

国际物理奥赛·中国队总教练、领队担纲

初中物理竞赛培**优**教程

戚伯云 沈忠峰 主编

CHUZHONG WULI JINGSAI PEIYOU JIAOCHENG

浙江大學出版社

初中物理竞赛培优教程

主编 戚伯云 沈忠峰

编委 胡晓明 施永华 厉守清 袁莉红 林益挺
敖克诚 汪永泰 金凯民 陆晓赞 王 峰

浙 江 大 学 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

初中物理竞赛培优教程 / 戚伯云, 沈忠峰主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2004. 7
ISBN 7-308-03731-2

I. 初... II. ①戚... ②沈... III. 物理课—初中—
教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 058632 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 石国华

排版 浙江大学出版社电脑排版中心

印刷 富阳市育才印刷有限公司

开本 787mm×960mm 1/16

印张 13

字数 269 千

版印次 2004 年 7 月第 1 版 2006 年 2 月第 5 次印刷

书号 ISBN 7-308-03731-2/G·709

定价 15.00 元

序

初中物理教育是九年义务教育的重要组成部分。每年一度的全国初中应用物理知识竞赛在培养学生的科学思维能力,促进初中学生提高学习物理的主动性和兴趣,发现才能突出的青少年等方面起到了重要的作用,产生了巨大的影响,因此越来越受到中学师生的重视。

《初中物理竞赛培优教程》、《初中物理竞赛培优教程全真模拟》依据最新的竞赛大纲编写。这两本书适用于全国各地全日制初中学生,可作为初中学生参加全国初中应用物理知识竞赛的辅导用书,为参加全国物理竞赛辅导的学生和辅导老师提供具有较强针对性和实用价值的教学材料,也可作为初中尖子生的课外辅助读物。

《初中物理竞赛培优教程》共分十讲,每讲分为四个部分:“竞赛要点”主要概括初中物理的基本内容与竞赛要求,简明扼要,叙述精当;“赛题精析”精选典型例题,阐明解题方法和技巧,梳理各基本概念之间的本质关系,一题多解,举一反三,重点在训练参赛学生掌握扎实的物理基础知识,拓展知识面,增强学生分析物理问题的能力;“热点探讨”根据最新的竞赛大纲,侧重探讨近一二年全国中学生(初中)物理竞赛中出现的热点问题,培养学生分析重点问题和疑难问题的能力;“赛题训练”分A组和B组能力训练题,由易入难,循序渐进,具有较强的针对性。

《初中物理竞赛培优教程全真模拟》有20份模拟试卷,学生可用作考前热身或平时的自我检测。

参加本书编写的有浙江省湖州市教研室沈忠峰、汪永泰,浙江省舟山市教研室胡晓明,浙江省湖州中学施永华、厉守清,浙江省长兴实验中学敖克诚,浙江省舟山市南海实验中学袁莉红、林益挺,浙江省湖州四中金凯民、陆晓赞,湖州十二中王峰,最后由沈忠峰审定、统稿。

在本书的编写过程中得到了中国科技大学物理教学研究中心主任、全国中学生物理奥林匹克竞赛总教练戚伯云教授的大力支持和帮助。由于时间仓促,疏漏之处在所难免,尚祈广大读者批评指正。

编 者



目 录

第一讲 测量 质量 密度	(1)
竞赛要点	(1)
赛题精析	(4)
热点探讨	(14)
赛题训练	(16)
第二讲 力和运动	(23)
竞赛要点	(23)
赛题精析	(25)
热点探讨	(35)
赛题训练	(36)
第三讲 压强	(44)
竞赛要点	(44)
赛题精析	(46)
热点探讨	(54)
赛题训练	(56)
第四讲 浮力	(63)
竞赛要点	(63)
赛题精析	(64)
热点探讨	(72)
赛题训练	(74)
第五讲 简单机械 功和能	(80)
竞赛要点	(80)
赛题精析	(87)
热点探讨	(95)
赛题训练	(97)
第六讲 声 光现象	(108)
竞赛要点	(108)



赛题精析·····	(110)
热点探讨·····	(116)
赛题训练·····	(118)
第七讲 热学 ·····	(123)
竞赛要点·····	(123)
赛题精析·····	(124)
热点探讨·····	(129)
赛题训练·····	(129)
第八讲 电路 电流的定律 ·····	(135)
竞赛要点·····	(135)
赛题精析·····	(139)
热点探讨·····	(148)
赛题训练·····	(150)
第九讲 电功率 生活用电 ·····	(159)
竞赛要点·····	(159)
赛题精析·····	(161)
热点探讨·····	(168)
赛题训练·····	(169)
第十讲 电磁现象 ·····	(176)
竞赛要点·····	(176)
赛题精析·····	(181)
热点探讨·····	(186)
赛题训练·····	(187)
附录 参考答案 ·····	(195)



