



目 录

第一章 基础知识	(1)
一、物理实验的地位和作用	(1)
二、《考试大纲》(实验)的知识点和能力要求	(1)
三、物理实验的目的与要求	(6)
四、误差及误差分析	(6)
五、有效数字与读数	(11)
第二章 基本仪器的使用	(15)
一、游标卡尺	(15)
二、螺旋测微器(千分尺)	(21)
三、弹簧测力计	(30)
四、秒表	(33)
五、滑动变阻器及电阻箱	(36)
六、电流表	(46)
七、电压表	(51)
八、多用电表(万用表)	(58)
第三章 力学实验	(66)
一、长度的测量	(66)
二、验证力的平行四边形定则	(72)
三、练习使用打点计时器	(76)
四、研究匀变速直线运动	(85)
五、研究平抛物体的运动	(95)
六、验证机械能守恒定律	(103)
七、探究弹力和弹簧伸长的关系	(111)
八、验证动量守恒定律	(116)
九、用单摆测定重力加速度	(124)
第四章 热学实验	(133)
用油膜法估测分子的大小	(134)

第五章 电学实验	(139)
一、用描迹法画出电场中平面上的等势线	(140)
二、描绘小灯泡的伏安特性曲线	(148)
三、测定金属的电阻率	(157)
四、把电流表改装为电压表	(176)
五、研究闭合电路的欧姆定律	(187)
六、测定电源的电动势和内阻	(193)
七、练习使用示波器	(214)
八、用多用电表探索黑箱里的电学元件	(221)
九、传感器的简单使用	(232)
第六章 光学实验	(242)
一、测定玻璃的折射率	(242)
二、用双缝干涉测光的波长	(251)
第七章 设计型实验	(261)
一、力学设计型实验	(265)
二、电学设计型实验	(273)
三、热学和光学设计型实验	(298)
综合训练题(一)	(306)
综合训练题(二)	(317)

第一章 基础知识

一、物理实验的地位和作用

物理学是自然科学的高新技术的重要基础,是一门以实验为研究基础的科学。在物理学中,每个概念的建立,每个定律的发现,无不依赖于其坚实的实验基础。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。可以说,离开了物理实验,就没有物理学的发展。因此,做好物理实验,上好实验课能给学生以正确的物质观、时间观、宇宙观,能培养学生崇尚科学、崇尚理性、崇尚实践、追求真理的辩证唯物主义世界观。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无法替代的作用。

实验的重要性

二、《考试大纲》(实验)的知识点和能力要求

(一)知识点

教育部考试中心颁布的普通高等学校招生考试物理《考试大纲》对实验部分的考试范围和要求如下:

第十七 实验

内 容	要求	内 容	要求
113. 长度的测量		123. 测定金属的电阻率(同时练习使用螺旋测微器)	
114. 研究匀变速直线运动		124. 描绘小灯泡的伏安特性曲线	
115. 探究弹力和弹簧伸长的关系		125. 把电流表改装为电压表	
116. 验证力的平行四边形定则		126. 测电源的电动势和内阻	
117. 验证动量守恒定律		127. 用多用电表探索黑箱内的电学元件	
118. 研究平抛物体的运动		128. 练习使用示波器	
119. 验证机械能守恒定律		129. 传感的简单应用	
120. 用单摆测定重力加速度		130. 测定玻璃的折射率	
121. 用油膜法估测分子的大小		131. 用双缝干涉测光的波长	
122. 用描述法画出电场中平面上的等势线			

说明:(1)要求会正确使用的仪器主要有:刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器、天平、秒表、电火花计时器(或电磁)打点计时器、弹簧测力计、温度表、电流表、电压表、多用电表、滑动变阻器、电阻箱等等。

(2)要求认识误差问题在实验中的重要性,了解误差概念,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。

(3)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。

“实验能力”是普通高等学校招生考试物理《考试大纲》中五项能力要求之一。具体要求是:能独立完成“知识内容表”中所列的实验,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,能灵活地运用已学过的物理理论、实验方法和实验仪器去处理问题。

