

北京市海淀区、西城区、名师编写



世纪攻略

物理实验

新课标

新智能

新标准

主 编：任丽华
编 著：孟卫东

(清华附中特级教师)



北京艺术与科学电子出版社

延边大学出版社

京市海淀区、西城区、名师编写

世纪攻略

物理实验

新课标

新智能

新标准

主 编:任丽华

副主编:赵贺林 高焕红

编 著:孟卫东(清华附中特级教师)

北京艺术与科学电子出版社

延边人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

世纪攻略·物理实验 / 任丽华编, -延吉: 延边人民出版社, 2008.4

ISBN 978-7-5449-0308-0

I.世… II.任… III.物理课-实验-高中-升学参考资料 IV.G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078720 号

世纪攻略·物理实验

出 版: 延边人民出版社

(吉林省延吉市友谊路 363 号, <http://www.ybcbs.com>)

印 刷: 环球印刷(北京)有限公司

发 行: 延边人民出版社

开 本: 16 开 印张: 98 字数: 1600 千字

标准书号: ISBN 978-7-5449-0308-0

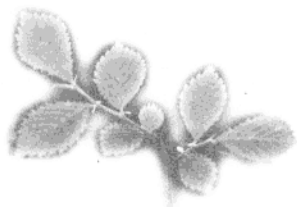
版 次: 2008 年 3 月第一版 2008 年 9 月第一次印刷

印 数: 1-10000 册 总定价: 158.00 元

客服电话: 010-67931696

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印厂联系调换。

前言



物理实验是高考物理的重要组成部分,学生对此部分内容掌握得好坏直接影响着高考成绩的高低,尤其是近年来,高考的着重点由零碎的知识点转向学生能力的测试。实验方面的试题在高考中所占的比重逐渐加大,应当引起应试者的注意。

《世纪攻略·物理实验》根据 2008 年全国理科综合《高考考试大纲》所规定的能力要求,选取了一些名家教辅资料的精华编辑成册,希望能对参加高考的学生在物理学习方面的提高有所帮助。

全书共分为:知识要点分类及能力要求、高中物理实验概述、学生实验、几个重要方法、创新设计性实验、实验能力综合训练题、参考答案共七部分。内容翔实,针对性强,题目的设置紧扣课本,以课本为依托,同时又高于课本,注重学生的灵活运用和实验能力的培养。

由于时间仓促,编者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

《世纪攻略·物理实验》编写组

2008 年 8 月

目 录

第一部分 知识要点分类及能力要求	1
第二部分 高中物理实验概述	5
第一单元 实验基础知识	5
第二单元 基本仪器	8
第三部分 学生实验	26
第一单元 长度的测量	26
第二单元 研究弹力和弹簧伸长的关系	28
第三单元 验证力的平行四边形法则	30
第四单元 研究匀变速直线运动	33
第五单元 研究平抛物体的运动	36
第六单元 验证动量守恒定律	39
第七单元 验证机械能守恒	43
第八单元 用单摆测量重力加速度	47
第九单元 用油膜法估测分子的大小	51
第十单元 用描迹法画出电场中平面上的等势线	53
第十一单元 测定金属的电阻率	57
第十二单元 描绘小灯泡的伏安特性曲线	63
第十三单元 把电流表改装为电压表	67
第十四单元 测定电源的电动势和内阻	73
第十五单元 用多用电表探索黑箱内的电学元件	78
第十六单元 传感器的简单应用	82
第十七单元 练习使用示波器	86
第十八单元 测定玻璃的折射率	89
第十九单元 用双缝干涉测光的波长	93
第四部分 几个重要方法	97
第一单元 几种重要的实验方法	97
第二单元 几种实验数据的处理方法	98
第三单元 电路的设计与器材选择方法	99
第五部分 创新设计性实验	102
第六部分 实验能力综合训练题	108
第七部分 参考答案	136



第一部分 知识要点分类及能力要求

一、2008 年《考试大纲》对学生实验的考查知识要点及分类

高中阶段共有 19 个学生实验,可划分为测量性,验证性和研究性三类

1. 测量性实验(7 个):

- ①长度测量;
- ②用单摆测定重力加速度;
- ③用油膜法估测分子大小;
- ④测定金属的电阻率;
- ⑤测定电源的电动势和内阻;
- ⑥测定玻璃的折射率;
- ⑦用双缝干涉测光的波长。

2. 验证性实验(3 个):

