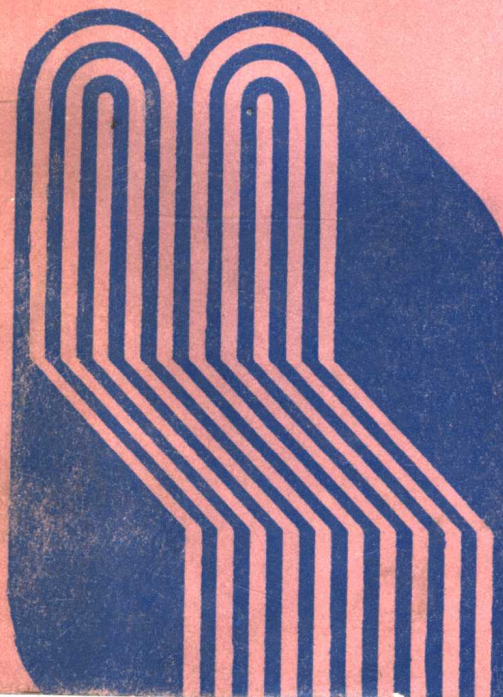


中等专业学校物理实验指导书

物理实验题指导

王显军 罗绍凯 主编



科学技术文献出版社

中等专业学校物理实验指导书

物理实验题指导

主编 王显军 罗绍凯

副主编 焦震山 严作民 孟来斌

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

内 容 简 介

本书是为配合物理实验教学，而编写的。内容包括力学、热学、电学和光学。分基本知识、实验题分析与解答和标准化练习题三部分叙述，书后附答案。

本书在命题与解答中，对实验目的、原理、方法步骤、注意事项、仪器及故障分析、误差分析及实验设计、技能技巧等方面分别有所侧重。同时编入一些具体实验和有关知识，有助于学生处理实际问题和扩大知识面。

本书可供大、中学生、中专学生和教师学习和教学参考使用。

物理实验题指导

王显军 罗绍凯 主编

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

国防科工委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 32开本 5.5印张 115千字

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数：1—8000册

社科新书目：279—210

ISBN 7-5023-1484-9/G·43

定 价：3.00元

前 言

实验教学是物理教学的基础，也是我国物理教学的薄弱环节。为了配合实验教学，我们尝试着编写了这本实验题指导与练习。全书共分四篇，每篇分基本知识、实验题分析与解答以及标准化练习题三部分叙述，书末附答案。内容包括力学、热学、电学和光学。在命题与解答中，对实验目的、原理、方法步骤、注意事项、仪器及故障分析、误差分析及实验设计、技能技巧各有所侧重，以加深学生对实验的认识。在实验题分析与解答中，还编入了一些具体的实践知识及有关知识，帮助学生处理实际问题 and 扩大知识面。本书题目类型分：填空题、选择题、编序题、纠错题、绘图题、因果关系题、实验结果处理题、设计题及黑盒子题。力求题目新颖，信息量大。

实验题尽管不能代替观察和实验，但却是一种有效的辅助手段，通过实验题的练习，可以巩固实验知识，开阔视野，提高实验应变能力。希望本书能成为读者的益友。

本书由王显军、罗绍凯主持编写，并负责全书统定稿。参加本书编写的有（按姓氏笔划为序）王显军、孙启天、刘朝林、刘金海、刘春堂、刘禄祥、吕经令、严作民、吴志祥、李满天、李爵懿、孟来斌、杨为杰、罗绍凯、焦振山、唐俭社、董长生、童臣荣。

本书是加强物理实验教学的尝试，由于水平有限，难免有不当之处，请读者指正。

编 者

1991年3月

目 录

第一篇 力 学

基本知识.....	(1)
实验题分析与解答.....	(10)
标准化练习题.....	(19)

第二篇 热 学

基本知识.....	(45)
实验题分析与解答.....	(45)
标准化练习题.....	(50)

第三篇 电 磁 学

基本知识.....	(60)
实验题分析与解答.....	(62)
标准化练习题.....	(82)

第四篇 光 学

基本知识.....	(121)
实验题分析与解答.....	(125)
标准化练习题.....	(132)