这是考点

(二)能力要求

(1)物理《考试大纲》的说明对实验的考查目标主要体现在两个方面,一是对“知识内容表”中所列出的实验,必须独立地、认真地、带有研究性地做过。通过亲手做实验,能培养动脑和动手能力,从对我国中学生的现状来看,培养动手能力显得更加重要。但实验的目的绝不是仅仅为了培养动手能力,实验的思想、方法是实验的灵魂,在做实验的过程中必须清楚地理解实验的原理、思想和方法;熟悉并掌握实验仪器的工作原理、使用方法;了解某些实验中可能存在的系统误差和消除系统误差的方法;要知道某些实验中误差的主要来源,会用多次测量求平均值的方法减小偶然误差;会记录实验数据和处理实验数据并得出正确结果。特别强调学生应独立、认真做“知识内容表”中列出的各实验,这是因为自己认真做实验与看别人做实验和听别人讲实验所得到的感受和体验是不同的。尽管全国统一的高考只能以笔试的方式考查考生的实验能力,但物理高考中的实验试题还是非常注意尽可能区分哪些考生是否认真做过这些实验的。二是能灵活地运用学过的理论、实验方法、仪器去处理、分析、研究某些未做过的实验,包括设计某些比较简单的实验。这不仅要求考生认真地、独立地完成“知识内容表”中列出的实验,而且在实验过程中有所体会,对某些实验,能从具体的、个别的实验中悟出某些共性的东西,可以把它们迁移到别处,用它们来解决没有做过的实验中的某些问题。

另外,已经学过的演示实验,也属实验考查的一部分要求,要通过演示实验仔细观察现象和产生该现象的条件、环境,对观察到的现象进行思索,发现问题,提出问题。

物理实验考查的目标

(2)全日制普通高级中学教科书(经全国中小学教材审定委员会审定通过)中实验内容为 22 个基本学生实验,考试大纲中要求学生掌握的实验有 19 个,即 19 个知识点,占物理考试大纲 131 个知识点的 14.5%。每年高考物理试题中实验题占比为 13%~15%,赋分为 17~20 分。上海高考试题实验部分分值为 30 分,占全卷总分的 20%。实验部分的考查比重(含赋分)保持稳定。随着高考改革的不断深入,对考生的能力与素质考查不断加强,因而试题的难度有加大的趋势。基本学生实验在《考试大纲》的“知识内容”表中知识点为 113~131,按知识范围划分,113~120 为力学实验,121 为热学实验,122~129 为电学实验,130~131 为光学实验。

(3)高考对实验的要求逐年提高。自 1994 年起,全国高考物理试题将实验作为一种题型单列出来,每年都是 2~3 道题,分值由 17 分增加到 20 分,权重由占总分的 11.3% 增加到 13.3%。2000 年至 2003 年高考实验题量为 3 道题,分值都为 20 分,2004、2005 年物理试题总量减为 18 道题,实验题由 3 题变为 2 题,但分值仍为 20 分。2001、2002 年理科综合能力测试卷中物理实验题分别为 20 分和 17 分,占物理总分的 16.8%、14.2%。2003 年理综物理实验题为 15 分,2004、2005、2006 年理科综合物理实验题开始由 1 大题变为两小题,赋分分别为 18 分,17 分。从分值占总分的比例和题目分值分布的变化看,高考实验题加大了对能力考查的力度,使考查的重点更加突出。

1994 年以前的高考实验试题全部选自教学大纲规定的学生实验和课本上的重要演示实验,而近六七年的高考实验试题则增加了对实验知识应用的考查,特别是对设计性实验的考查,而且权重逐年增加。对高考实验试题来说,仅仅能独立完成大纲规定的实验,知道怎样做还不够,还应该搞清楚为什么要这样做,要真正领会其中的实验方法,并将这些方法迁移到新的情景中去,在新的情景中加以应用。那种只靠背实验原理、步骤,讲实验操作、过程的做法是收不到好效果的。

高考实验题的变化朝着重视操作、重视设计的方向发展,对考生来说是难点

(4)高考试题的呈现形式(以理科综合能力测试中的物理题为例)