- ①验证力的平行四边形定则;
- ②验证机械能守恒定律;
- ③验证动量守恒定律。

3. 研究性实验(9 个):

- ①研究匀变速直线运动;
- ②探究弹力和弹簧伸长的关系;
- ③研究平抛物体的运动;
- ④用描迹法画出电场中平面上的等势线;
- ⑤描绘小灯泡的伏安特性曲线;
- ⑥把电流表改装成电压表;
- ⑦练习使用示波器;
- ⑧用多用电表判断黑箱内的电学元件;
- ⑨传感器的简单应用。

二、2008 年《考试大纲》对实验与探究能力的要求

1. 熟悉常用仪器的名称、功能和使用。

掌握实验仪器是完成实验的前提,在教学大纲中要求正确使用的仪器主要有:刻度尺、游标卡尺、电火花计时器(或电磁打点计时器)、弹簧测力计、停表、平抛实验器、螺旋测微器等 15 种,特别新增加了可调内阻的电池、电子示波器等实验器材和仪器,要认真掌握其使用方法和原理。

2. 理解所列实验的原理和方法

对实验原理、方法的理解是完成实验的基础,只有弄清了实验原理才能设计出正确、可行的实验方法和步骤,特别是对某些物理量的测定,在实验中并没有现成的测量仪器,如何在实验原理下设计或理解采用的实验方法,例如对物体速度的测量,在研究匀变速直线运动时采用打点计时器,而研究碰撞中动量守恒时却采用平抛的水平射程和时间来确定速度。

3. 掌握正确处理实验数据的方法

实验中所获得的数据是原始数据,怎样加工分析才能得到预期的实验结果,是实验最后成功的保证,其中要注意:

(1)数据的处理要符合有效数字的相关要求,应有一定的精确度;

(2)掌握常用的数据处理方法,如列表法、公式法、图象法等;

(3)要能在某些实验中了解误差的产生来源,减小误差,以便改进实验方法。

★历年高考考点分布★

考试年份	试卷类型	题号	知识点	能力	分值	题型
2005	北京春季	22	长度的测量 伏安法测电阻	基本仪器的使用 电路的连接	18	填空题

2005	全国Ⅲ豫冀 皖浙等十省	22	验证力的平行四边形法则 用电流表和电压表测电池的电动势 和内阻	数据处理 完成实验 实验原理	17	画图、 填空题
2005	全国Ⅰ黑蒙 桂理综	22	长度的测量 伏安法测电阻	基本仪器的使用 电路的连接	17	画图、 填空题
2005	北京理综	22	用多用电表探索黑箱内的电学元件	基本仪器的使用	18	画图、 填空题
2005	全国Ⅱ云甘 贵渝川理综	14	长度的测量 伏安法测电阻	基本仪器的使用 电路的连接	17	画图、 填空题
2005	天津理综	22	长度的测量 用双缝干涉测光的波长	基本仪器的使用 完成实验	16	填空题
2005	广东物理	11	用双缝干涉测光的波长 研究匀变速直线运动	数据处理 完成实验	9	填空题
2005	广东物理	12	伏安法测电阻	完成实验 电路的连接	11	画图、 填空题
2005	江苏物理	11	弹力与弹簧伸长的关系	数据处理 完成实验	10	画图、 填空题
2005	江苏物理	12	将电流表改装成电压表	迁移能力 数据处理 电路的连接 完成实验	12	画图、 填空题
2005	上海物理	15	验证玻意耳定律	数据处理	6	画图、 填空题
2005	上海物理	16	伏安法测电阻	基本仪器的使用 数据处理	6	画图、 填空题
2005	上海物理	17	测量电阻	基本仪器的使用 数据处理 故障处理	5	选择、填空、 画图题
2005	上海物理	18	运动物体所受空气阻力与运动速度 的关系	数据处理 科学探究	5	填空题
2005	辽宁综合	32	多用电表的使用	基本仪器的使用 故障处理	6	选择题
2006	全国Ⅰ	22	用双缝干涉测光的波长测电压表 内阻	基本仪器使用电路设计	17	填空画图题
2006	全国Ⅱ	22	描绘小灯泡的伏安特性曲线 测定玻璃的折射率	器材电路选择完成实验	17	填空题
2006	北京理综	21	游标卡尺,描绘小灯泡的 $U-I$ 曲线	器材选择数据处理	18	填空选 择题
2006	天津理综	22	验证动量守恒定律 多用电表、测电源电动势和内阻	基本仪器使用数据处理	16	填空题
2006	重庆理综	22	多用电表、研究匀变速直线运动	基本仪器使用数据处理	17	填空题
2006	四川理综	22	用单摆测定重力加速度、测定金属电 阻率	器材选择实验设计	17	填空题
2006	江苏物理	12	研究匀变速直线运动、测定玻璃折 射率	数据处理误差分析	11	填空题
2006	江苏物理	13	测电源电动势和内阻、改装电表	完成实验	12	填空题