第一讲 测量 质量 密度

学习物理要做各种实验,离不开测量,所以学习物理从学习测量开始.学习测量的知识以及掌握测量的方法非常重要.在能力的培养方面,除了应注重提高学生的观察、实验能力外,还应在揭示物理概念和规律的过程中,注重培养学生初步的分析、概括能力;通过分析物理事实,找出共同特征,从而概括出概念和规律,发展学生的思维能力.本讲的知识主要是长度的单位及测量,用刻度尺测量长度;用天平测物体的质量和用天平、量筒测物体的密度是学生应该掌握的基本技能.本章的重点:一是质量的概念以及如何用天平测出质量;二是密度的概念以及如何测物质的密度.本章的难点是应用密度知识来解决实际问题.



【竞赛要点】

一、测量

1. 长度的测量

(1) 测量单位

要合理地进行比较,需要有一个公认的标准量作为比较的依据.这个标准依据叫作测量单位.在国际单位制中长度的单位是 m.常用单位还有 km、dm、cm、mm 等.这些单位之间可以进行换算.进行换算时要注意:①要记住单位之间的换算关系;②换算过程中的每一步等式都要成立;③换算过程中无论是大单位换算成小单位,还是小单位换算成大单位,都要用乘法.

(2) 测量工具

测量长度的基本工具是刻度尺.测量的准确程度是由测量工具的最小刻度决定的.根据测量要求选择测量工具,测量要求越高,所需选用的测量工具应越精密.

(3) 误差

测量值和真实值的差异叫作误差.误差和错误有本质的区别:错误是采用不正确的方法进行测量而导致的,在测量时必须避免错误发生;而误差则是不可避免的,只能想办法减小,但不能消除.

(4) 减小误差的方法



- ①选用更精密的工具;
- ②改进测量方法,认真仔细地进行测量;
- ③采用多次测量求平均值.

(5)特殊的测量方法

遇到一些形状不规则或者太小、太细、太薄的物体,直接测量有困难时,就可以采取一些特殊的方法进行测量.常见的有:

①累积法:将线度很小(细、薄)的物体累积起来,算出总长度,再求出每一个物体的长度.如测量细铜丝直径可采取密绕 n 匝的长度后再除以 n .

②以直代曲法:取一根弹性很小的细线与待测的曲线完全重合,并在首尾端做上记号,然后将细线拉直,用刻度尺测出首尾端记号间的长度.如测量地图上两座城市间铁路线的距离.

③滚轮法:用已知周长的滚轮在较长的直线(或曲线)上滚动,记下滚过的圈数 n ,再用滚过的圈数乘以轮子的周长,就可得到直线(或曲线)的长度.

2. 体积的测量

(1)测量工具

实验室里常用量筒、量杯来测量物体的体积.体积的国际单位是 m^3 . 常用单位还有 km^3 、 dm^3 、 cm^3 、 mm^3 等.

(2)量筒和量杯的使用

观察量筒和量杯里液面到达的刻度时,视线要与液面齐平.若量筒和量杯的液面是凹形的以底部为准;液面是凸形的要以顶部为准.

(3)不规则形状固体的测量方法

①浸入法:将不规则形状固体全部浸没在液体中用量筒测量出增加的体积 ΔV , ΔV 即为被测固体的体积.

②测质量算体积:即用天平测出物体的质量,然后根据物体的密度求解出物体的体积.

二、物体的质量

1. 物体的质量

物体所含物质的多少叫作物体的质量.质量的国际单位是 kg , 常用单位有 t 、 g 、 mg 等.

2. 质量的测量工具

实验室里测量质量的常用工具是天平(包括托盘天平、物理天平、分析天平、电子天平等),日常生活中测量质量用的是杠秤、磅秤、台秤、电子秤等.

天平测物体质量的原理:天平是一个等臂杠杆.当天平平衡时,天平左盘内物体的质量就等于天平右盘内砝码的质量 + 游码所示的刻度.



3. 质量的性质

质量是物体的固有属性. 一个确定的物体所含的物质是一定的, 跟它的状态、形状、位置、环境温度都无关. 如把一块铁压成铁板、溶化成铁水、拿到月球上去, 其质量是不改变的.