①2004 年全国理科综合能力测试物理实验试题一览表

试 题	考 查 的 内 容		分 值	考查的知识与能力
全国卷 I (浙江卷) (22 题)	第 1 小题	螺旋测微器读数	6 分	基本仪器的读数
	第 2 小题	电压表改装电流表,测内阻、改装表校准	12 分	闭合电路欧姆定律、分压原理、电表的处理问题

续表

试题	考查的内容		分值	考查的知识与能力
全国卷Ⅱ (湖北卷) (22题)	1道题	用两块电压表测量定值电阻的阻值	18分	闭合电路欧姆定律、电表的处理问题、实物连线
全国卷Ⅲ (陕西卷) (22题)	第1小题	螺旋测微器读数	6分	基本仪器的读数
	第2小题	用描迹法画出电场中平面上的等势线	12分	用恒定电流的电场来模拟静电场,连线,画实验电路原理图

②2005年全国理科综合能力测试物理实验试题一览表

试题	考查的内容		分值	考查的知识与能力
全国卷Ⅰ (浙江卷)	第1小题	验证力的平行四边形定则	5分	基本的操作能力
	第2小题	测电源的电动势及内电阻	12分	闭合电路欧姆定律、分压原理、电表的处理问题
全国卷Ⅱ (广西卷)	第1小题	游标卡尺的读数	5分	基本仪器的读数
	第2小题	测量电流表的内阻 R_A	12分	闭合电路欧姆定律、电表的处理问题、实物连线
全国卷Ⅲ (陕西卷)	第1小题	螺旋测微器测的读数	5分	基本仪器的读数
	第2小题	测量电压表的内阻 R_V	12分	闭合电路欧姆定律、电表的处理问题、实物连线

③2006年全国理科综合能力测试物理实验试题一览表

试题	考查的内容		分值	考查的知识与能力
全国卷Ⅰ (湖北卷)	第1小题	用双缝干涉测光的波长	5分	基本的操作能力
	第2小题	测电压表的内阻	12分	闭合电路欧姆定律、固定电阻的选择、画电路原理图
全国卷Ⅱ (云南卷)	第1小题	测定小灯泡的伏安特性曲线	6分	电流表选择、电流表接法的选择
	第2小题	测玻璃的折射率	11分	插针法测玻璃折射率、作光路图

续表

试题	考查的内容		分值	考查的知识与能力
北京卷	第1小题	用卡尺观察衍射现象	6分	卡尺读数
	第2小题	观察小灯泡的电阻随外加电压的变化	12分	电表选择,作灯泡 $R-U$ 图象,判断灯泡 $P-U$ 的关系
天津卷	第1小题	研究动量守恒定律	5分	小球落点的判断、百分误差
	第2小题	万用表欧姆挡测电阻	5分	纸带处理、逐差法
	第3小题	用电流表和电阻箱测定电池的电动势和内阻	5分	$R-\frac{1}{I}$ 图象处理
重庆卷	第1小题	多用电表测电阻	5分	基本仪器的读数
	第2小题	用重物自由下落测重力加速度	12分	纸带处理、逐差法

从2004年起,理科综合能力测试(全国卷)物理实验试题由原来的一道大题改为两道小题,这样做一是为了降低实验试题的难度,二是有利于增加知识点的覆盖面.第(1)小题一般比较简单,常常是有关测量仪器的读数或力学中的简单实验题.第(2)小题则是电学实验题,2004和2005两年的理综物理实验试题都是如此,并且常考常新,其原因不仅仅是电学实验在《考试大纲》的“知识内容表”列出的实验题中所占的比重为较大(近37%),更在于它能全面考查学生多方面的能力,特别是理论联系实际,灵活运用物理知识综合解决问题的能力,而这些能力也是考生将来从事科学研究的基础.

