

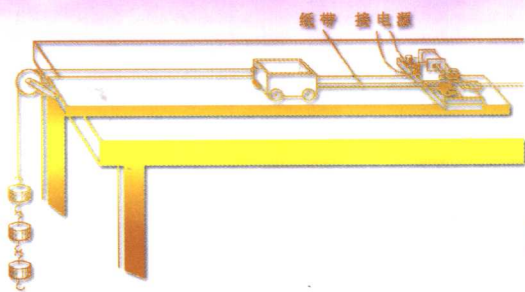
高中物理

龙门 专题

高中物理实验

龚霞玲 主编

(修订版)



龍門書局

高中物理实验

(修订版)

主 编 龚霞玲

本册主编 黄干生 谢 春

张成清



龍門書局

版权所有 翻印必究

本书封面贴有科学出版社、龙门书局激光防伪标志，
凡无此标志者均为非法出版物。

举报电话：(010)64033640 13501151303 (打假办)

邮购电话：(010)64000246



(修订版)

高中物理实验

龚霞玲 主编

责任编辑 王昌泰 乌云

龙门书局出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencecp.com>

北京市东华印刷厂印刷

科学出版社总发行 各地书店经销

*

2002年1月修订版 开本：890×1240 A5

2002年6月第五次印刷 印张：7 1/2

印数：80 001 - 110 000 字数：277 000

ISBN 7-80160-210-2/G·188

定价：8.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

前 言

参考书几乎是每一位学生在学习过程中必不可少的。如何发挥一本参考书的长效作用,使学生阅读后,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,这是教参编者和读者共同关心的问题。这套《龙门专题》,就是龙门书局本着以上原则组织编写的。它包括数学、物理、化学、生物四个学科共计 55 种,其中初中数学 12 种,高中数学 12 种,初中物理 5 种,高中物理 7 种,初中化学 4 种,高中化学 10 种,高中生物 5 种。

本套书在栏目设置上,主要体现了循序渐进的特点。每本书内容分为两篇——“基础篇”和“综合应用篇”(高中为“3+X”综合应用篇)。“基础篇”中的每节又分为“知识点精析与应用”、“视野拓展”两个栏目。其中“**知识点精析与应用**”着眼于把基础知识讲透、讲细,帮助学生捋清知识脉络,牢固掌握知识点,为将成绩提高到一个新的层次奠定扎实的基础。“**视野拓展**”则是在牢固掌握基础知识的前提下,为使学生成绩“更上一层楼”而准备的。需要强调的是,这部分虽然名为“拓展”,但仍然立足于教材本身,主要针对教材中因受篇幅所限言之不详,但却是高(中)考必考内容的知识点(这类知识点,虽然不一定都很难,但却一直是学生在考试中最易丢分的内容),另外还包括了一些不易掌握、失分率较高的内容。纵观近年来高(中)考形势,综合题与应用题越来越多,试行“3+X”高考模式以后,这一趋势更加明显。“综合应用篇”正是为顺应这种形势而设,旨在提高学生的综合能力与应用能力,使学生面对纷繁多样的试题,能够随机应变,胸有成竹。

古人云:授人以鱼,只供一饭之需;授人以渔,则一生受用无穷。这也是我们编写这套书的宗旨。作为龙门书局最新推出的《龙门专题》,有以下几个特点:

1. 以“专”为先 本套书共计 55 种,你尽可以根据自己的需要从

中选择最实用、最可获益的几种。因为每一种都是对某一个专题由浅入深、由表及里的诠释,读过一本后,可以说对这个专题的知识就能够完全把握了。

2. 讲解细致完备 由于本套书是就某一专题进行集中、全面的剖析,对知识点的讲解自然更细致。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,更易于理解和记忆。

3. 省时增效 由于“专题”内容集中,每一本书字数相对较少,学生可以有针对性地选择,以实现在较短时间里对某一整块知识学透、练透的愿望。

4. 局限性小 与教材“同步”与“不同步”相结合。“同步”是指教材中涉及的知识点本套书都涉及,并分别自成一册;“不同步”是指本套书不一定完全按教材的章节顺序编排,而是把一个知识块作为一个体系来加以归纳。如归纳高中立体几何中的知识为四个方面、六个问题,即“点、线、面、体”和“平行、垂直、成角、距离、面积、体积”。让学生真正掌握各个知识点间的相互联系,从而自然地连点成线,从“专题”中体味“万变不离其宗”的含义,以减小其随教材变动的局限性。