三、物质的密度

1. 密度的概念

某种物质单位体积的质量, 叫作这种物质的密度. 在国际单位制中密度的单位是 kg/m^3 , 常用的单位是 g/cm^3 . 计算公式是 $\rho = \frac{m}{V}$.

密度是物质的一种特性, 不同物质的密度一般是不同的. 同种物质组成的所有物体, 尽管它们形状各异, 体积的大小、质量的大小各不相同, 但它们的密度是相同的. 这是因为同一种物质组成的物体, 当体积增加几倍时, 它的质量也随之增大几倍. 反之亦然, 其质量和体积的比值是不变的. 这就像我们能通过物体的颜色、气味等性质来区分这个物体的物质成分, 我们也可以通过密度来区分物质的种类.

2. 密度的测量

测量物质的密度是通过测量物体的质量和体积, 再根据密度的公式求得密度. 质量的测量在实验室内主要是应用天平来测量. 物体体积的测量方法比较多, 形状规则的物体我们可以通过测量边长、半径等进行计算; 形状不规则且不溶化或不吸收水的物体, 我们可以通过排水法测量物体的体积; 会溶解的物质我们可以在其表面涂上一层薄薄的防水材料, 再进行排水法测量; 对于漂浮物体, 我们可以通过用细线把物体与一块铁块(或密度大的金属物体)连在一起沉入水底测量.

密度的间接测量: 对于密度大于水的固体物体, 我们可以通过在空气中测量其重力, 再将其浸没在水中测量视重, 求出物体受到的浮力, 算出物体的体积, 最后根据密度公式求出物体的密度; 对于密度小于水的物体, 可利用漂浮条件测出物体的体积和排开水的体积, 根据物体的重力等于受到的浮力来算出物体的密度. 注意: 在测定固体物质的密度时, 应该注意先用天平测定固体的质量, 然后再测体积, 这样可以减小误差.

对液体我们可以利用连通器原理, 在 U 形管两边分别注入已知密度的液体和未知密度的液体. 液体静止时两边压强相等, 从而算出未知液体的密度. 液体质量的测定可采用“差量法”, 即先称出容器的质量, 再称出容器和被测液体的总质量, 两者之差就是倒入容器内被测液体的质量, 再根据公式求得.

3. 密度知识的应用

- (1) 鉴别组成物体的材料;
- (2) 测量不易称量的物体的质量;
- (3) 测量形状比较复杂的物体的体积;



- (4)判断物体的空心、实心;
(5)测量物体中所含各种物质的成分.

4. 对混合物问题的分析

实际问题中经常遇到要计算混合物的密度,混合物中各种物质的含量,以及如何配置一种新的混合物等问题.其基本的方法是:混合物的质量是各种物质质量的总和, $m_{\text{总}} = m_1 + m_2$;混合物的体积是所取的各种物质的体积总和, $V_{\text{总}} = V_1 + V_2$;而混合物的密度

则是混合物的质量和体积的比值, $\rho_{\text{混合}} = \frac{m_{\text{总}}}{V_{\text{总}}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$.



【赛题精析】

例 1 为了比较准确地测出一堆相同规格的小橡胶垫圈的数量(估计为 1 000 个),最好采用 ()

A. 将这些垫圈叠在一起,用刻度尺量出总厚度 L ,再量出一个垫圈的厚度 L_1 , $\frac{L}{L_1}$ 即为垫圈总数;

B. 将这些垫圈叠在一起,用刻度尺量出总厚度 L ,再量出 10 个垫圈的厚度 L_{10} , $10 \frac{L}{L_{10}}$ 即为垫圈总数;

C. 用天平测出这些垫圈的总质量 M ,再测出一个垫圈的质量 m , $\frac{M}{m}$ 即为垫圈总数;

D. 用天平测出这些垫圈的总质量 M ,再测出 10 个垫圈的质量 m_{10} , $10 \frac{M}{m_{10}}$ 即为垫圈总数.

解析 利用求同和求异的方法进行比较,A、B 两种方法相似.相比而言,B 采用的方法是积多求少法,测出一个垫圈的厚度较准确.C、D 两种方法相似.相比而言,D 采用的方法是积多求少法,测出一个垫圈的质量较准确.B 与 D 两种方法相比较,D 的方法好,因为橡胶垫圈有弹性,压紧了测量值比真实值小,压松了测量值比真实值大.所以 D 方法比 B 方法好.故选 D.

