的显示,如温度计内径做得很细,以使观察的现象更明显,能体现出温度的细小差别。

② 长度(位移)及其变化的测量与显示,如螺旋测微器则通过螺纹将纵向的微小变化放大成圆周方向上的较大变化。

③ 角度变化的显示。

2. 控制变量法

当实验涉及的因素较多时,可以先控制一些物理量保持不变,只研究某一物理量变化时对实验的影响,然后再依次研究其余物理量变化时的情况,这是最常用的一种研究方法。如验证牛顿第二定律的实验中,先保持质量不变,研究加速度与力的关系,再保持外力不变,研究加速度与质量的关系。

3. 积累法

把某些物理量(有时这些量是难以直接测量的微小量)积累后测量,如求单摆的振动周期,可先用秒表测量单摆完成全振动 30~50 次所用的时间,然后再求出平均值,要测量一张纸的厚度,可以测 10 张纸的厚度再求平均值。

4. 留迹示踪法

留迹示踪法能形象、直观、及时地显示出物理过程并通过一定的手段记录下来。如通过纸带上打出的点记录小车的位移和时间,用描迹法画出平抛物体的运动轨迹。我们把红墨水



滴入静止的热水和冷水中,观察分子扩散与温度的关系,把高锰酸钾放入正在加热的水中,观察水的对流情况,在粒子物理探测中,云室、气泡室都留下了粒子的踪迹.

5. 比较法

天平是测量质量的仪器,测量质量的过程,实际上是把未知的质量与标准质量进行比较的过程. 电学中用惠斯顿电桥测电阻的实验也是把未知电阻与标准电阻进行比较. 虽然,天平是力学仪器,电桥是电学仪器,而且两者的原理也根本不同,但天平和电桥在物理实验过程中取得数值的构思方法却是相同的. 天平有臂,电桥也有臂,天平有平衡指针,电桥有平衡检流计 $\odot$,天平有砝码,电桥有标准电阻. 用米尺量物体的长度,也是把物体长度与标准长度进行比较,在实验操作中,比较法也很有用. 在研究凸透镜成像的实验中,要求把烛焰、光屏、透镜三者中心调到同一高度,有的学生不善比较,用眼睛左瞄右瞄,有的学生则巧妙地三者移到一起比较,高低调节十分容易.

6. 模拟法

如果两类物理现象在数学规律上表达相同,我们就可以用这类现象去模拟另一类现象,“电场中等势线的描绘”实验就是用电流场模拟静电场来做实验. 我们在课堂上是用圆环轨道和小球来模拟游乐场中的惯性列车. 模拟方法按其性质可分为以下几种类型:(1)几何模拟;(2)替代或类比模拟;(3)物理模拟;(4)计算机模拟.

7. 转化法

把不可测的量转化为可测的量,把测不准的量转化为测得准的量,这也是一种常见的办法. 我国古代曹冲称象的故事,就包含有把不能直接测的大象的重量,转化成可以测的石块的重量的思想. 温度计的设计者把测看不见的物体的温度转化为可见的温度计内液柱的高度;电阻温度计则利用电阻率与温度的关系,将温度的测量转化为电路中的电流的测量;如测重力加速度 g ,可直接测出单摆的摆长 l 和振动周期 T ,再由周期公式求出 g 值,这种方

法比自由落体法测出的 g 更精确.



六、实验数据的处理方法

1. 直接寻求两个物理量之间的关系

早期的物理实验,许多都是根据直接的数
 ☆ 据予以阐述. 如伽利略斜面实验,当小球从静
 ☆ 止开始沿斜面滚下时,每隔一定时间间隔所通
 ☆ 过的位移之比为 $1^2 : 2^2 : 3^2 \dots\dots$,从而得到位
 移与时间平方成正比的结果. 玻意耳—马略特
 及查理等也是通过直接寻求两个物理量之间
 的关系而找到规律的.