参 考 答 案

力学.....	(139)
热学.....	(145)
电磁学.....	(148)
光学.....	(166)

第一篇 力 学

基 本 知 识

1. 误差和有效数字

用正确的实验方法得出的测量值与真实值的差，叫做误差。误差从引起原因上分系统误差和偶然误差。由于仪器的不精密和实验方法粗略，或实验原理不完善而产生的误差，叫做系统误差。由于各种偶然因素对实验者、测量仪器及被测物理量的影响而产生的误差，叫做偶然误差。在描述误差时，有相对误差和绝对误差两种说法。绝对误差是测量值与真实值的差。相对误差是绝对误差与真实值的比值。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{测量值} - \text{真实值}}{\text{真实值}} \times 100\%$$

例如，一支铅笔的真实长度是 17.20 厘米，测量值为 17.17 厘米，则绝对误差是 0.03 厘米，相对误差是 $\frac{0.03}{17.20} \times 100\% = 0.17\%$ 。在做物理实验时，为了减小误差常采取多做几次实验，然后取平均值的方法。

由于物理实验中测量常有误差，所以，测量的数据通常是近似的。用刻度尺测铅笔长度时，因刻度尺的最小刻度是毫米，所以毫米以下的数只能靠估计，估计常常是有差异的，如上述铅笔长度 17.17 厘米中的末位数 7 就是估计数字，可能别人会估计成 6 或 8，这个估计数字是不可靠数字，但仍

有意义，一定要把它写上，因为写出来比不写出来更接近真实值。这种带有一位不可靠数字的数字，叫做有效数字。

物理实验中，记录测量结果和进行计算时，应正确使用有效数字。前面说过，有效数字最后一位数字是不可靠数字，因此，下面这些数字的意义是不同的，如 1.2 米、1.20 米、1.200 米。1.2 米是二位有效数字，表示末位数 2 是不可靠的，并说明测量工具的最小刻度是米，2 是估计数字，物体的实际长度可能是 1.1 米或 1.3 米。1.20 米是三位有效数字，末位数 0 是不可靠的，而前面两位数是可靠的，测量工具的最小刻度是分米，误差只在厘米的范围。1.200 米表示结果更精确了，四位有效数字，测量工具的最小刻度是厘米，误差只在毫米的范围。有效数字后面的零看起来不改变数字的大小，但表示有效数字的位数不同，即不同的精确度，所以不能随意去掉。

小数点后面第一个非零数字前面的零，不代表有效数字，只反映有效数字的大小。例如 0.12 千米、0.012 千米，0.0012 千米，都是二位有效数字。通常可写成有效数字和 10 的指数的乘积的形式，写为 1.2×10^{-2} 千米、 1.2×10^{-3} 千米。若数目较大，数字后面零较多，而又不全是有效数字时，用此方式表示最方便，如 245000，若只有三位有效数字，应写为 2.45×10^5 ，若有四位有效数字，应写为 2.450×10^5 。

2. 游标卡尺和螺旋测微器的使用

游标卡尺的结构如图 1-1 所示，A 是主尺，左端有上下两个测脚，上测脚的左边和下测脚的右边在一条直线上，并

跟主尺垂直，主尺的最小刻度是毫米。B是游标尺，可以在主尺上滑动，游标尺的左端也有上下两个测脚，上测脚的右边和下测脚的左边在一条直线上，也跟主尺垂直。游标尺的刻度有几种不同刻法，一般有分成10格，20格和50格的，刻度的总长度分别为9毫米、19毫米和49毫米。利用下测脚可以测量物体的厚度、宽度及圆管、球体的外径，利用上测脚可以测槽的宽度和管的内径。随着游标尺一起沿主尺滑动的窄片C叫深度尺，用它可以测槽及筒的深度。