思路点拨 橡胶材料具有弹性,不容易测量厚度,厚度的测量误差很大,所以宜采用测量质量的方法.

例 2 小明用天平测量一块铁的质量,他先把小游码拨到标尺的正中央对着 0.5g 的刻度线上,然后旋动横梁右端的螺母,使天平横梁平衡.在天平左盘放上铁块,在天平右盘上放 50g 砝码一只,2g 砝码一只,且将小游码拨到 0.3g 刻度线处时,天平再次平衡,则铁块的质量是 ()

A. 51.8g

B. 52.3g

C. 52.5g

D. 52.8g



解析 天平的小游码起着小砝码的作用,游码向右拨移相当于在天平的右盘上加上一定质量的小砝码;或者游码向右拨移等效于在天平的左盘上减去一定质量的小砝码.游码向左拨移相当于在天平的左盘上加上一定质量的小砝码;或者游码向左拨移等效于在天平的右盘上减去一定质量的小砝码;本题中游码原来放在 0.5g 的刻度线处,后来拨移到 0.3g 刻度线处,这相当于在天平右盘上减去质量为 0.2g 的小砝码.所以,铁块的质量应为 $m = 50\text{g} + 2\text{g} - 0.2\text{g} = 51.8\text{g}$.故正确选项为 A.

思路点拨 解决本题的关键是要弄清天平横梁上读数的关系,原来游标在 0.5g 处,后来又将小游码拨到 0.3g 刻度线处,这样天平又不平衡了,若此时在右盘中放入 0.2g 的砝码,天平又重新平衡.这相当于在天平右盘上减去质量为 0.2g 的小砝码,这点若能弄清楚,那么整个问题就不难解决了.

例 3 空瓶可用来测固体的密度,一空瓶的质量为 200g,装满水后总质量为 700g,现在瓶内先装一些金属粒,使瓶和金属的总质量为 1000g,然后再在瓶内装满水,则三者的总质量为 1200g,问瓶内装的可能是何种金属?

解析 要判断是何种金属,就要知道金属粒的密度.只要算出金属粒的质量和体积,就能求出金属粒的密度.

瓶中金属粒的质量为

$$m_{\text{金}} = 1000\text{g} - 200\text{g} = 800\text{g},$$

瓶中只装满水时,水的质量为

$$m_{\text{水}} = 700\text{g} - 200\text{g} = 500\text{g},$$

这部分水的体积为

$$V_{\text{水}} = \frac{m_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}} = \frac{500\text{g}}{1\text{g/cm}^3} = 500\text{cm}^3,$$

盛有金属粒的瓶中装满水时,水的质量为

$$m'_{\text{水}} = 1200\text{g} - 1000\text{g} = 200\text{g},$$

这部分水的体积为

$$V'_{\text{水}} = \frac{m'_{\text{水}}}{\rho_{\text{水}}} = \frac{200\text{g}}{1\text{g/cm}^3} = 200\text{cm}^3,$$

瓶中金属粒的体积即金属粒排开水的体积为

$$V_{\text{金}} = V_{\text{水}} - V'_{\text{水}} = 500\text{cm}^3 - 200\text{cm}^3 = 300\text{cm}^3,$$

金属粒的密度为

$$\rho_{\text{金}} = \frac{m_{\text{金}}}{V_{\text{金}}} = \frac{800\text{g}}{300\text{cm}^3} \approx 2.7\text{g/cm}^3.$$

查密度表可知,这种金属可能是铝.

思路点拨 本题实际介绍了一种测固体密度(物质密度大于水,且不溶于水)的方法.



例4 有两个实心球,下面各种说法中正确的是

()

- A. 质量较大的球其重力不一定大
- B. 体积较大的球其密度必定较小
- C. 密度较大的球其质量必定较大
- D. 若这两个球的重力和密度均不相同,则这两个球的体积必定不同

解析 利用找正例、反例的方法,验证其论点.一般来说,论述中含有“不一定”之类的结论大多数情况下都是正确的.因为不一定的论述在验证时,只要找到一个正例即为正确.对于有“一定”之类的结论大多数情况下都是不正确的.因为一定的论述在验证时,只要找到一个反例就可以断定其结论是错误的.如两个球, A 球质量略小于 B 球,现在把 A 球放在地球上, B 球放在月球上,两者受到的重力谁大? 由此可以证明 A 的论点是正确的.体积较大的铁球,其体积大密度也大.密度是该种物质固有的属性,它不是由体积,也不是由质量来决定的.物体的体积大,它的质量也必定大.所以 B 的论点是错误的.物体的密度很大,但体积很小,那么它的质量也可以很小,例如金的密度很大,一个金戒指却只有几克,质量很小.所以 C 选项不正确.两个球的重力和密度均不相同,但这两个球的体积可以相同.例如很容易找到两个体积相同的实心的铜球和铝球,它们密度不同,重力也不同,所以 D 答案也不正确.故本题答案应该选 A.

