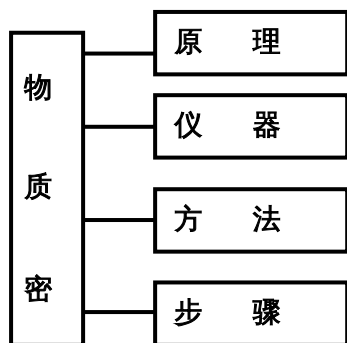


11.4 测量物质的密度

引例：有两种液体，要尽快判断出哪种液体的密度更大一些，你准备怎么办？

智能提要



度

问：怎样测量固体和液体的密度？

答：根据密度公式 $\rho = \frac{m}{V}$ 来测定固体和液体的密度，因此，只要测出固体或液体的质量 m

和体积 V ，代入公式便可求得它们的密度。

测对于规则的几何体，可用刻度尺测出它们的长、宽、高等有关数据，根据体积公式算出体积。

量对于不规则形状的固体，可利用量筒（量杯）采用排液法测出体积。但对于不规则且不沉于水的固体可用沉锤法，如测石蜡的体积，方法有二：

利用此法测固体体积时，必须将待测物体浸没在水中。

(1) 在量筒（杯）中放适量水 V_1 ，用大头针压着石蜡使其全部浸入水中，读出体积 V_2 ，则 $V_2 - V_1$ 就是蜡体积；

(2) 在盛水的量筒（杯）中放入一铁块，读出体积 V_1 ，然后取出铁块并用细线与石蜡拴在一起，沉入量筒（杯）中，读出体积 V_2 ，则 $V_2 - V_1$ 就是石蜡的体积，值得注意的是用此法测固体的体积，该固体必须是不溶于水的。

使用量筒（杯）应注意以下几点。

1. 使用前应观察所用量筒（杯）的量程和最小刻度值，以便选择适合被测物体的量筒（杯）。了解最小分度值，才能正确记录。
2. 读数时，量筒（杯）一定要放在水平台上，视线要与液面相平，若仰视，读数偏低，若俯视，读数会偏高。若液面为凸形，视线应与凸形液面的最高处相平，若液面为凹形，视线应与凹形液面的最低处相平。

中考撮要

如何设计实验来测量物质的密度是最近几年中考的热点。解题思路则是如何测出物体的质量和体积，题中一般会因缺少量筒而无法直接测出体积，此时往往要利用水来间接测

出液体的体积，这是一种“等效替代”的思维方法，最后根据 $\rho = \frac{m}{V}$ 求出密度。在设计实验

时要注意可操作性和最优化原则。因为自主设计的实验方法可能有很多种，我们应该选择哪些最简单同时实验误差又小的实验方案。

智能归例

题型一 有关测量物质密度的实验题

例 1 在“用天平和量筒测定固体密度”的实验中，某同学正确测得石块质量为 48g，体积如图 10-16 甲为 _____ cm^3 ，石块的密度是 _____ kg/m^3 ，图乙是个别同学在实验操作过程中的情况；图丙是部分同学实验结束离开实验室后留下的情景。指出图中违反实验操作规则和实验不规范之处。

图乙：_____。

图丙：_____。

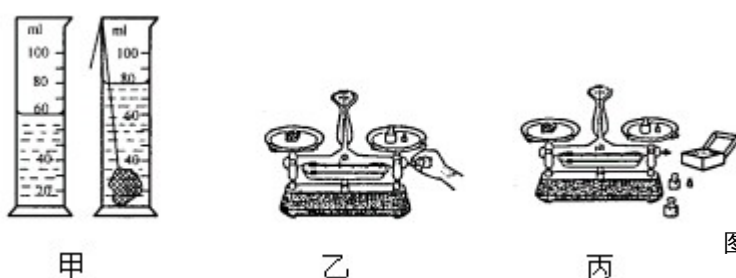


图 10-16

知识点 用天平和量筒测物质的密度

闯关点拨 从甲图可以看出 $V_{\text{水}}=60\text{mL}$ ，水和石块的总体积 $V_{\text{总}}=80\text{mL}$ ，则 $V_{\text{石}}=20\text{mL}$ ；利用天平测量质量时，在称量时不能调节平衡螺母，实验完成后应该整理好器材。