近几年的高考实验试题中,考查学生能力的另一特点是将教材中介绍的实验模型作适当的变形和延伸,有的选取实验过程中的某一片断,有的改头换面,在新情景中考查学生的实验能力.例如:1999年的游标卡尺试题,要求学生能将10分度的卡尺的构造原理和读数方法迁移到50分度的游标卡尺上来;1997年的高考实验题要求学生利用电流表测电压表的内阻;1998年高考实验题要求学生利用电阻箱测电阻;2000年考题中要求学生利用电流表测电流表的内阻;2001年高考(3+2模式)实验题考查了用半偏法测电流表内阻的实物连线,导出电源电动势 E 、电流表量程 I_0 及电流表内阻 R_A 的关系式,以及相对误差的概念.2003年“理科综合”物理实验考了“测金属丝的电阻,并计算电阻率”.这些都展现了在新情景下对电阻的测量的考查.2002年全国物理卷中“用打点计时器测转盘的角速度”,2004年全国理科综合能力测试(湖北、湖南卷)用两块电压表、电源、滑动变阻器测一待测电阻 R_x 的阻值,突出了对能力的考查,体现了“题在书外,理在书中”的

命题指导思想.

因此,要真正提高学生的实验能力,必须:(1)加强对基本仪器使用的实践,让学生亲自动手,坚持实验;(2)真正理解实验原理,对所有学生实验和重要演示实验原理要一一弄清,逐个掌握;(3)注重对实验思路方法的理解和掌握;(4)加强对实验数据处理方法和技巧的训练;(5)重视实验思想的教学.

三、物理实验的目的与要求

1. 实验目的

(1)使学生会用实验研究物理现象与规律,包括:A. 正确选择实验方法与实验器材;B. 学会控制实验条件;C. 知道如何检验、判断结果的可靠程度.

(2)帮助学生理解和掌握有关课程内容和重要的物理概念,以形成物理思想,培养解决物理问题的能力.

(3)通过实验掌握基本物理量的测量方法,以培养实验技能.

(4)培养学生严谨的实验态度、科学的实验方法及良好的实验习惯.

2. 做好实验的基本要求

(1)实验前必须做好如下准备:

- ①明确实验目的,弄清实验原理.
- ②了解仪器性能,熟悉操作步骤.
- ③设计记录表格,重视注意事项.

(2)实验中必须手脑并用,做到心到、眼到、手到.

- ①精心调整实验装置,正确使用实验仪器.
- ②保证满足实验条件,注意规范实验操作.
- ③认真观察实验现象,客观记录实验数据.

(3)实验后必须对数据进行处理.

- ①尊重实验客观事实,正确分析记录数据.
- ②合理做出实验结论,独立完成实验报告.

四、误差及误差分析

知识点精析

1. 误差

测量值与真实值之间的差异称为误差. 误差存在于一切测量之中,而且贯穿

测量过程的始终. 实验中, 误差是不可避免的, 但可以减小.

2. 误差的分类

误差是客观存在的, 它只能减小, 不能消灭

(1) 按误差的性质和来源划分, 可分为系统误差和偶然误差.

(2) 按分析的数据来划分, 可分为绝对误差和相对误差. 引入绝对误差和相对误差是为了评价测量结果的好坏.

解题方法指导

[例 1] 什么叫系统误差? 系统误差的主要来源有哪些? 减少系统误差的方法有哪些?

[解析] 系统误差: 在一定条件下(指使用的仪器、方法, 测量时的环境和测量者均一定), 对同一物理量进行多次重复测量, 各次测量的结果对真实值的偏差总是具有相同的倾向性(即误差的符号和绝对值按某一确定的规律变化), 即总是偏大或总是偏小, 这种误差叫系统误差. 例如: 由于游标卡尺的零刻线不准, 使每次测量的结果总是偏大或总是偏小.

系统误差的主要来源:

a. 仪器误差: 由于仪器本身的缺陷, 如弹簧秤的零刻线不准、天平砝码的标称质量不准、秒表秒针转轴 O 与表盘中心 O' 不重合等等.

b. 理论误差: 实验所依据的理论或实验方法本身不完善, 如用伏安法测电阻时, 没有考虑电表的内阻对实验结果的影响; 在验证牛顿第二定律时, 将小桶和砂的重力当作小车受到的外力等等.

c. 环境误差: 实验时没有考虑外界环境的影响, 如在温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中使用 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下标定的标准定值电阻.

d. 人身误差: 测量者自身原因的影响, 如使用秒表时, 按表常常提前或滞后.