2. 逐差法

将实验数据按前后顺序每隔一定项数进
 行分组,然后对应项相减. 例如在测定匀变速
 直线运动的加速度这个实验中,测得连续相等
 时间 T 内的位移分别为 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_{10}$. 在用
 逐差法处理数据时将上述数据分为两组:

$$s_1 \quad s_2 \quad s_3 \quad s_4 \quad s_5,$$

$$s_6 \quad s_7 \quad s_8 \quad s_9 \quad s_{10}$$

然后对应项相减,即 $s_6 - s_1, s_7 - s_2, \dots$

$$\text{则 } a_1 = (s_6 - s_1) / 5T^2,$$

$$a_2 = (s_7 - s_2) / 5T^2$$

$\dots$

$$a = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5) / 5$$

上述这种分组相减的方法叫逐差法,用逐
 ☆ 差法求平均值,由于充分利用了数据,可以减
 ☆ 少偶然误差.

3. 作图法

把一系列数据之间的关系或其变化情况
 在坐标平面上直观地显示出来,这是最常用的
 方法之一,作图法具有以下优点:

(1) 有多次测量取平均值的作用;

(2) 能简便地从图中求出实验需要的某些
 ☆ 结果;

(3) 可直接读出在实验条件内没有观测到
 ☆ 的某些值,或把图线延伸得到测量范围以外的
 ☆ 数据;

(4) 通过坐标变换将较复杂的函数关系用
 直线表示出来.

4. 平均值法

现行教材中只介绍算术平均值,即把测定的若干组数相加求和,然后除以测量次数,必须注意,求取平均值时应该按原来测量仪器的准确度决定保留的位数.

5. 在记录和处理数据时,常常将数据列成表格.数据列表可以简单而又明确地表示出有关物理量之间的关系,有助于找出物理量之间

的规律性的联系.

列表的要求:

- ① 写明表的标题或加上必要的说明.
- ② 必须交待清楚表中各符号所表示的物理量的意义,并写明单位,单位写在标题栏中.
- ③ 表中的数据要正确反映测量结果的有效数字.

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆

☆



第二部分 基本实验



一、基本物理量的测量

(一) 长度的测量

常用测量工具有刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器等,可根据不同的测量要求(准确度)来选择测量仪器。

1. 刻度尺

刻度尺(图 2-1-1)是测量长度的基本工具,在初中我们就学过。常用于实验的刻度尺是根据国际单位中的主单位米来制作的,称为米尺。一般米尺的最小刻度为毫米,它能准确到毫米,可估读到 0.1mm。

利用刻度尺测量物体时应注意:

① 正确操作,将米尺的刻度线紧贴待测物体,视线垂直于刻度。

② 测量时,起点不一定选在零刻线,因为零刻线往往被磨损后不清晰。

③ 记录测量结果,必须在数据后面标明单位,如图 2-1-1 所示的测量中,可记为 2.90cm,或记为 29.0mm,所用单位不同,数值也不同。作为物理量,只有数值而无单位,是毫无物理意义的,这一点,在今后的各种测量中,应该牢牢记住。

④ 另外记录结果时,要特别注意有效数字,因为它能反映测量的准确度。

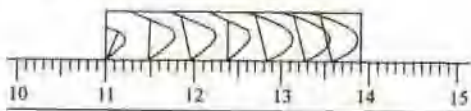


图 2-1-1

2. 游标卡尺

(1) 游标卡尺的构造(图 2-1-2):由主尺、游标尺、内外测脚、深度尺、紧固螺丝等组成。

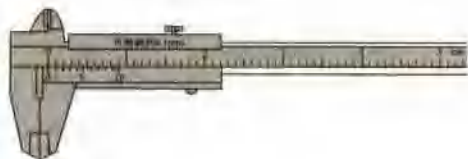


图 2-1-2

(2) 游标卡尺的原理:

在同样长度的主尺和游标上分成不同的等分,利用它们每一等分长度的差异,来读出较精确的测量数据。

如果在游标上将 9mm 长度分成 10 等分,那么游标上的分度值为 0.9mm,主尺上的分度值为 1mm。当游标上的零刻线与主尺上的刻度线对齐时,游标上第一根、第二根、第三根、第四根……刻度线与主尺上的刻度线分别相差 0.1mm、0.2mm、0.3mm、0.4mm……(如图 2-1-3 所示),当游标向右移动时,若游标上的第一根刻度线与主尺上的刻度线对齐时,游标上的读数是 0.1mm,同理,游标上的第二根、第三根、第四根……刻度线与主尺上的刻度线对齐时,游标上的读数分别是 0.2mm、0.3mm、0.4mm……