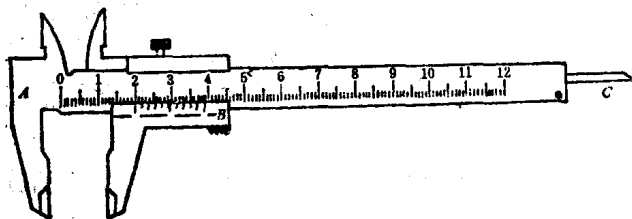


图1-1

我们以游标尺上刻度共分10格的卡尺为例，说明它的原理和使用方法。当左右两个测脚合在一起时，游标尺的零刻线跟主尺的零刻线重

合，如图1-2所示，这时，除了游标尺的第十条刻线跟主尺上9毫米的刻线重合外，其余刻线都不

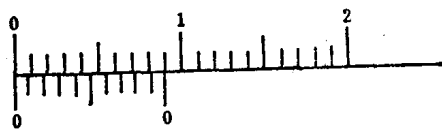


图1-2

重合。由于游标尺把9毫米的长度分刻成10格，它的每格宽度比1毫米小0.1毫米，所以，游标尺上零刻线右边的第一条刻线在主尺1毫米刻线左边0.1毫米处，游标尺上第二条

刻线在主尺 2 毫米刻线左边 0.2 毫米处，依次类推。

如果在两个下测脚之间放一张 0.1 毫米厚的纸片，那么，游标尺的零刻线必须从主尺的零刻线向右移动 0.1 毫米，这时游标尺上第一条刻线正好跟主尺上 1 毫米刻线重合，而其余刻线都不重合。同理，当两测脚间放 0.5 毫米厚的纸片时，游标尺上第五条刻线就跟主尺上 5 毫米刻线重合，其余刻线都不重合。当两测脚间放 1 毫米厚的纸片时，游标尺上第十条刻线就跟主尺上 10 毫米刻度重合，如图 1-3 所示，这时游标尺的零刻线正指在主尺的 1 毫米处，若测量的厚度再增加 0.1 毫米，那么游标尺上第一条刻线将跟主尺上 2 毫米刻线

重合，依此类推。可见，使用游标卡尺时，毫米以上的读数直接从主尺上读出，毫米以下读数从游标尺上读出，游标尺的



图1-3

第几条刻线跟主尺某一刻线重合，就是零点几毫米。这种卡尺的精度可以准确到 0.1 毫米。

如图 1-4 所示为某次测量的结果，图中游标尺的零刻线指在主尺上 2.3 厘米右边，游标尺上第七条刻线跟主尺刻线重合，因此，读数为 2.37 厘米。

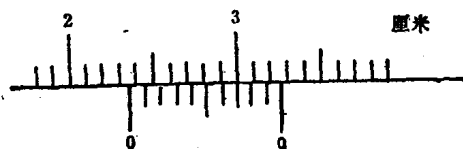


图1-4

游标尺上刻 20 格或 50 格的卡尺，游标尺的每一刻度分别比 1 毫米小 0.05 或 0.02 毫米。因此，它的精度更高。

游标卡尺的测量范围通常在几十厘米以内，但根据其原理采用特殊装置，也可测更长的长度。另外，使用游标卡尺测量时，应先检查游标卡尺的零点读数（称零误差），以便记录数据时修正这一零点读数；还应注意游标卡尺的精度，记录数据时应使数据的末位和游标卡尺的精度相符合。

螺旋测微器（又叫千分尺），其结构如图 1-5 所示，图中 A 、 P 是圆柱形钢质小砧，端面很平， A 砧固定在半圆形框架 F 上， P 砧是可动的。被测物体放在 A 、 P 砧之间。刻度尺 S 是套在 P 砧外面的一根套管，并与框架 F 固定在一起。大旋钮 K ，小旋钮 K' （又叫微调旋钮），可动刻度 H 与 P 砧连在一起，通过精密螺纹装配在 S 上。旋转 K 或 K' 时，可动刻度 H 和 P 砧一起旋转，同时前进或后退；粗调时用 K ，细调时用 K' 。