思路点拨 找正例、反例的方法是我们分析问题常用的方法,对选择题特别有效.

例5 如图 1-1 所示, A、B 是从同一块厚薄均匀的铁板上裁下来的两块小铁板,其中 A 的形状不规则, B 是正方形.给你刻度尺和一架配有砝码的天平,你能准确地求出铁板 A 的面积吗? 说出你的办法.

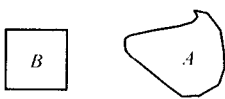


图 1-1

解析 用天平可以分别测出 A、B 两块铁板的质量 m_A 和 m_B . 由于铁的密度一定,根据密度知识可知:两块铁板的质量跟它们的体积成正比.又由于铁板的厚薄均匀,它们的体积之比等于两者的面积之比,正方形 B 的面积可测量算出,这样就可求出 A 的面积.

办法是先用刻度尺测出 B 的边长为 a ,则 B 的面积 $S_B = a^2$,再用天平称出 A、B 两块铁板的质量 m_A 和 m_B ,铁的密度 ρ 一定,故 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{V_A}{V_B}$,又因为铁板的厚薄均匀,则 $\frac{V_A}{V_B} = \frac{S_A}{S_B}$. 于是有: $\frac{m_A}{m_B} = \frac{S_A}{S_B}$. 由此可得铁板 A 的面积 $S_A = \frac{m_A}{m_B} a^2$.

思路点拨 这是一道利用密度知识进行测量的例子.学习了密度知识以后,可以用刻度尺和量筒间接测质量,用天平间接测长度、面积和体积,这样就扩大了测量工具的使用范围.

例6 用密度为 $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 的铝制成甲、乙、丙三个不同的正方体,要求它们的边长分别为 0.1m、0.2m 和 0.3m. 制成后经质量检验员称得它们的实际质量分别为 3kg、



21.6kg和54kg.质量检验员指出:有两个不合格,其中一个掺入了杂质的次品,另一个是混入了空气泡的废品,则下列判断正确的是 ()

- A. 甲为废品,乙为合格品,丙为次品 B. 乙为废品,甲为合格品,丙为次品
C. 丙为废品,乙为合格品,甲为次品 D. 甲为废品,丙为合格品,乙为次品

解析 根据密度是物体固有的属性,再根据密度的公式分别算出甲、乙、丙的密度分别是 $3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.由题意得知一个是混入空气的废品,其密度必然减小,所以丙是废品;一个是合格品,其密度应等于 $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,可以判定是乙;甲的密度大于铝的密度,一定是混入了密度大于铝的某种杂质,故甲是次品.所以选 C.

思路点拨 由题意可知,有三种情况,其密度必然不同,算出三个物体各自的密度,与题目所给的三种情况加以对照,不难分析出各自对应的产品质量.

例 7 一个瓶子,如果装满酒精,瓶和酒精的总质量为 1kg;如果装满植物油,瓶和植物油的总质量为 1.1kg;那么用这个瓶子最多能装多少体积的水? ($\rho_{\text{酒精}} = 0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho_{\text{植物油}} = 0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)

解析 瓶子最多能装多少水,是由瓶子的容积来决定的.本题其实就是求瓶的容积.装满酒精或植物油时,酒精的体积和植物油的体积是相等的,都等于瓶的容积.再根据密度、质量、体积关系列出方程组即可求解.

设空瓶的质量为 m ,瓶的容积为 V ,则:

$$m + m_{\text{酒精}} = 1\text{kg}, \quad \text{①}$$

$$m + m_{\text{植物油}} = 1.1\text{kg}, \quad \text{②}$$

$$\text{又 } m_{\text{酒精}} = \rho_{\text{酒精}} V, \quad m_{\text{植物油}} = \rho_{\text{植物油}} V.$$

将它们代入①②并整理得到: $\rho_{\text{植物油}} V - \rho_{\text{酒精}} V = 0.1\text{kg}$,

$$V = \frac{0.1}{\rho_{\text{植物油}} - \rho_{\text{酒精}}} = \frac{0.1}{0.9 \times 10^3 - 0.8 \times 10^3} = 0.001(\text{m}^3).$$

思路点拨 对于此类题目通常的方法就是找出等量关系列方程组求解.或利用体积相等,运用比例方法求解.