答 20 2.4×10^3 称物体质量时又重新调节平衡螺母 离开实验室前没有把器材整理好

例 2 在用天平和量筒测量某种食油的密度时，以下操作步骤中，不必要且不合理的是 ()

- A. 用天平测出空烧杯的质量
- B. 取适量的油倒入烧杯中，用天平测出杯和油的总质量
- C. 将烧杯中的油倒入量筒中，测出倒入量筒中的油的体积
- D. 用天平测出烧杯和剩余油的总质量

知识点 利用等量替代法测物质的密度

闯关点拨 我们在设计实验步骤的时候，必须具有可操作性和科学性，并能力求减少实验的误差。因此，本题就应该先测烧杯和油的总质量，再测出倒出油后的杯子质量，这样两者之差就是倒出油的质量，而此时量筒内油的体积也就是倒出的油体积，有利于减小实验误差，因而用天平测出空烧杯的质量是不必要且不合理的。

答 选 A

[变形题] 某班同学收集到一块火山岩标本，他们使用天平、盛水量筒和绳子测火山岩的密度时，出现不规范操作：

- (1) 用绳子扎住这块火山岩，浸没在量筒的水中测它的体积。
- (2) 测量过程中观察量筒读数时，视线均与液面边缘相平。
- (3) 测火山岩体积时发现火山岩吸水性很强。
- (4) 测完火山岩体积，将其取出立即放在天平的盘中称测量。

上述有些操作会造成测量值偏大或偏小，其中造成测量值偏小的步骤是 _____。(填序号)

分析 本题所测的石块——火山岩，与平常的石块不同，火山岩质地疏松，吸水性强，在用排水法测它的体积时易造成偏差，这种偏差主要是：（1）对质量测量的偏差。先放入水中测体积后，火山岩吸收了较多的水，再测质量时，火山岩的质量测量值比真实值大；（2）体积测量偏差。当干的火山岩放入水中后吸收了较多水，使得量筒中的水变少，示数增加的值偏少，测量得到的火山岩体积的测量值比真实值小。

解 造成测量值偏小的步骤是（1）。

例3 “正北牌”方糖是利用一种白砂糖精制而成的长方形糖块，为了测出它的密度，除了一些方糖外，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糖密度的方法，请你设计出2种测方糖密度大小的方案。要求：写出方案的设计步骤及所测物理量，并用所测物理量表示方糖的密度。

知识点 用多种方法测物质的密度

闯关点拨 此题是一个开放型试题，在这个实验中，实验原理是相同的，但由于实验方法不同，从而导致结论不同，解题的关键是熟练掌握实验原理和基本仪器的使用。

解 测量方法有以下几种：

方法一：用天平测出3块方糖的质量 m ，用毫米刻度尺测出其中一块的长 a 、宽 b 、高

c ，则密度 $\rho = \frac{m}{3abc}$ 。

方法二：用天平测出3块方糖的质量 m ，向量筒里倒入适量水，记下水的体积 V_1 ；把

三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 $\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$ 。

方法三：用天平测出3块方糖的质量 m ，向量筒里倒入适量水并放入白砂糖，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3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 $\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$ 。

方法四：用天平测出3块方糖的质量 m ，再把3块方糖放入量筒里，倒入适量白砂糖埋住方糖，晃动量筒，使白砂糖表面变平，记下白砂糖和方糖的总体积 V_1 ；用镊子取出方

糖，晃动量筒使白砂糖表面变平，记下白砂糖的体积 V_2 。则密度 $\rho = \frac{m}{V_1 - V_2}$ 。

题型二 测量物质密度的一些特殊方法

例 给你一架无砝码、无游码、已调好的等臂天平和一个量杯、细绳、一些细砂及适量的水（设水的密度 $\rho_{\text{水}}$ 已知）。请你测出一块小矿石的密度要求：