5. 主次分明 每种书的前面都列出了本部分内容近几年在高考中所占分数的比例,使学生能够根据自己的情况,权衡轻重,提高效率。

本套书的另一特点是充分体现“减负”的精神。“减负”的根本目的在于培养新一代有知识又有能力的复合型人才,它是实施素质教育的重要环节。就各科教学而言,只有提高教学质量,提高效率,才能真正达到减轻学生负担的目的。而本套书中每本书重点突出,讲、练到位,对于提高学生对某一专题学习的相对效率,大有裨益。这也是本书刻意追求的重点。

鉴于本书立意的新颖,编写难度很大,又受作者水平所限,书中难免有疏漏之处,敬请不吝指正。

编 者

2001年11月1日

编委会

(高中物理)

(修订版)

执行编委

王敏

黄干生

徐辉

邢新山

编主总

委编划

郑帆 龚霞玲 龙门书局

刘祥



目 录

第一章 基础知识	(1)
一、物理实验的重要意义	(1)
二、物理实验的地位和作用	(1)
三、物理实验的目的与要求	(3)
四、误差及误差分析	(4)
五、有效数字与读数	(8)
第二章 基本仪器的使用	(12)
重点·难点·考点	(12)
一、刻度尺	(13)
二、游标卡尺	(14)
三、螺旋测微器(千分尺)	(19)
四、天平	(27)
五、弹簧秤	(30)
六、秒表	(34)
七、打点计时器	(36)
八、气压计	(42)
九、滑动变阻器	(44)
十、电阻箱	(50)
十一、电流表	(54)
十二、电压表	(60)
第三章 测定性实验	(70)
重点·难点·考点	(70)
一、测定匀变速直线运动的加速度	(70)
二、用单摆测定重力加速度	(78)

三、测定金属的电阻率	(86)
四、用电流表和电压表测定电池的电动势和内电阻	(99)
五、练习使用多用电表(万用表)测电阻	(112)
六、测定玻璃的折射率	(120)
七、测定凸透镜焦距	(125)
第四章 验证性实验	(131)
重点·难点·考点	(131)
一、互成角度的两个共点力的合成	(131)
二、验证牛顿第二定律	(135)
三、验证机械能守恒定律	(140)
四、验证玻意耳定律	(145)
第五章 研究性实验	(150)
重点·难点·考点	(150)
一、研究平抛物体的运动	(151)
二、电场中平面上等势线的描绘	(158)
三、研究电磁感应现象	(164)
四、用游标卡尺观察光的衍射现象	(171)
五、碰撞中的动量守恒	(174)
第六章 设计型实验	(182)
重点·难点·考点	(182)
一、力学设计型实验	(185)
二、电学设计型实验	(193)
三、热学和光学设计型实验	(205)
综合训练题(一)	(213)
综合训练题(二)	(223)



第一章 基础知识

一、物理实验的重要意义

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.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,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、时空观、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所无法替代的作用.

实验的重要性

二、物理实验的地位和作用

1.“实验能力”是高校招生物理《考试说明》中五项能力要求之一.具体要求是:能在理解的基础上独立完成“知识内容表”中所列实验,明确实验目的;理解实验原理;会控制实验条件;会运用在这些实验中学过的实验方法;会正确使用在这些实验中用过的器材;会观察、分析实验现象,处理实验数据,并得出结论.

这是考点

2.理科综合《考试说明》中实验的考试目标——“设计和完成实验的能力”

自然科学是实验性科学,其概念、原理和规律都是通过实验推导和论证的.教学过程中的实验有助于加深学生对自然科学概念、原理和规律的理解,实验能力也是考生将来从事科学研究的基础.自然科学的重要知识常伴有实验是现行高中教材的一个重要特点.本目标要求考生能掌握《教学大纲》中规定的实验,包括了解实验目的、实验原理和实验步骤,会控制实验条件和使用实验仪器,会观察和分析实验现象,解释实验结果(数据),并得出实验结论;能够根据要求设计简单的实验方案.该目标分为两条:

(1)能解释实验现象和结果,能通过分析和推理得出实验结论;

(2)能根据要求设计简单的实验方案.