减小系统误差的方法有: 提高实验仪器的测量精度、完善实验原理、改进实验方法、控制实验条件、提高实验技能等.

[例 2] 什么叫偶然误差? 偶然误差的基本特点是什么? 应怎样减小偶然误差?

[解析] 偶然误差: 各种不可避免的偶然因素对实验者或实验仪器产生的影响, 使测量结果对真实值的偏差有时偏大, 有时偏小, 在一定数值范围内无规则地涨落, 但在大数量测量中, 偏大、偏小的机会相等. 这种误差叫偶然误差.

偶然误差有别于系统误差的两个基本特点是：第一，偶然误差在多次测量中有时偏大，有时偏小，且偏大偏小的程度不同；第二，偶然误差因在实验过程中遇到无法预测、无法控制的偶然因素的影响，如电压的不稳定引起输出电流的波动；外部环境的气流、室温、振动等使实验受到干扰；读数时人眼在估读时具有的偶然性。

减小偶然误差的方法的掌握贯穿于高中全部实验过程，是重点，也是考点

减小偶然误差的方法有：多次测量取平均值。

[例3] 什么叫绝对误差和相对误差？引入绝对误差和相对误差的作用是什么？

[解析] (1)绝对误差

指测量值与真实值之差。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，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100.00 cm，绝对误差为2 mm；同时用螺旋测微器测得金属导线的直径为0.400 mm，绝对误差为0.010 mm。两个测量结果相比，前者绝对误差是后者的200倍，粗看起来后者测量精确度比前者高。其实两个绝对误差只能反映各自测量的精确度，而不能比较两者精确度的优劣。因为绝对误差2 mm只不过是金属导线本身长度100.00 cm的0.2%，而绝对误差0.010 mm是金属导线直径0.400 mm的2.5%，所以两个测量结果，前者要比后者精确。为了比较两个测量结果的精确度，要引入相对误差的概念。

(2)相对误差

绝对误差与待测量的真实值之比称为相对误差。即

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

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值来代替真实值。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。对于两个测量值的评估，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。

[例4] 什么叫测量的精密性、准确度、精确度？

[解析] 弄清测量的精密性、准确度、精确度概念对实验操作大有帮助。

(1) 测量的精密度

测量的精密度是指对某一量测量时,各次测量的数据大小彼此接近的程度.如果多次测量的数据比较集中,比较接近,说明测量的精密度高,测量的偶然误差较小.但它不能反映系统误差对测量结果的影响.

(2) 测量的准确度

测量的准确度是指测量数据的平均值偏离真实值的程度.如果测量的平均值与真实值偏离较小,说明测量的准确度高,测量的系统误差较小.但它不能反映偶然误差的大小.

(3) 测量的精确度

测量精确度是指测量数据集中于真实值附近的程度.如果测量的平均值接近真实值,且各次测量的数据又比较集中,说明测量得既准确又精密,称之为测量的精确度高,测量的系统误差和偶然误差都比较小.因此精确度是对测量的系统误差和偶然误差的综合评价.

[例 5] 甲、乙两同学分别测量 100 m 的跑道长度和高度约为 2 m 的跳高横杆离地面的高度.已知甲多次测跑道的平均绝对误差为 4 cm,乙多次测跳高横杆高度的平均绝对误差为 1 cm.问甲、乙两同学哪一个的测量准确度高?哪一位同学测量的精密度高?

[解析] 甲同学的测量绝对误差为 4 cm,乙同学测量的绝对误差为 1 cm,乙同学测量的绝对误差较小,因此乙同学的测量精密度较高.而测量的准确度要根据相对误差的大小来进行比较.甲测跑道的相对误差为

$$\eta = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.04 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 100\% = 0.04\%$$

乙测跳高横杆高度的相对误差为 “相对误差”是 2014 年考的新动向

$$\eta = \frac{\Delta h}{h} = \frac{0.01 \text{ m}}{2 \text{ m}} \times 100\% = 0.5\%$$

显然,测跑道的准确度比测横杆高度的准确度高.