2006	广东物理	11	研究平抛运动的实验	完成实验	9	计算题
2006	广东物理	12	电学实验	完成实验	11	计算题
2007	全国 I	22	示波器的使用和利用验证碰撞中的动量守恒的装置验证弹性碰撞的恢复系数是否为 1	基本仪器的使用、数据处理	17	填空题
2007	全国 II	22	利用单摆测量重力加速度、半偏法测量电表的内阻。	仪器选择、误差分析	17	填空题
2007	北京理综	21	阴极射线在电、磁场中的偏转、利用打点计时器研究小车在斜面上的运动情况	迁移能力仪器选择、数据处理	18	填空和作图
2007	天津理综	22	游标卡尺、利用打点计时器研究小车的运动情况、示波器的使用	基本仪器的使用、数据处理	16	填空题
2007	重庆理综	22	利用电压表和电流表的示数判断电路的故障位置、探究把物体从水中拉出时,拉力大小与那些因素有关	故障分析、数据处理、科学探究	17	填空题
2007	上海物理	14	利用位移时间图象研究小车的运动	图象的应用	5	选择题
2007	上海物理	15	电阻的测量	基本仪器的使用	6	填空题
2007	上海物理	16	研究电源的输出功率	闭合电路的欧姆定律	5	填空、选择题
2007	上海物理	17	利用单摆验证小球平抛运动的规律	平抛运动、机械能守恒、数据处理	8	填空题
2007	上海物理	18	气体的等压变化	数据处理	6	填空题
2007	广东物理	13	多用电表测电阻、伏安法测电阻、电阻定律、千分尺的使用、利用多用电表排除故障	基本仪器的使用	12	填空、选择题
2007	广东物理	14	利用打点计时器研究小车的运动情况	数据处理	8	填空题
2007	山东理综	23	伏安法测电阻、	仪器选择、设计实验	11	填空题、画原理图
2007	宁夏	22	用伏安法测量干电池的电动势和内电阻、电表的改装	迁移能力、闭合电路的欧姆定律	15	填空题、画原理图
2007	江苏物理	12	伏安法测电阻、	仪器选择数据分析	9	填空题、作图
2007	江苏物理	13	利用传感器研究小车在斜面上的运动	利用图象分析和计算	13	填空题
2007	四川理综	22	研究平抛物体的运动、电动势的测量、电阻的测量	闭合电路的欧姆定律、完成实验	17	填空、选择题

2008	全国 I	22 题	系统机械能守恒,电表改装、电阻测量	误差分析,设计实验	18	填空、连电路
2008	全国 II	22 题	螺旋测微器的读数、电阻测量	基本仪器的使用、综合分析能力	18	填空、电路图
2008	北京理综	21 题	示波器的使用、探究弹簧弹力和弹簧伸长量的关系并求劲度系数	基本仪器使用、数据处理、知识迁移	18	填空
2008	天津理综	22 题	螺旋测微器的读数、电阻的伏安特性曲线单摆测重力加速度	基本仪器的使用、设计实验、数据处理	16	填空连电路
2008	重庆理综	22 题	利用纸带和单摆研究滑块的运动、探究电解质溶液的电阻率和浓度的关系	误差分析、科学探究	17	填空
2008	四川理综	22 题	螺旋测微器和游标卡尺的读数、光电数字计时器、电阻测量	基本仪器的使用、误差分析	17	填空
2008	山东理综	23 题	伏安法测磁敏电阻的阻值	数据处理、同向分析、科学探究	12	原理图填空
2008	宁夏理综	22 题	多用电表读数、测量滑块与木板间的动摩擦因数	器材选择、基本仪器的使用、数据处理	15	填空
2008	江苏物理	10 题	探究电阻与横截面积的关系,螺旋测微器的读数	基本仪器的使用、数据分析	8	填空简答
2008	江苏物理	11 题	利用弧形轨道验证机械能守恒	数据处理、误差分析	10	填空
2008	上海物理	15 题	光电效应现象	综合能力	4	填空
2008	上海物理	16 题	观察光的薄膜干涉现象	实验观察能力	4	选择
2008	上海物理	17 题	用单摆测重力加速度	误差分析、图像分析	6	填空
2008	上海物理	18 题	研究灯泡的发光情况	故障分析、设计实验	6	填空、连图
2008	上海物理	19 题	测量通电螺线管内部磁感应强度与电流的关系	科学探究、数据分析	10	填空、选择
2008	广东物理	15 题	探究热敏电阻的温度特性	完成实验、图像分析	11	填空
2008	广东物理	16 题	探究动能定理	完成实验、数据分析	13	填空