例 8 考古工作者从一批出土文物中发现了一枚大约如火柴盒大小的印章(但不像火柴盒那么规则,四周都有浮雕).按常理都为石头的,而这枚印章清洗后从光泽上看像金属的.为了搞清楚是什么材料,考古人员决定测出它的密度.现在把这个任务交给你,请你选用实验室常用的器材或常见的生活用品做实验.有一点需说明的是,这枚印章放不进常用的量筒.

- (1)你需要什么资料以备在实验时参考?
- (2)实验室只有常用的量筒,你在实验时是否选用它?
- (3)写出主要的实验步骤(包括使用什么器材、怎样操作、如何处理实验数据以及得出



实验结论等)。

解析 本题明确要求测量密度,所以从密度的定义看,可知密度到底是由哪些因素决定的。由密度的公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 可知,要测密度,就需测质量和体积,因此测量该物体的质量和体积是解决本题的关键。密度求出后还需要知道该物体是什么物质,因此,需要一张有关各种物质的密度表供实验后查阅。

(1)需要密度表备查;(2)需要的测量器材:天平(包括砝码)、烧杯、水槽、量筒。

操作:用天平测出印章的质量 m 。将盛满水的烧杯放入水槽中,小心地将印章放入烧杯中,使水溢出,将溢出的水倒入量筒中测出溢出的水的体积 V 。这个体积跟印章的体积 V 相等。

数据处理及结论:根据密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$,计算出印章的密度。查对密度表可以初步地确定它是什么材料。

思路点拨 如何测量物体的质量、体积是解决本题的关键。质量的测量可以用天平直接测出。体积的测量需讲究方法,首先物体不规则,用排水法物体又不能简单地直接放入量筒中,所以想到用溢水法。

例 9 正北牌方糖是一种用细白砂糖精制而成的长方体糖块,为了测出它的密度,除了要用这些糖块外,还有下列器材:天平、量筒、毫米刻度尺、水、白砂糖、小勺、镊子、玻璃棒。利用上述器材可有多种测量方法,请你答出两种测量方法。要求写出:(1)测量的主要步骤及所测的物理量;(2)用测得的物理量表示密度的式子。

解析 此题可以有多种解法,下面给出三种。

解法一:用天平测出 3 块方糖的质量 m ,用毫米刻度尺量出其中一块的长度 a ,宽度 b ,厚度 c ,则密度 $\rho = \frac{m}{3abc}$ 。

解法二:用天平测出 3 块方糖的质量 m ,向量筒内倒入适量的水,记下水的体积为 V_1 ;再把 3 块方糖放入量筒内的水中,马上读出这时水和方糖的总体积 V_2 ,则密度 $\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$ 。

解法三:用天平测出 3 块方糖的质量 m ,向量筒内倒入适量的水并放入白砂糖,用玻璃棒搅动制成白砂糖的饱和溶液,记下饱和溶液的体积 V_1 ;把三块方糖放入饱和溶液中,记下饱和溶液和方糖的总体积 V_2 ,则密度为 $\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$ 。

思路点拨 该题是为了充分发挥学生的思维能力,同时培养学生的发散思维能力。解法二和解法三有相同之处和不同之处;解法三更可以减少实验中的误差,而解法二在测量体积时动作要快,马上读出体积,以尽量减少误差。

例 10 一只容积为 $3 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 的瓶子内盛有 0.2kg 的水,一只口渴的乌鸦每次将



一块质量为 0.01kg 的小石子投入瓶中,当乌鸦投入了 25 块相同的小石子后,就能从瓶中喝到水了.求:(1)瓶内石块的总体积;(2)石块的密度.

解析 根据密度的定义,利用数学计算的方法,可求出水的体积.乌鸦能喝到水,说明水面升到瓶口,则 25 块石子的体积等于瓶子的容积减去瓶中水的体积,再根据密度的公式求出小石子的密度.

已知 $V_{\text{总}} = 3 \times 10^{-4} \text{m}^3$, $m_{\text{水}} = 0.2\text{kg}$, $m_{\text{石}} = 25 \times 0.01\text{kg} = 0.25\text{kg}$,

根据公式 $\rho = \frac{m}{V}$, 有 $V = \frac{m}{\rho}$.