基础达标演练

- 下列关于误差的说法正确的是 ()
 - 绝对误差相同,相对误差一定相同
 - 绝对误差大,相对误差不一定大
 - 相对误差越小,说明测量越准确

- D. 相对误差越小,对应的绝对误差一定越小
2. 关于误差及错误,下列说法正确的是 ()
- A. 测量值误差太大,便是错误
- B. 采用多次测量取平均值的方法,可以减小误差,但不能消除误差
- C. 错误是人为造成的,而误差是测量工具的不精密造成的
- D. 误差时大时小,因而造成实验中产生错误
3. 用同一个刻度尺去测量两个不同长度的物体时,下列说法中正确的是 ()
- A. 测量较长的物体产生的绝对误差较大
- B. 测量较短的物体产生的绝对误差较大
- C. 测量较长的物体产生的相对误差较大
- D. 测量较短的物体产生的相对误差较大
4. 某同学测量两个物体的质量,测量的结果分别为 1.00 g 和 100.00 g. 两测量值的误差都为 0.01 g,问:哪次测量可靠性更大?
5. 某工人用毫米刻度尺对一根短棒进行 5 次测量,测量值分别为 2.32 cm、2.34 cm、2.36 cm、2.33 cm、2.35 cm,那么该工人测量结果的相对误差是多少?

答案与提示

1. B、C
2. B
3. D(因为用同一个刻度尺测量两个不同长度的物体时,刻度尺的最小分度不变,测量时的绝对误差与物体的长短没有对应关系,绝对误差有可能相同. 而相对误差 = $\frac{\text{绝对误差}}{\text{物体的真实长度}}$,显而易见,物体的真实长度大,相对误差就小,反之相对误差就大.)
4. 后者比前者可靠性更大. 虽然两个测量结果的绝对误差都为 0.01 g,但前者误差是测量值的 1%,后者误差是测量值的 0.01%,即后者相对误差小.
5. 0.4%. 因为短棒的真实长度不知,在处理这类问题时,常常是将多次测量数值的平均值作为真实值处理,故 5 次测量短棒平均长度为:

$$\bar{L} = \frac{2.32 + 2.34 + 2.36 + 2.33 + 2.35}{5} = 2.34(\text{cm})$$

每次绝对误差又用每次的测量值与测量平均值的差值(又叫偏差)的绝对值来表示,5 次测量的平均绝对误差 $\overline{\Delta L} = \frac{|\Delta L_1| + |\Delta L_2| + |\Delta L_3| + |\Delta L_4| + |\Delta L_5|}{5}$

$$= \frac{|2.32-2.34| + |2.34-2.34| + |2.36-2.34| + |2.33-2.34| + |2.35-2.34|}{5}$$

$$= 0.01(\text{cm}). \text{ 所以相对误差 } \eta = \frac{\overline{\Delta L}}{L} = \frac{0.01 \text{ cm}}{2.34 \text{ cm}} \times 100\% = 0.43\%.$$

五、有效数字与读数

知识点精析

1. 有效数字

带有一位不可靠数字的近似数据叫有效数字. 有效数字的最后一位是测量者估读出来的, 因此这一位数字是不可靠的, 也是误差所在位.

2. 有效数字位数的确定方法

(1) 一切不含零的数字都是有效数字. 如: 21.65 cm, 1.136 m, 9.865 kg 都是有效数字, 均为四位有效数字.

(2) 一切含零的数字, 但必须是零在非零数字之间或在非零数字之后才是有效数字. 如: 1.006 m, 21.60 cm, 9.000 kg, 均为四位有效数字.

(3) 零在非零数字之前不是有效数字. 如: 0.036 m, 0.65 cm, 0.0086 kg 均是 2 位有效数字, 而“3”“6”“8”前面的零均不是有效数字.

以上三种情况可概括为: 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, 包括末位的零都是有效数字.

(4) 有效数字的位数与小数点的位置无关. 如: 21.65 cm, 216.5 mm, 0.2165 m 均为四位有效数字.