理科综合中的四个考试目标之一

3.实验内容为17个基本学生实验,即17个知识点,占整个中学物理知识内

容 102 个知识点的 16.7%。每年高考物理试题中占分比例为 12%~14%，赋分为 17~20 分。上海高考试题实验部分分值为 30 分，占总分的 20%。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，实验部分的考查比重（含赋分）将逐渐提高。基本学生实验在《考试说明》知识内容表中知识点为 86~102，按知识范围划分，86~93 为力学实验，94 为热学实验，95~99 为电学实验，100~102 为光学实验。具体内容如下表：

内 容	说 明
86. 互成角度的两个共点力的合成	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、打点计时器、弹簧秤、温度表、电流表、电压表、多用电表、滑动变阻器、电阻箱等等。 2. 要求知道有效数字的概念，会用有效数字表达直接测量的结果。
87. 练习使用打点计时器	
88. 测定匀变速直线运动的加速度	
89. 验证牛顿第二定律	
90. 碰撞中的动量守恒	
91. 研究平抛物体的运动	
92. 验证机械能守恒定律	
93. 用单摆测定重力加速度	
94. 验证玻意耳定律	
95. 用描述法画出电场中平面上的等势线	
96. 测定金属的电阻率	
97. 用电流表和电压表测电池的电动势和内电阻	
98. 练习用多用电表测电阻	
99. 研究电磁感应现象	
100. 测定玻璃的折射率	
101. 测定凸透镜的焦距	
102. 用卡尺观察光的衍射现象(同时练习使用卡尺)	

4. 高考对实验的要求逐年提高。自 1994 年起，全国高考试题将实验作为一种题型单列出来，每年都是 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%，实验题的分值分布由 1994 年的 5、6、6 分变为 1999 年的 4、6、7 分，2000 年分值分布为 6、6、8 分，2001 年分值分布为 5、6、9 分，2001 年理科综合能力测试卷中物理实验题为 20 分，占物理总分 119 分的 16.8%。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,并会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、过程的作法是收不到好效果的.

高考实验题的变化朝着重视操作、重视设计性实验方向发展,对考生来说是难点

近六七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 $\mathcal{E}$ 、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.这些都展现了在新情景下对电阻的测量的考查,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教会学生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:

A.明确实验目的,弄清实验原理.

B.了解仪器性能,熟悉操作步骤.

C. 设计记录表格,掌握注意事项.

②实验中必须手脑并用,做到心到、眼到、手到.

A. 仔细调整实验装置,正确使用实验仪器.

B. 保证满足实验条件,注意规范实验操作.

C. 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.

A. 尊重实验客观事实,正确分析记录数据.

B. 合理作出实验结论,独立完成实验报告.

四、误差及误差分析

【重要知识提示】

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.

【典型范例导析】

【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:由于游标卡尺的零点不准,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,如弹簧秤的零点不准、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°C 环境中使

用 20℃ 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 100.00cm,绝对误差为 2mm;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.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 2mm 只不过是金属导线本身长度 100.00cm 的 0.2%,而绝对误差 0.010mm 是金属导线直径 0.400mm 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,
$$\text{相对误差}(\eta) = \frac{\text{绝对误差}(\Delta N)}{\text{测量平均值}(\bar{N})} \times 100\%$$

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】 什么叫测量的精密度、准确度、精确度？

解析 弄清测量的精密度、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】 关于误差,下列说法正确的是 ()

- A. 仔细测量可以避免误差
- B. 误差是实验中产生的错误
- C. 采用精密仪器,改进实验方法,可以消除误差
- D. 实验中产生误差是不可避免的,但可以设法尽量减小误差

解析 此题主要考查学生对误差概念的理解、辨别“误差”与“错误”的区别.在实验中因设计原理错误,使用仪器出现故障,操作规程不当,实验条件不能满足要求所造成的测量偏差,称之为错误,而不是误差.在测量中误差是不可避免,无论仪器的精密度多高,误差依然存在.只能尽量减小误差.而错误在实验中可以而且应当避免.由以上分析,本题答案为 D.