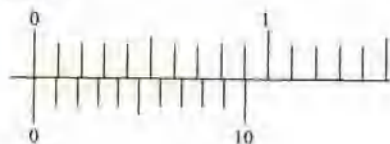


图 2-1-3

所以 10 分度(游标上除 0 刻线外有 10 根刻度线)的游标卡尺的读数方法是

① 根据游标的 0 刻线读出主尺上的读数(注意:单位是 cm)。

② 再看游标上的第 n 根刻度线与主尺上的刻度线对齐,游标上的读数就是 $0.1 \times n$ mm。



③ 游标卡尺的读数为主尺上的读数加游标上的读数。

(3) 游标卡尺的使用:

用软布将量爪擦干净,使其并拢,查看游标和主尺身的零刻线是否对齐。如果对齐就可以进行测量;如没有对齐则要记取零误差:游标的零刻线在尺身零刻线右侧的叫正零误差,在尺身零刻线左侧的叫负零误差(这种规定方法与数轴的规定一致,原点以右为正,原点以左为负)。测量时,右手拿住尺身,大拇指移动游标,左手拿待测外径(或内径)的物体,使待测物位于外测量爪之间,当与量爪紧紧相贴时,即可读数。

(4) 游标卡尺的读数方法:

无零误差的读数方法:①由游标上零刻线跟主尺上零刻线的对应位置读出整毫米数;②由游标上第 n 根刻度线对准主尺上某一根刻度线读出整毫米刻度以下的小数部分;③把上面的两部分读数相加,并按有效数字规则记录,即为被测物体长度的测量值:

$$s = L + n/k$$

式中, s 为被测物体长度的测量值, L 为主尺读数, k 为游标上总的等分格数, n 为游标上与主尺重合的第 n 条刻度线。

(以 10 分格游标为例说明)测量小于 1mm 的长度时,游标上的第几条刻线与主尺上的一刻线重合,则表示被测长度是零点几毫米,如是第六根线与主尺上某一时刻线对齐,则被测长度为 0.6mm。如测量大于 1mm 的长度时,整的毫米数由主尺读出,十分之几毫米从游标读出,如图 2-1-4 所示的读数,表明被测物体的长度为 8.5mm,游标卡尺是不需估读的量具,它的测量数据最后一位是可靠的。

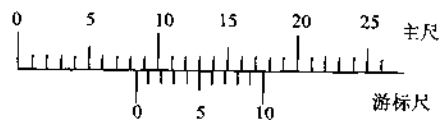


图 2-1-4

有零误差的读数方法:当游标卡尺未测量

物体时,一对下爪并拢后游标的零刻线跟主尺零刻线未对齐,则游标卡尺有零误差。若未对齐,则应从游标上记下零点读数 s_0 ,加以修正,即待测量 $s = s_1 - s_0$,式中 s_1 为未做修正前测量读数值, s_0 可分正负。当游标零刻线在主尺零刻线右边时, s_0 为正值,其值为游标读数;反之, s_0 为负值,其值可从游标读数减 1 得到。例如,某测量值 $s_1 = 14.58\text{mm}$,检查零点时,游标零刻线在主尺零刻线左边,游标读数为 0.98mm, $s_0 = (0.98 - 1)\text{mm} = -0.02\text{mm}$, $s = s_1 - s_0 = [14.58 - (-0.02)]\text{mm} = 14.60\text{mm}$ 。

(5) 注意事项:

(1) 对游标卡尺的末位数不要求估读,如遇游标上的刻线与主尺刻线未对齐的情况,应选择游标的某条刻线与主尺一条刻线靠得最近的一条线读数。有效数字的末位与游标卡尺的准确度对齐,不需要在有效数字末位补“0”表示游标卡尺的分度值。