第二部分 高中物理实验概述

第一单元 实验基础知识

一、误差及误差分析

(一)能力要求:

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。

(二)知识储备

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

(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。

(三)分析讨论

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:

(1)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。

(2)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。

(3)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°C 条件下标定的标准定值电阻。

(4)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。

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有:多次测量取平均值。

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(ΔN)
 $= |\text{测量值}(N) - \text{真实值}(N_0)|$,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 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 0.010
 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
 2mm 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

$$\text{对误差}(\eta) = \frac{\text{绝对误差}(\Delta N)}{\text{测量平均值}(N)} \times 100\%$$

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。

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) 测量的精密性

测量的精密性是指对某一物理量测量时,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。

(四) 范例解析

【例题】 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

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

乙测跳高横杆高度的相对误差为

$$\eta_2 = \frac{\Delta h}{h} = \frac{0.01\text{m}}{2} \times 100\% = 0.05\%$$

显然,测跑道的准确度比测横杆高度的准确
 度高。

(五) 模拟训练

- 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 ()

- 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

二、有效数字

(一)能力要求

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。间接测量及有效数字运算不作要求。

(二)知识储备

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,是不可靠的,也是误差所在位。

确定有效数字位数的方法:

从数字左边第一个不为零的数字算起,如0.0125为三位有效数字。

(三)分析讨论

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,而是确定的准确数。

(2)它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53.6mm,因为刻度尺最小刻度值为毫米,53mm是准确可靠数字,而末位数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53.5mm,或53.7mm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。

1. 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,读数时就应该读到哪一位。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,估读到十分之一毫米。

(3)凡是最小分度是“1”的测量工具(除精度为0.1mm的游标卡尺),有效数字的小数位均比精度多1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。

(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0.6A量程,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,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15V量程,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。

(四)注意事项

(1)一切非零数字都是有效数字,如12.85cm是四位有效数字。

(2)非零数字之间的零及非零数字后边的零都是有效数字。如1.002和6.000均是四位有效数字,0.280和0.208均是三位有效数字。

(3)有效数字的位数与单位和小数点的位置无关,如12.85cm、128.5mm、0.1285m均是四位有效数字。

(4)乘方不算有效数字,如 5.12×10^4 为三位有效数字,5000若要求表示为三位有效数字,则应写为 5.00×10^3 。

(5)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是有着不同意义的,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。

(五) 范例解析

【例题】 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, 是不可靠住, 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。

【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。

(六) 模拟训练

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℃, _____ 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:

- ① 0.02010 m ② 0.021 m
③ 2.0101 cm ④ 2.01 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_____。

第二单元 基本仪器

一、刻度尺

(一) 知识储备

刻度尺主要用于测量物体的长度, 有时又称作米尺, 毫米刻度尺。最小分度为 1 mm。

(二) 注意事项

读数时, ①刻度尺紧靠被测物体。

②视线垂直于刻度尺。

③读数保留到毫米的十分位上。

二、游标卡尺

(一) 能力要求

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。通过这部分学习, 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。

(二) 知识储备

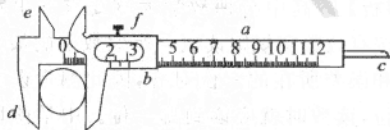
1. 构造及用途

游标卡尺的构造如图所示。其主要部分为一根主尺 a 和一个套在主尺上可以沿着主尺滑动的游标尺 b , 还有附在两个主要部分上的其他部件:

(1) 内测脚 (也称上爪) e : 用来测量槽的宽度和管的内径;

(2) 外测脚 (也称下爪) d : 用来测量零件的厚度和管的外径;