(5) 乘方不算有效数字. 如 3.6×10^3 kg, 不是 5 位有效数字而是 2 位有效数字. 5400 m 与 5.4×10^3 m 所表示的有效数字位数是不同的, 前者为 4 位有效数字, 而后者为 2 位有效数字, 所表示的意义也不相同, 前者末位的“0”是估读的, 后者“4”是估读的. 前者所用的测量工具的最小单位为 10 m, 后者所用测量工具的最小单位为 1000 m.

(6) 特别提醒: 作为有效数字的“0”, 无论是在数字中间, 还是在数字的末尾, 均不能随意省略. 例如: 1.0 cm 和 1.00 cm 是有着不同意义的, 1.0 cm 为两位有效数字, 1.00 cm 为三位有效数字. 两者的误差不同: 前者厘米为准确位, 毫米为估读位; 后者毫米为准确位, 毫米的十分位为估读位, 因此其准确度也不同.

解题方法指导

[例 1] 有效数字的基本含义是什么？

[解析] 有效数字的基本含义有如下两点：

(1) 经过某种仪器测量得到的数据，也就是把测量结果中可靠的几位数字加上可疑(估读)的一位数字统称为测量结果的有效数字。但完全脱离测量过程的自然数据，或抽象化了的数学命题中的某些数据都不叫有效数字。如 3 台汽车的“3”，4 个花瓶的“4”，5.6 元人民币的“5.6”都不叫有效数字，而是确定的准确数。

(2) 是以某种精确度反映被测物理量数值大小的近似数。任何一个有效数字都包含着一位由估读得到的不可靠数字，而不是被测物理量的真实值。正是这样一位不可靠数字体现了有效数字的基本特性。如：用毫米刻度尺测量某物体长度得到的 53.6 mm，因为刻度尺最小刻度值为毫米，53 mm 是准确可靠数字，而未位数 6 是估读的、不可靠的数字，这位数字可能因测量者不同、观察位置不同、操作的熟练程度不同，而估读出不同的结果(或 53.5 mm，或 53.7 mm 均有可能)，因此这位数字是不可靠的，也是误差所在位。估读数字只可取一位，多取无意义。

弄懂原理，便于使用

[例 2] 测量仪器的读数有哪些规则？

[解析] 高中物理教学大纲要求学生在实验测量中按有效数字规则读数。有效数字的最后一位一定要和误差所在的一位对齐，因此测量误差出现在哪一位，读数时就应读到哪一位。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。对于常用仪器可按下述方法读数。

(1) 由测量工具能直接读出最小分度的准确数，即有效数字末位与精度对齐的数字，不需要估读，也不需要另在有效数字末位补“0”来表示最小分度值，如游标卡尺、机械秒表、电阻箱等。

(2) 最小分度是“1”的仪器，测量误差出现在下一位，并且按仪器最小分度的十分之一估读，如：最小分度为 1 mm 的刻度尺，测量误差出现在毫米的十分位上，估读到十分之一毫米。

误差位的确定原则之一，估读方法

(3) 凡是最小分度是“1”的测量工具(除精度为 0.1 mm 的游标卡尺)，有效数

字的小数位均比精度多一位,若估读位的数为“0”,则在记录数据的有效数字末位补“0”,以表示最小分度值。

这里的“0”的意义特别重要,不可随意去掉

(4)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.如学生用的电流表 0.6 A 量程,最小分度为 0.02 A,误

误差位的确定原则之二,估读方法

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,超过半小格的按半小格估读,以安培为单位读数时,百分位上的数字可能为 0、1、2、…、9;学生用的电压表 15 V 量程,最小分度为 0.5 V,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.

[例 3] 某学生用刻度尺测量一竹竿的长度时记录的数据分别为 5.65 m 和 5.650 m,试问该同学的测量结果有什么不同?

[解析] 根据有效数字概念和有效数字位数的判定方法知道,两个测量结果的有效数字的位数不同,因而测量的准确程度也不同.5.65 m 是三位有效数字,所用刻度尺的最小刻度值为分米,5.6 m 是准确的、可靠的,0.05 m 即 5 cm 是估读出来的,是不可靠位,也是误差所在位;而 5.650 m 是四位有效数字,所用刻度尺的分度值为 1 cm,5.65 m 是准确可靠的,第四位“0”是估读的,因此 5.650 m 的测量准确程度要高于 5.65 m 的准确程度.