(2) 被测物不可在钳口间移动或压得太紧,以免损坏钳口。

(3) 被测物上测量距离的连线必须平行于主尺,以减小不必要的误差。

(4) 读数时,在测脚夹住待测物后应适当旋紧固定螺丝,以免游标尺在主尺上移动。

(5) 使用游标卡尺应防止撞击,不允许测量脏物或毛坯工件,以免损伤测脚。

3. 螺旋测微器

(1) 用途和构造:

螺旋测微器(又叫千分尺)是比游标卡尺更精密的测量长度的工具,用它测长度可以准确到 0.01mm,测量范围为几个厘米。

螺旋测微器的构造如图 2-1-5 所示。螺旋测微器的小砧的固定刻度固定在框架上,旋钮、微调旋钮和可动刻度、测微螺杆连在一起,通过精密螺纹套在固定刻度上。

(2) 原理和使用:

螺旋测微器是依据螺旋放大的原理制成的,即螺杆在螺母中旋转一周,螺杆便沿着旋转轴线方向前进或后退一个螺距的距离。因此,沿轴线方向移动的微小距离,就能用圆周



图 2-1-5

上的读数表示出来。螺旋测微器的精密螺纹的螺距是 0.5mm ，可动刻度有 50 个等分刻度，可动刻度旋转一周，测微螺杆可前进或后退 0.5mm ，因此旋转每个小分度，相当于测微螺杆前进或后退 $0.5/50=0.01\text{mm}$ ，可见，可动刻度每一小分度表示 0.01mm ，所以螺旋测微器可准确到 0.01mm 。由于还能再估读一位，可读到毫米的千分位，故又名千分尺。

(3) 螺旋测微器的测量方法：

首先检查零点：轻轻转动微分筒，在螺杆接近测砧时，转动棘轮旋柄，当螺杆与测砧接触时，可听到“咯、咯”声响，即停止转动棘轮，读出零值误差。测量时也应转动棘轮旋柄，当螺杆与物体接触，发出“咯、咯”声时，则可读数。

(4) 螺旋测微器的读数方法：

测量时，当小砧和测微螺杆并拢时，可动刻度的零点若恰好与固定刻度的零点重合，旋出测微螺杆，并使小砧和测微螺杆的面正好接触待测长度的两端，那么测微螺杆向右移动的距离就是所测的长度。这个距离的整毫米数由固定刻度上读出，小数部分则由可动刻度读出。也就是说，读数分为两步，首先，从活动套管的前沿在固定套管的位置，读出整圈数。然后，从固定套管上的横线所对活动套管上的分格数，读出不到一圈的小数，二者相加就是测量值。

(5) 注意事项：

(1) 测量时，在测微螺杆快靠近被测物体时应停止使用旋钮，而改用微调旋钮，直到发出“咯、咯”声时，避免产生过大的压力，既可使测

量结果精确，又能保护螺旋测微器。

(2) 在读数时，要注意固定刻度尺上表示半毫米的刻线是否已经露出。

(3) 在读数时，千分位有一位估读数字，不能随便仍掉，即使固定刻度的零点正好与可动刻度的某一刻度线对齐，千分位上也应读取为“0”。

(4) 螺旋测微器的零误差：螺旋测微器在不测量物长而使小砧 A 和测微杆 P 并拢时，零刻度线可能不与主尺零刻线重合，此时螺旋测微器的读数称零误差。例如，当两个小砧并拢时，千分尺的读数比零多 0.1mm 时，零误差为 $+0.1\text{mm}$ 。每次测量物长时，所量的读数都要减 0.1mm ，才是实际的物长，当两测脚并拢，读数比零少 0.2mm 时，零误差为 -0.2mm 。每次测量物长时都要加 0.2mm 。

(二) 力的测量

1. 弹簧秤

(1) 弹簧秤的构造(图 2-1-6)：分压力型和拉力两种类型，压力弹簧秤的托盘承受的压力等于物体的重量，秤盘指针旋转的角度指示所受压力的数值。拉力弹簧秤的下端和一个钩子连在一起(这个钩子是与弹簧下端连在一起的)，弹簧的上端固定在壳顶的环上，壳内装有钢丝螺旋弹簧，弹簧一端固定在壳顶，另一端与金属杆相连，金属杆下端挂有弯钩，弹簧与金属杆连接处装一支露出板面的指针，板面中间有一条宽约 5mm 的直缝，供指针滑动指示刻度。旧式刻度单位是“克”(g)，新型弹簧秤配合国际单位制的推行，刻度单位是“牛顿(N)”。