(3) 窄片 c : 固定在游标尺上, 用来测量槽、孔和筒的深度;



(4) 固定螺丝 f : 读数时, 为了防止游标尺的挪动, 旋紧 f 可使游标尺固定在主尺上。

2. 游标卡尺的读数原则

(1) 游标卡尺的种类很多, 但其设计原理和读数原理基本相同, 设计时一般是游标尺上, n 条刻线的总长度与主尺上 $(n-1)$ 条刻线的总长度相等, 如果游标尺的分度值为 x , 相应主尺上的分度值为 y , 则有

$$nx = (n-1)y \quad ①$$

由①式可得游标尺与主尺两者分度值之差为

$$k = y - x = \frac{y}{n} \quad ②$$

我们把 $k = \frac{y}{n}$ 叫做游标卡尺的精确度, 简称为精度, 其值由游标尺的刻线数和主尺上的分度值 y 决定。一般来说, 主尺上的分度值长度 $y = 1 \text{ mm}$, 当 $n = 10$ 时, 其精度为 0.1 mm , 当 $n = 20$ 时, 其精度为 0.05 mm , 当分度数 $n = 50$ 时, 其精度为 0.02 mm 。实际使用中的游标卡尺只有精度为 0.05 mm 和 0.02 mm 两种, 一般中学实验室里使用的多为 50 分度游标尺, 精度为 0.02 mm 。至于游标尺的估读, 中学物理课本在介绍 10 分度游标卡尺时, 没有要求, 对游标卡尺的估读也不在高考的考查之列。

(2) 读数

测量值 = 主尺整毫米数 + 精确度 $\times$ 条数

(条数: 游标卡尺上与主尺上刻度线对齐的哪条刻度线)

(三) 分析讨论

1. 什么叫游标卡尺的准确度? 10 分度、 20 分度、 50 分度游标卡尺的准确度各为多少?

【解析】游标卡尺的准确度是以游标尺分度值与主尺分度值的差值来确定的。

游标尺为 10 分度时, 游标尺分度值为 0.9 mm , 与主尺分度值 1 mm 的差值为 0.1 mm , 因此这种游标卡尺的准确度为 0.1 mm 。

游标尺为 20 分度时, 游标尺每一分度与主尺分度值 1 mm 的差值为 0.05 mm , 这种游标卡尺的准确度为 0.05 mm 。

游标尺为 50 分度时, 游标尺的每一分度与主尺分度值的差值为 0.02 mm , 所以这种游标卡尺的准确度为 0.02 mm 。

2. 无零误差、有零误差的游标卡尺的读数方法

有何不同?

【解析】(1) 无零误差的读数

当游标尺和主尺的两测脚间未夹被测物时, 两测脚靠拢后, 游标尺的零刻线与主尺的零刻线完全重合, 此种情况下, 游标卡尺无零误差。其读数方法为:

① 先读整数部分: 整数部分由主尺上读得, 即游标尺零刻线在主尺的多少毫米刻线的右边, 该毫米刻度值就是应读得的以毫米为单位的整数部分。

② 再读小数部分: 小数部分由游标尺上第几条刻线与主尺上某一刻线对齐后读出, 即游标卡尺的准确度 $k(k = 0.1 \text{ mm}, 0.05 \text{ mm}, 0.02 \text{ mm}) \times n =$ 读出的小数部分(可记为通式 $k \times n$)。

③ 测量值为上述两部分读数之和, 并按有效数字规则记录, 通用公式可写为

$$s = L + k \cdot n.$$

(2) 有零误差的读数

当游标卡尺未测量时, 游标尺和主尺的两测脚靠拢时, 游标尺的零刻线与主尺的零刻线不能对齐, 则这种情况下的游标卡尺有零误差。其读数方法为:

① 按上述无零误差读数步骤①②③读出测量值, 记为 s_1 。

② 记下零误差 s_0 , s_0 有正负之分, 当游标尺的零刻线在主尺零刻线右边时, s_0 为正值, 如图 a 所示, 其最后读数应在上述 s_1 后减去 s_0 ; 当游标尺的零刻线在主尺零刻线左边时, s_0 为负值, 如图 b 所示, 其最后读数应在 s_1 后加上 $|s_0|$ (即 s_0 的绝对值)。