则 $V_{\text{水}} = \frac{0.2}{1.0 \times 10^3} = 2 \times 10^{-4} (\text{m}^3)$,

$V_{\text{石}} = V_{\text{总}} - V_{\text{水}} = 3 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} = 10^{-4} (\text{m}^3)$,

$\rho_{\text{石}} = \frac{m}{V} = \frac{0.25}{10^{-4}} = 2.5 \times 10^3 (\text{kg/m}^3)$.

所以瓶内石块的总体积为 10^{-4}m^3 ; 石块的密度为 $2.5 \times 10^3 \text{kg/m}^3$.

思路点拨 通过逆向思维的方法,从乌鸦能够喝到水的这一现象,想到此时水面升到了瓶口,说明 25 块小石子的体积就是水面以上的瓶子容积.水的体积可以根据水的密度公式算出,小石子的体积也就知道了.再根据密度公式求出小石子的密度.

例 11 做物理实验测量物体的密度,老师拿出一架天平、一个量筒、两个完全相同的烧杯、一些水和一个玻璃球,让学生利用这些东西测小玻璃球的密度.细心的小红发现老师没给砝码,一问才知道是老师故意不给的.小红想了一会儿,又向老师要了一枝滴管,就动手做起实验,并很快得出结果.请你说说小红是怎样测出小玻璃球的密度的,她向老师要滴管的目的是什么?

解析 没有砝码的天平不可能直接测出玻璃球的质量,所以应从所给的量筒、天平、滴管、烧杯和水这些器材去寻找思路.天平是等臂杠杆,当天平平衡时两边物体的质量相等.玻璃球放在天平的一边,那么另一边放什么呢? 我们很容易想到水.但水不能直接往天平上加,需要在天平上放烧杯,再往烧杯中滴入水.可是一个烧杯的质量大于玻璃球的质量.因此要在玻璃球的左盘也放上一个同样的烧杯.把玻璃球的质量通过天平转化为同质量的水后,就可以用量筒测出水的体积,算出水的质量.利用排水法测出玻璃球的体积,算出玻璃球的密度.

实验步骤: 先在天平的左、右盘各放一个完全相同的烧杯,再将天平调平衡.把玻璃球放入左盘,用滴管吸入水往右盘的烧杯中滴,直到天平再次平衡.把右盘烧杯中的水倒入量筒,测出水的体积 V_1 ; 从左盘取出玻璃球,放入量筒记下此时的体积 V_2 . 玻璃球的质量等于右盘烧杯中水的质量,玻璃球的体积等于 $V_2 - V_1$, 即

$$m_{\text{球}} = m_{\text{水}} = \rho_{\text{水}} V_1, \quad \rho_{\text{球}} = \frac{m_{\text{球}}}{V_{\text{球}}} = \frac{\rho_{\text{水}} V_1}{V_2 - V_1}.$$



如果没有滴管最后精调无法进行,不可能用手往烧杯内倒水,一倒就不准,滴管的作用是让我们能够进行精调,一滴一滴加入水使天平能够达到平衡。

思路点拨 解决本题需要用替代的办法,利用天平两边的质量相等,把测量玻璃球的质量转换为测量水的质量,有量筒所以很容易测量水的体积,水的密度是每个同学都知道的常数,所以水的质量是很容易求的。

例 12 给你一架天平,一只小烧杯,适量的水,如何测出牛奶的密度? 要求:(1)简要写出实验步骤;(2)根据你测量的物理量,写出计算牛奶密度的公式。

解析 此题目意思明确,方法直接。根据密度的公式计算密度,需要牛奶的质量、体积,所以,利用天平直接测量牛奶的质量,没有量筒,无法利用量筒直接测量牛奶体积,想到间接测量,间接测量体积的方法很多,但最常规的是利用水来替代,测出水的质量除以水的密度,得到水的体积,就知道相应的瓶子容积。

(1)实验步骤

①用天平称出烧杯的质量 m_1 ,并在烧杯上贴一纸条;

②往烧杯倒水,升到所做的标记为止,用天平称出水 and 烧杯的总质量 m_2 ;

③将水倒掉,再用这只烧杯盛待测牛奶,方法同上,用天平称出牛奶和烧杯的总质量 m_3 。

(2)计算牛奶密度的公式

水的质量: $m_{\text{水}} = m_2 - m_1$;