有效数字位数不同,测量的准确度不同

[点评] 通过本例的分析,有效数字非零数后面的“0”不可随意添加或省略,非零数字后有“0”和无“0”分别表示了两种不同的含义.同时还要与数学中的纯数字区别开来.

[例 4] 使用两种不同的测量仪器得到如下数据:①质量:18.240 g;②电压: 2.4×10^2 V.试判断其有效数字的位数并指出测量仪器的分度值.

[解析] 测质量得到的数据为五位有效数字,所用天平的分度值为 0.01 g;测电压所得到的数据为两位有效数字,电压表的分度值为 100 V.

基础达标演练

1. 使用几种测量仪器得到下列三组数据,请在横线上填上有效数字位数和测

量仪器的分度值.

(1)长度:0.402 mm, _____ 位有效数字,仪器的分度值为_____.

(2)温度:52.2 °C, _____ 位有效数字,仪器的分度值为_____.

(3)电阻: $224.4 \times 10^3 \Omega$, _____ 位有效数字,仪器的分度值为_____.

2. 四次测量测得某物体的长度分别为 2.12 cm, 2.14 cm, 2.15 cm, 2.13 cm, 则这个物体的长度为 ()

- A. 2.13 cm B. 2.135 cm C. 2.14 cm D. 以上都不是

上述测量中,第 _____ 次测量的准确程度最低.

3. 已知某物体的长度用不同的量具测量时,有下列不同结果:

- ①0.02010 m ②0.021 m ③2.0101 cm ④2.01 cm

以上各数据的有效数字的位数依次为_____, _____, _____, _____.

4. 某物体的长度在 12 cm 至 13 cm 之间,若用最小刻度值为毫米的刻度尺来测量该物体的长度,记录数据的有效数字位数为_____,另一物体的长度在 120 cm 至 130 cm 之间,若用分度值为 1 cm 的刻度尺来测量其长度,记录数据的有效数字位数为_____.

5. 以千米为单位记录的某次测量结果为 7.8 km,若以米为单位记录这一结果可写为 ()

- A. 7800 m B. 7.8×10^3 m C. 780×10 m D. 7.800×10^3 m

答案与提示

1. (1)3, 0.01 mm (2)3, 1 °C (3)4, 1000 Ω

2. C, 1

3. 4 位, 2 位, 5 位, 3 位

4. 4, 4

5. B

第二章 基本仪器的使用

学习指导

[考纲要求]

理科综合《考试大纲》和单科物理《考试大纲》都把基本仪器的使用作为实验考核的一个重要方面。如：要求会正确使用的仪器主要有：刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器、天平、秒表、电火花计时器（或电磁）打点计时器、弹簧测力计、温度表、电流表、电压表、多用电表、滑动变阻器、电阻箱等等。测量是实验的核心问题，而测量又分为直接测量和间接测量，无论是直接测量还是间接测量，最终都是使用仪器进行测量。因而正确使用仪器是最基本的要求。

[重点聚焦]

在上述基本仪器当中，游标卡尺、螺旋测微器、电流表、电压表、多用电表、电阻箱的使用及读数规则，滑动变阻器在电路中的正确接法和使用、打点计时器及纸带的处理等是高考命题的重点。对上述所列各项基本仪器必须知道它能够测量什么物理量？测量原理如何？如何测量？如何读数？测量时应注意的事项有哪些？测量的量程和精度是多少？都是在学习中要注意的重点。

一、游标卡尺

考点解读

游标卡尺是比较精密的测量长度的仪器，用它来测量长度可以准确到 0.1 mm 、 0.05 mm 和 0.02 mm 。通过这一内容的学习，达到了解游标卡尺的构造和原理，正确掌握读数方法，学会正确使用游标卡尺。同时高考经常在本考点设置试题，突出考查考生的读数能力。↑ **这是重点、难点，也是考点**