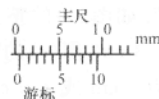


图 a

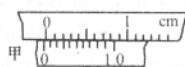


图 b

③ 记录最后结果: $s = s_1 - s_0$ 或 $s = s_1 + |s_0|$ 。

(四) 注意事项

(1) 对游标卡尺的末位数不要求估读, 如遇游标尺上的刻线与主尺刻线未对齐的情况, 应选择游标尺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。

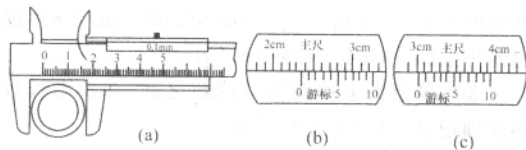
(3) 被测物上测量距离的连线必须平行于主尺, 以减小不必要的误差。

(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。

(五)范例解析

【例题1】 如图(a)所示,用10分度的游标卡尺测量一根金属圆管的内径和外径时,卡尺上的游标位置分别如图(b)、(c)所示,则这根金属圆管的内径读数是_____mm,外径读数是_____mm。



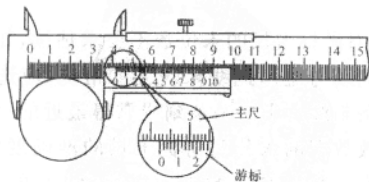
【解析】 因为10分度游标卡尺的准确度为0.1 mm,对图(b),从主尺上读得23.0 mm,而游标尺的第7个小格与主尺上的3 cm处恰好对齐,所以小数部分为 $0.1 \times 7 = 0.7$ (mm),故此金属圆管的内径为:

$$d = 23.0 + 0.7 = 23.7 \text{ mm}$$

同理,由图(c),从主尺上读得整数部分为30.0 mm,而游标尺的第3个小格与主尺上的刻度对齐,所以小数部分为 $0.1 \times 3 = 0.3$ mm,故金属圆管的外径 D 为: $D = 30.0 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} = 30.3 \text{ mm}$ 。

值得注意的是,如果以厘米为单位记录数据的话,一定要在估读位数上补“0”。如图(b)的整数部分要记为2.30 cm而不能记为2.3 cm,图(c)的整数部分要记为3.00 cm,而不能记为3 cm或3.0 cm。

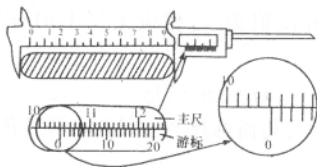
【例题2】 (2005年全国II,22)用游标为50分度的卡尺(测量值可准确到0.02 mm)测定某圆柱的直径时,卡尺上的示数如图。可读出圆柱的直径为_____mm。



【解析】 (1)游标50分度的卡尺,其精确度为0.02 mm,主尺刻度为42 mm,游标尺第6条线与主尺对齐,读数为: $6 \times 0.02 \text{ mm} = 0.12 \text{ mm}$,所以测量结果为: $42 \text{ mm} + 0.12 \text{ mm} = 42.12 \text{ mm}$ 。

(六)模拟训练

1. (2004年春季高考题)用一主尺最小分度为1 mm,游标上有20个分度的卡尺测量一工件的长度,结果如图所示。可以读出此工件的长度为_____。



2. 有一种游标卡尺,它的主尺最小分度是1 mm,游标上有50个等分刻度,此游标尺的总长度是_____mm,用这种游标卡尺测长度时可以准确到_____mm,用此尺测铁球直径时,游标尺零刻度线在2.2 cm到2.3 cm两刻度线之间,游标尺的第19条刻度线与主尺上某条线对齐,则此球的直径为_____cm。

三、螺旋测微器(千分尺)

(一)能力要求

1. 了解千分尺的构造和原理
2. 正确使用千分尺
3. 熟练掌握读数方法

(二)知识储备

1. 主要构造

螺旋测微器主要部分为测微螺杆 P 、固定框架 F 、旋钮 K 、微调旋钮 K' 、精密螺纹套 G 、小砧 A 、刻度 G 与框架 F 固定,旋钮 K 、微调旋钮 K' 与可动刻度 H 、测微螺杆 P 连在一起,通过精密螺纹套在 G 上。构造如图所示。



2. 制作原理

由构造图可知,精密螺纹套套在固定刻度套上,如果旋转螺纹套 G ,测微螺杆就在水平方向上做前进或后退的直线运动,精密螺纹的螺距为0.5 mm,如果螺纹套每旋转一周,测微螺杆就前进或后退0.5 mm。因此,便可用圆周上的点移动在较大距离将沿轴线方向移动时不便于测量的微小距离表示出来,这就是所谓机械放大原理,螺旋测微器就是利用这个原理制成的。