【例 6】 甲、乙两同学分别测量 100m 的跑道长度和高度约为 2m 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 4cm,乙多次测跳高横杆高度的平均绝对误差为 1cm.问甲、乙两同学哪一个的测量准确度高? 哪位同学测量的精密度高?

解析 甲同学的测量绝对误差为 4cm,乙同学测量的绝对误差为 1cm,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

$$\eta_1 = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.04\text{m}}{100\text{m}} \times 100\% = 0.04\%$$

乙测跳高横杆高度的相对误差为

“相对误差”是2001年高考的新动向

$$\eta_2 = \frac{\Delta h}{h} = \frac{0.01\text{m}}{2\text{m}} \times 100\% = 0.5\%$$

显然,测跑道的准确度比测横杆高度的准确度高。

【能力跟踪训练】

- 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
 - 相对误差越小,对应的绝对误差一定越小
- 关于误差及错误,下列说法正确的是 ()
 - 测量值误差太大,便是错误
 - 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
 - 错误是人为造成的,而误差是测量工具的不精密造成的
 - 误差时大时小,因而造成实验中产生错误
- 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 ()
 - 测量较长的物体产生的绝对误差较大
 - 测量较短的物体产生的绝对误差较大
 - 测量较长的物体产生的相对误差较大
 - 测量较短的物体产生的相对误差较大
- 某同学测量两个物体的质量,测量的结果分别为 1.00g 和 100.00g. 两测量值的误差都为 0.01g,问:哪次测量可靠性更大?
- 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 2.32cm、2.34cm、2.36cm、2.33cm、2.35cm,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 0.01g, 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 $\overline{\Delta L} = \frac{|\Delta L_1| + |\Delta L_2| + |\Delta L_3| + |\Delta L_4| + |\Delta L_5|}{5}$

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

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

五、有效数字与读数

【重要知识提示】

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: 21.65cm, 1.136m, 9.865kg 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: 1.006m, 21.60cm, 9.000kg, 均为四位有效数字.

(3) 零在非零数字之前不是有效数字. 如: 0.036m, 0.65cm, 0.0086kg 均是二位有效数字, 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: 21.65cm, 216.5mm, 0.2165m 均为四位有效数字.

(5) 乘方不算有效数字. 如 $3.6 \times 10^3\text{kg}$, 不是 5 位有效数字而是 2 位有效数字. 5400m 与 $5.4 \times 10^3\text{m}$ 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 10m, 后者所用测量工具的最小单位为 1000m.

(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 1.0cm 和 1.00cm 是有着不同意义, 1.0cm 为两位有效数字, 1.00cm 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.

3. 有效数字的运算法则

在许多计算结果中,很多量不是直接测得量,而是间接测得量,它是由直接测得量经过各种运算而得到的.因此要保证结果的准确度必须通过有效数字的运算来保证.

(1) 加减法

几个含有有效数字的数量相加或相减时,首先将各量的小数点对齐,以各量中小数点后位数最少的一个为基准(或该量的最后一位为基础),将其余各量按四舍五入法则简化至小数位数最少的那个量中最后一位所在位数的后一位为止.计算结果的有效数字和各量中有效数字位数最少的相同.(量的单位从略)

如: $5.5 + 0.318 = 5.8$ $15.3 - 1.036 = 14.2$

$$\begin{array}{r} 5.5 \\ + 0.318 \\ \hline 5.8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15.3 \\ - 1.036 \\ \hline 14.2 \end{array}$$

(2) 乘除法

几个数量相乘除时,所得结果的有效数字的位数与各参加运算量的有效数字位数最少的一个相同.如 $1.634 \times 15.6 = 25.5$. 结果量中的有效数字位数与其中有效数字位数最少的一个乘数相同.如果某一次乘积不是最后结果,则在计算过程中要多保留一位.

如: $34.56 \times 7.39 \times 1.84 = ?$

先计算 $34.56 \times 7.39 = 255.4$ (多保留一位)

再计算 $255.4 \times 1.84 = 470$ (470 与 1.84 的有效数字位数相同). 如果两数相乘,其中一量有效数字位数过多,则可比位数最少的那个量多保留一位有效数字,其余按四舍五入法简化.

高中阶段对有效数字的乘除法不作要求

【典型范例导析】

【例 1】 有效数字的基本涵义是什么?

解析 有效数字的基本涵义有如下两点:

(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