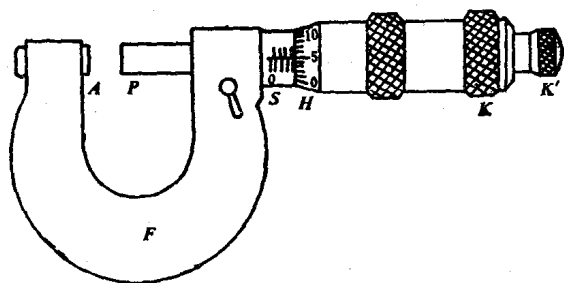


图 1-5

螺旋测微器的原理是：螺杆在螺母中旋转一周时，螺杆沿轴线方向移动的距离等于一个螺距。若螺距是 0.5 毫米，螺

杆的周长是50毫米，那么螺杆沿轴线方向移动0.5毫米时，螺杆上的点就沿圆周移动50毫米；若螺杆沿轴线方向移动0.01毫米，那么螺杆上的点就沿圆周移动1毫米。因此，螺杆沿轴线方向移动很小的长度，就可以从螺杆上的点沿圆周移动较大的长度测量出来。

螺旋测微器的刻度如图 1-5 所示，固定刻度尺 S 是以毫米为单位刻的，为了便于读数，还刻出了半毫米的刻度线。可动刻度 H 是沿旋柄左端的圆周等距离地刻成50个刻度，由于旋柄旋转一周时，它和 P 砧一起沿轴线方向移动0.5毫米，所以，旋柄每转过一个刻度就表示 P 砧沿轴线方向移动0.01毫米，在读取被测物的长度时，毫米以上的数字直接由刻度尺 S 上读出，毫米以下的部分，由可动刻度 H 读出，而且除了刻度指示的数值外，还可再估计一位。在读数时要注意刻度尺 S 上的半毫米刻线是否露出，若没露出，说明被测长度在毫米以下的部分不到0.5毫米。如图1-6表示的是7.330毫米。若半毫米刻线已经露出，说明被测长度在毫米以下的部分已超过0.5毫米，如图1-7表示的是7.832毫米。老式螺旋测微器一般没有半毫米刻线，读数时靠估计是否超过0.5毫米，使用时更要小心。

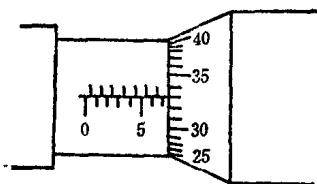


图1-6

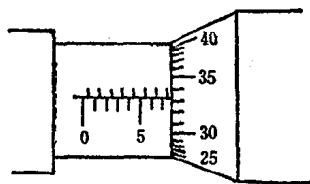


图1-7

使用螺旋测微器前,要检查 A 、 P 砧合拢时可动刻度 H 上的零点跟固定刻度尺 S 上的零点是否重合,若不重合,这时的差值叫零误差,有零误差的螺旋测微器,使用时对测量结果要进行修正。当 A 、 P 砧合拢时,若可动刻度 H 的零点在刻度尺 S 的零点的上方,如图1-8甲所示,说明零误差是正值,在测量结果中要加上这个差值;若 H 的零点在 S 尺的零点下方,如图1-8乙所示,说明零误差是负值,在测量结果中要减去这个差值。螺旋测微器是精密的测量工具,测量时,旋柄旋得紧或松对测量结果影响很大。所以,在检查零点和测量时,要先用旋钮 K ,当 P 砧接近 A 砧或被测物体时,要改用旋钮 K' ,这样可以避免产生过大的压力,使测量准确,并保护螺旋测微器。

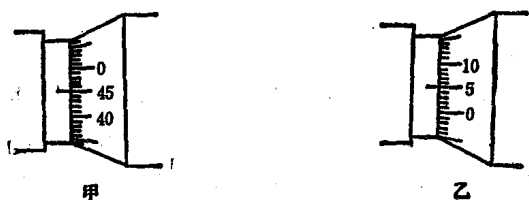


图1-8

3. 天平的使用

天平是测量物体质量的仪器,其结构如图1-9所示,横梁 A 、刀口 B 、指针 C 、重锤线 D 、标尺 E 、底座 F 、称盘 G 、游码 H 、止动旋钮 K 、平衡螺丝 S_1 及调平螺旋 S_2 。