螺旋套的圆周长分成 50 等分,并标明刻线数。螺旋套每旋转一周,测微螺杆就前进或后退一个螺距,即 0.5 mm,螺旋套圆周上的每一刻度(等分)表示 0.01 mm,反过来说,螺旋套每旋转一个刻线,螺杆就前进或后退 0.01 mm。螺旋套旋转两周,固定在螺旋套上的可动刻度就转过了 100 等分,测微螺杆前进或后退的距离正好是 1 mm。由此可知,螺旋测微器的分度值是 0.01 mm,这也就是螺旋测微器的准确度,其准确位在毫米的百分位上,而估读位在毫米的千分位上,即估读到 0.001 mm。

3. 操作方法:旋出螺杆,将被测物体置于 A、P 之间的夹缝中,开始旋转旋钮 K,当 P 开始接触被测物时,应停止旋转 K,而改用旋转微调旋钮 K',以防止螺杆 P 和小砧 A 过分紧压待测物体,这样既保证了测量结果的准确,又保护了螺旋测微器。当停止使用 K 改为使用 K'时,应轻轻转动微调旋钮 K',当听到“嗒、嗒……”的响声时,表明被测物刚好夹住,然后转动锁紧手柄 T 使 P 止动。

4. 读数方法

读数时首先要认清螺旋测微器的刻度标法。

螺旋测微器的固定刻度:固定刻度 G 上所标数值的单位为毫米,一般螺旋测微器固定刻度上均有半毫米刻线,有的半毫米刻线在固定刻度水平轴线的上方,有的则在轴线的下方。图 a 为半毫米刻线在水平轴线上,而图 b 所示为半毫米刻线在水平轴线下。

其次要掌握半毫米以上整数部分和半毫米以下小数部分的读数规则。毫米的整数及半毫米部分在固定刻度上读出,半毫米以下部分在可动刻度上读出,并估读一位。半毫米以下部分读法为:找出与水平轴线对应的可动刻度尺 H 的刻线,这个刻线与可动刻度尺零刻线间的格数乘以 0.01 mm,就是长度在半毫米以下部分的读数。例如图 c 所示的情况,与轴线对应的可动刻度尺的刻线为 13.0(其中“13”是准确格数,“0”是估读的格数),被测长度小于 0.5 mm 的读数为 $13.0 \times 0.01 \text{ mm} = 0.130 \text{ mm}$ 。

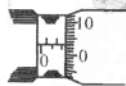


图 a

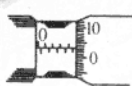


图 b

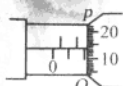


图 c

半毫米以上整数部分的读数可以采用如下方法读出:

先在固定刻度尺上,找出距可动刻度尺边缘线(如图中的 PQ 线)最近的那条刻线,它与固定刻度尺零刻线间的格数乘以 0.5 mm,就是被测长度大于 0.5 mm 部分的读数。此时固定刻度尺上的格数含半毫米刻度数在内;如图所示的情况,“0”刻线以外,有 4 条刻线露出,被测物长度大于 0.5 mm 部分的读数为 $4 \times 0.5 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$ 。该被测物的全部测量值应为 $4 \times 0.5 + 13.0 \times 0.01 = 2.130 \text{ (mm)}$ 。

即:测量值=固定刻度整毫米数+半毫米数+可动刻度读数(含估读) $\times 0.01 \text{ mm}$ 。

(三) 分析讨论

半毫米刻度线是否露出的判定方法有哪些?

固定刻度尺上半毫米刻度线是否露出,可动刻度尺边缘线是否已过固定刻度尺的水平轴线的三种情况判断:

(1)可动刻度尺零刻线在水平轴线上(如图 a),则可动刻度尺边缘线未过固定刻度轴线,说明可动刻度尺旋转不满一周,半毫米刻线未露出。

(2)可动刻度尺零刻线在水平轴线下(如图 b),则可动刻度尺边缘线已过固定刻度轴线,说明可动刻度尺旋转已超过一周,半毫米刻线已露出。

(3)可动刻度尺零刻线正对水平轴线,则说明可动刻度尺边缘线正压在固定刻度轴线上。

对上述 a、b 两种情况需要估读出毫米千分位上的数值。如图 a 中,被测物的长度应读为 $8 + 0.01 \times 47.2 = 8.472 \text{ (mm)}$ 。