牛奶的体积: $V = V_{\text{瓶}} = V_{\text{水}} = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{水}}}$;

牛奶的质量: $m = m_3 - m_1$;

牛奶密度: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times \rho_{\text{水}}$ 。

思路点拨 分析公式可以知道需要测量哪些物理量,再根据需要测量的物理量,想出相应的直接的或间接的测量方法。

例 13 某同学测物体质量时,他估计物体的质量约几十克,所以他首先试用 50g 的砝码,发现偏小,再没有试用 100g 的砝码,只是继续向盘内增加比 50g 小的砝码,你认为他的操作有何不妥? 可能会出现什么现象?

解析 他没有试用 100g 的砝码,就没有证实他的估计是否正确。若物体的质量超过 100g,把所有小于 50g 的砝码全部加上去都还会偏小,会造成无砝码可加的可能,必须把所有小砝码取出,重新启用 100g 的砝码。为了避免此类现象发生,首先要将较大一级的否定后,才能用较小一级的。如该同学发现 50g 偏小,应换用 100g。若还偏小,则应换用 200g,直到最后一次否定后,才能确定第一个砝码。因物体质量小于被否定的砝码质量,就不会出现小砝码不够用的情况。



思路点拨 抓住加减砝码所遵循的规律进行分析,即先从最大一级试加起,然后逐级否定,直到合适为止.

例 14 某同学在测量液体的密度时,忘记测量容器的质量.但在整个测量过程中所测的物理量都正确,并且记录在下表格中,请你根据表格中的数据求出:(1)液体的密度;(2)容器的质量.

	液体和容器的总质量(g)	液体的体积(cm^3)
第一次	45.4	26
第二次	51.8	34

解析 第一次测量的质量包含了瓶子和液体的质量,无法将两者分开,第二次测量的结果也一样.那么我们怎样才能把瓶子的质量从研究问题中除去,用排除法,将第二次瓶子连同液体的质量减去第一次瓶子连同液体的质量.得到增加的液体的质量,要算出液体的密度,还需再算出增加的液体的体积.代入公式可求得液体的密度和瓶子的质量.

已知: $m_1 = 45.4\text{g}$, $m_2 = 51.8\text{g}$, $V_1 = 26\text{cm}^3$, $V_2 = 34\text{cm}^3$.

第二次与第一次相比,增加的液体的质量为: $\Delta m = m_2 - m_1 = 51.8 - 45.4 = 6.4(\text{g})$,

第二次与第一次相比,增加的液体的体积为: $\Delta V = V_2 - V_1 = 34 - 26 = 8(\text{cm}^3)$,

根据公式: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\Delta m}{\Delta V} = 0.8\text{g}/\text{cm}^3 = 0.8 \times 10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$,

$$m_{\text{液}} = \rho_{\text{液}} V_{\text{液}} = 0.8 \times 26 = 20.8(\text{g}),$$

$$m_{\text{瓶}} = m_1 - m_{\text{液}} = 45.4 - 20.8 = 24.6(\text{g}).$$

故液体的密度为 $0.8 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$;容器的质量为 24.6g .

思路点拨 利用排除的方法,把瓶子的质量从研究的问题中除去.如果我们单从第一次或第二次的去研究,都无法排除掉瓶子质量的影响.既然两次都要受瓶子质量的影响,我们就可以利用它们两次之差即增加的液体作为研究对象,这样既可以知道液体的质量又可以知道液体的体积.

例 15 如图 1-2 所示,用刻度尺测出瓶底的直径为 D ,然后向瓶内倒入半瓶多水,测出水面的高度为 h_1 ,然后堵住瓶口,将瓶倒置,再测出水面到瓶底的高度 h_2 ,在忽略瓶壁厚度的情况下,可测出瓶的容积是多少?

解析 由题意可知,设瓶底的面积为 S ,则 $S = \pi(\frac{D}{2})^2 = \frac{\pi D^2}{4}$,

$$\text{倒入瓶中的水的体积为 } V_{\text{水}} = Sh_1 = \frac{\pi D^2 h_1}{4},$$

$$\text{瓶倒置后,水上部分体积 } V_{\text{上}} = Sh_2 = \frac{\pi D^2 h_2}{4}.$$

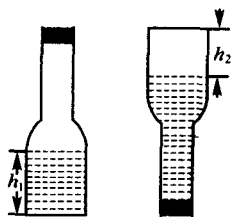


图 1-2