天平称量物体质量的原理是杠杆平衡原理。使用天平称量物体时,一般按下列步骤:(1)调天平底板水平。反复调节

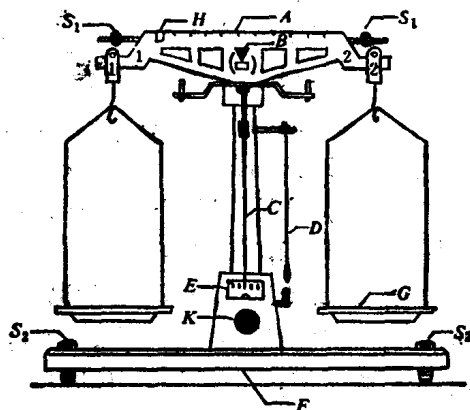


图1-9

底座上两个螺旋 S_2 ，直到使重锤的尖对准底座上的锥尖；(2)调横梁平衡。将游码移到零点，转动止动旋钮 K ，使刀口落在浅槽内，看指针 C 是否指在标尺 E 的零点，并调平衡螺丝 S_1 ，直到指针 C 指在标尺 E 的零点。(3)一般将被称物放在左盘中，砝码放在右盘中，估计物体质量后加減砝码，并拨动游码 H (可以代替向右盘内加以毫克为单位的小砝码)，直到指针指在标尺的零点 (或指针在标尺零点两侧摆动幅度相等)，说明天平已处于平衡状态。(4)记录砝码数值及游码读数。砝码的总质量加游码读数即为被测物体的质量数。(5)转动止动旋钮，止动天平，将砝码放回盒槽内。(6)若用简易天平作较精确的称量，通常采用复称法。复称有两种情况：①天平调平衡之后复称。先将被测物放在天平右盘中，在左盘中加砝码 m ，使天平平衡。再将被测物放在左盘中，在

右盘中加砝码 m_2 ，使天平再次平衡，设物体的质量为 m ，天平左右臂长分别 l_1 和 l_2 ，则

第一次称量有： $m_1 l_1 = m l_2$

第二次称量有： $m l_1 = m_2 l_2$

由两式得： $m = \sqrt{m_1 m_2}$ 。

②天平不调平衡复称，会有 $m = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2}{l_1 + l_2}$ ，因为这时还需测 l_1 、 l_2 的值，所以，复称时都用前法。

天平是比较精密的仪器，使用时应注意以下几点：①注意保护刀口。在调节螺旋，取放物体及砝码时，要转动止动旋钮，让中央刀口离开浅槽。在做横梁平衡微调时，也要轻拿轻放，防止天平震动过大，损坏刀口。②砝码要用镊子夹取，不要用手拿，保持砝码清洁，防止生锈，以提高测量的准确度和砝码的使用寿命。③不要将湿的、脏的东西或化学物品直接放在天平盘里，防止盘生锈或被腐蚀。④每架天平都有一定的称量范围，不要称超量物体而造成天平损坏。⑤天平用完后应转动止动螺旋，使刀口离开浅槽。放在不易受震、受潮和太阳直晒的地方。

4. 打点计时器的使用

电磁打点计时器是一种使用交流电源的计时仪器，其工作电压为4~6伏特。当电源频率是50赫兹时，它每隔0.02秒打一次点。

打点计时器的结构如图1-10所示，接线柱A、线圈B、振片C、永久磁铁D、振针E、限位孔F、复写纸G、定位轴H及纸带K。使用时先把纸带穿过限位孔并压在复写纸下

面，当接通电源时，在通电线圈和永久磁铁的作用下，振片

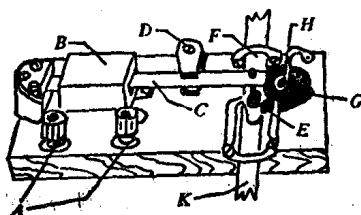


图1-10

带着振针随交流电周期振动起来，这时，若纸带随物体运动，振针就在纸带上打出一系列小点，这些点也就记录了物体的运动状态。

实验题分析与解答

近几年来，实验教学已得到广大教师的重视，在各类考试中实验题都占有一定的比例，为强化实验题训练，我们根据教学大纲要求，选择了一些实验题进行分析和供读者练习，希望能使读者从中明确实验题命题的规律和考查目的，找到努力方向，提高解答实验题的能力。