(2) 弹簧秤的原理：又叫弹簧测力计，是利用弹簧的形变与外力成正比的关系制成的测量作用力大小的装置。由于在弹性限度内，弹簧的伸长与所受外力成正比，因此作用力的大小或物体重量可从弹簧秤的指针和外壳上的标度直接读出力的大小数值。

(3) 弹簧秤的使用：把要称量的物体挂在钩上，提起弹簧秤，弹簧伸长，金属杆随着下

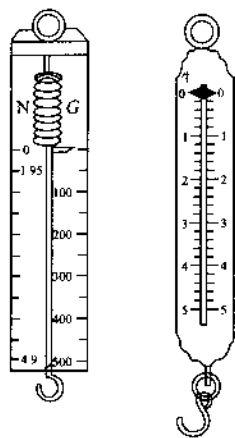


图 2-1-6

降,指针最后所指的刻度值,就是该物体所受的重力。用手拉弹簧秤时,从指针所指的刻度值就可以知道手的拉力。使用时还应注意力的方向和秤体的纵向一致,以免弹簧、金属杆、指针和秤体相碰,影响读数的准确。

(4) 注意事项:①在使用时应注意所测的重量或力不要超过弹簧秤的量度范围,还应检查,在弹簧秤未挂物体时指针是否指在零刻线,若不在零刻线可进行修正。

②使用测力计时,弹簧的伸长方向要和所测拉力方向一致,弹簧、指针、拉杆都不要与刻度板和其末端的限位卡发生摩擦。

③如不能调零,要记下零误差,以便测量后加以修正。

④测量结束后,应立即撤去外力,避免弹簧长期处在受力工作状态,发生形变。

⑤弹簧秤应存放在干燥、无腐蚀性气体的地方,切勿在上面压放重物。

(三) 质量的测量

天平

(1)天平的构造:如图 2-1-7 所示,实验室中常用的天平有学生天平和托盘天平,学生天平比较精密,托盘天平使用起来比较简单,但准确度不高。

(2)天平的原理:天平是根据杠杆平衡(即

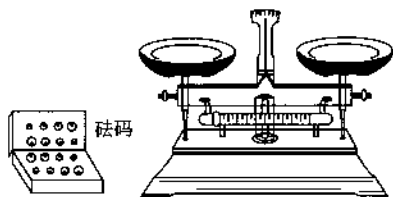
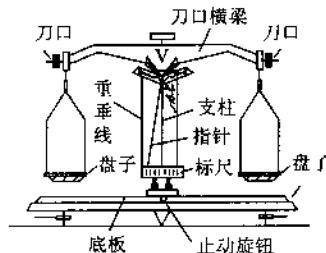


图 2-1-7

力矩平衡)条件来制作的。对于在地球上同一地方的两物体,如果它们的重量相同,则它们的质量也是相同的,对于等臂的天平来说,如果两边的被测物体的重量与砝码重相同,则两者的质量相同,因而可以通过比较重量而达到比较质量,称量质量。

(3)天平的使用方法:①在称量前要调节天平平衡。首先要使天平底板水平,对有重锤线的天平,调节底板下的螺旋,直至重锤的尖端与底板下小锥体的尖端对正;对有水平仪的天平,调节底板下的螺旋,直至水平仪中的气泡恰在正中,就表示水平调整成功了。第二步,使天平平衡,调节横梁两端的螺旋,使指针指在标尺的正中央或指针在标尺正中心处作等幅摆动,这就表示天平平衡了。

②将称量的物体放在左盘里,在右盘里加砝码直至天平平衡。

③称出砝码的总质量,即为待测质量。

(4)注意事项:①天平称量时,不可超过天平的称量范围。②不要用手触摸天平盘,更不能将湿、脏物品或化学药品及有腐蚀性物品直接放在盘上,以避免盘生锈或被腐蚀。③在放入或取下物体及砝码时,要在天平止动下轻拿轻放,以防天平震动过大,损坏刀口,只有在作