又如如图 b 所示,被测物的长度应读为 $4.5 + 0.01 \times 3.2 = 4.532 \text{ (mm)}$ 。

而对上述 c 情况,表明可动刻度尺的刻线正压在水平轴线上,读数时需要在毫米千分位上补“0”,如图 c 所示,被测物的长度就应为 $8.5 + 0.01 \times 10.0 = 8.600 \text{ (mm)}$ 。

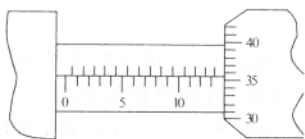
(四) 注意事项

1. 是否存在零误差
2. 半毫米刻度线是否露出
3. 正确使用千分尺

(五) 范例解析

【例题】用千分尺测一个小球的直径,如图所

示,其直径为_____mm。



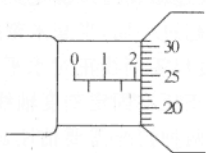
【解析】千分尺的精度为 0.01 mm,其读数方法可用以下公式表示:读数=固定刻度读数+可动刻度读数×精度,由图可看出,固定刻度尺上的半毫米刻度线已露出,故固定刻度读数为 13.5 mm,与主线对齐的套筒上的可动刻度读数为 35.4(注意要估读一位),故被测小球的直径 $d=13.5\text{ mm}+35.4\times 0.01\text{ mm}=13.854\text{ mm}$,由于在读数时,误差不可避免,结果为 13.855 mm 亦正确。

(六) 模拟训练

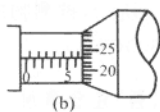
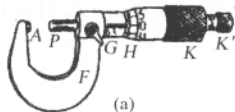
1. 有一螺旋测微器,当测微螺杆与小砧并拢时,可动刻度的零刻线恰好与固定刻度的零刻线对齐,若旋转可动刻度,使其恰转动 180° ,这时的读数应是

- A. 0.25 mm B. 0.250 mm
C. $2.5\times 10^{-4}\text{ m}$ D. $0.25\times 10^{-3}\text{ m}$

2. 如图所示,螺旋测微器的读数是_____

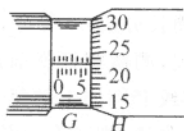


3. 如图(a)所示的螺旋测微器测量某金属丝的直径时,当P快要接近被测金属丝的表面时,要停止使用旋钮_____,改用微调旋钮_____。如果某次测量时刻度尺显示如图(b)所示,则其读数是_____mm。



4. 用螺旋测微器测某一圆柱体的直径时,测量结果如图所示,读数应为_____

- A. 6.23 mm B. 6.227 mm
C. 6.73 mm D. 6.727 mm

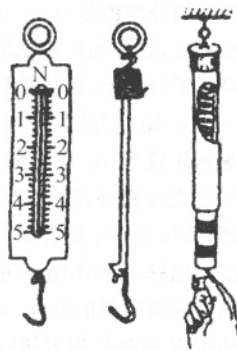


四、弹簧称

(一) 知识储备

1. 弹簧秤的构造

弹簧秤是用来测量力的大小的仪器,也叫测力计。它的构造如图所示:图(a)为条形测力计,主要由弹簧、带刻度的外壳、指针三个部分组成。人们根据使用方便还可以制成其他形式的测力计:圆测力计,如图(c)所示;握力计,如图(甲)所示;还有测压力的压力计如图(乙)等。



2. 弹簧秤原理



弹簧秤测力原理是根据胡克定律,即 $F_{\text{拉}} = F_{\text{弹}} = kx$,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。

用弹簧秤测量力的大小时,力作用在弹簧秤上后,系统处于平衡状态,其示数就等于秤钩端的拉力或托盘上压力的大小,但都忽略了弹簧秤内弹簧的重力。

(二) 分析讨论

如图所示的弹簧秤的示数为_____N,它能否测量6N的拉力?

【解析】右图所示的弹簧秤的最大量程为5N,弹簧秤不能超过量程使用,否则会损坏弹簧秤,所以不能用该弹簧秤测量6N的拉力。同时这只弹簧秤的最小分度为0.2N,属有效数字末位就在精度同一位的情形,其示数应读为2.4N,且不需要在“6”后补“0”。