例1 在进行力学实验中，下列哪一种措施是为了减少偶然误差？

- ① 在“共点的两个力的合成”实验中，必须对弹簧杆零点进行检查调准；
- ② 在“有固定转动轴的物体的平衡”实验中，必须使力矩盘面保持竖直；
- ③ 在“碰撞中的动量守恒”实验中，必须用尽可能小的圆把每个小球所有的落点圈在里面，然后用这个小圆的圆心表示落点的位置；
- ④ 在“用单摆测定重力加速度”实验中，必须注意单摆偏离平衡位置的角度不要大于 5° 。

解：本题考查学生对系统误差和偶然误差的理解和掌握情况。正确的答案是③。题中①属测量仪器是否精密；②属实验装置是否合理；④是实验原理是否更准确，更接近完善。所以，都属系统误差之列。

例2 估算地球大气层空气的总重量。(最后结果取1位有效数字)

解：本题放在这里分析，主要是考查学生对有效数字的掌握情况。设地球半径为 R ，地球表面上的大气压强为 p ，则大气的总重量为： $G=4\pi R^2 p$ ，其中 $R=6.4\times 10^6$ 米、 $p=1.0\times 10^5$ 帕，代入得： $G=4\times 3.14\times 6.4^2\times 10^{17}=5.14\times 10^{18}$ 牛顿。根据题的要求答案应写为： $G=5\times 10^{18}$ 牛顿。

例3 用游标卡尺测一根金属管的内径和外径时，卡尺上的游标位置分别如图1-11甲、乙所示，这根金属管的内径读数是_____厘米，外径读数是_____厘米，管壁厚是_____厘米。

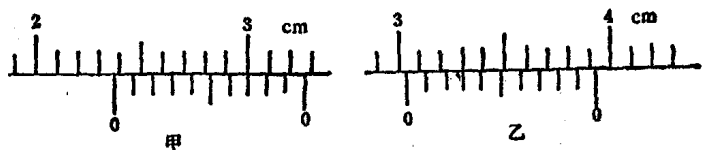


图1-11

解：这是一道考查学生对基本仪器是否会使用的题，近年来，各种考试中多次出现这类题，主要是促使学生加强对基本仪器的使用、识读训练。这类题是“死”题，只要费几分钟时间，就可掌握游标卡尺的读法，比较有把握地得到考分。此题甲的读数是2.37厘米，乙的读数是3.03厘米，故

知管的内径是 2.37 厘米，外径是 3.03 厘米，壁厚是 0.33 厘米。

例 4 用螺旋测微器测一矩形小零件的长和宽时，螺旋测微器的示数如图 1-12 所示，甲图读数是_____毫米，乙图读数是_____毫米。

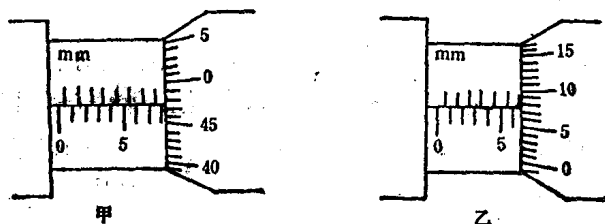


图 1-12

解：此题和上题一样，也是多次出现的考题。图甲中没露出半毫米刻线，其读数是 8.474 毫米，末位数 4 是估计数字，允许有差值；图乙中露出了半毫米的刻线，应该在读数时加 0.5 毫米，乙的读数是 6.575 毫米，末位数 5 是估计数字，可以有差别，估成 4 或 6 都是允许的。

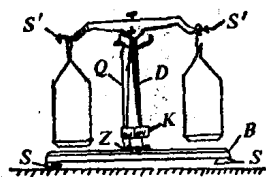


图 1-13

例 5 用图 1-13 所示天平称质量前，先要进行哪些调节？说明调节哪些部件和怎样才算调节好了。

B——底板，S——螺旋，

Q——重垂线，Z——小锥体，D——指针，K——标尺，S'——螺旋。

解：使用前要进行两步调节：①使天平底板 B 水平。反