- （1）写出实验步骤及要测量的物理量。
- （2）推出用所测物理量表达矿石密度的表达式。

知识点 用间接方法测量物质的密度

闯关点拨 测小矿石的密度 $\rho = \frac{m}{V}$ ，需测出小矿石的质量 m 和体积 V 。用量筒可测出小矿

石体积，小矿石质量如何测得是本题的难点和重点。

析 根据 $m = \rho V$ ，对已知密度的物体，如果其体积能够测得，则其质量可求得。在所提供的物体中，只有水的密度已知，其他密度未知，利用量筒和水以及天平，可以间接地测出其他物体的质量。

为了使被测小矿石的质量与量杯中水的质量相等，测量小矿石质量前，需先用一些细砂平衡量杯的质量，即在一盘放空量杯，在另一盘放细砂并调节细砂使天平平衡，再在装细砂的盘中加小矿石，并在量杯中加水，使天平再次平衡，此时 $m_{\text{石}} = m_{\text{水}} = \rho_{\text{水}} V_{\text{水}}$ ，读出水

小助手：当不能直接利用天平称质量时，可以用“水+量筒”或“已知密度物体+水+量筒”解决，这种“等效替代”的方法也可以来测物体的体积。

即可求得 $m_{\text{水}}、m_{\text{石}}$

答 (1) 实验步骤及要测量的物理量：

- A. 将空量杯放在右盘，在左盘放适量的细砂，使天平平衡；
- B. 在左盘再放上小矿石，在右盘的空量杯中慢慢加水，直至天平再次平衡；
- C. 记录下此时量杯中水的体积 V_1 ；
- D. 取下量杯，在杯中装适量的水，记录下此时量杯中水的体积 V_2 ；
- E. 将小矿石放入量杯中，记录下此时量杯中水面对应的示数 V_3 。

(2) 推导：

$$m_{\text{石}} = m_{\text{水}} = \rho_{\text{水}} V_1.$$

$$V_{\text{石}} = V_3 - V_2.$$

$$\therefore \text{矿石的密度 } \rho_{\text{石}} = \frac{m_{\text{石}}}{V_{\text{石}}} = \frac{\rho_{\text{水}} V_1}{V_3 - V_2}$$

[变形题] 给你一架已调好平衡的天平(配有砝码)，和一个盛满水的烧杯，只用这些器材(不使用任何其他辅助工具)，测出一包金属颗粒的密度。要求：写出测量步骤和计算该金属颗粒的密度数学表达式。

解 (1) 用天平测出金属颗粒的质量 m_1 ；
 (2) 用天平测出盛满水的烧杯的总质量 m_2 ；
 (3) 将这些金属颗粒投入烧杯的水中，待水溢出后，用天平测出烧杯、水和金属颗粒的总质量 m_3 。

(4) 金属颗粒的密度：
$$\rho = \frac{m_1}{m_1 + m_2 - m_3} \rho_{\text{水}}.$$

题型三 利用密度知识解决简单的实际问题

例 如图 10-17 所示，A、B 是从一块厚度均匀的薄铁板上截下来的两块小铁皮，其中 A 块是正方形，

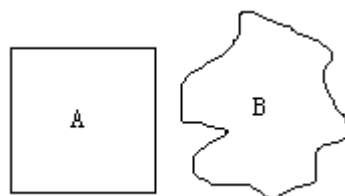


图 10-17

B块形状不规则，给你刻度尺、天平和砝码，你能否测算出B块铁皮的面积？写出测量步骤并推导出面积的表达式。

知识点 用密度知识解决简单的问题

闯关点拨 由于两块铁皮的厚度相同，故它们的面积与体积成正比，即 $S_A:S_B=V_A:V_B$ ，而它们的材料又相同，则体积又与质量成正比，由此可得 $S_A:S_B= m_A:m_B$ 。所以只要测出 m_A 、 m_B 和 S_B 即可求得 B 的面积。

答 (1) 用刻度尺测出 A 的边长为 a；(2) 用天平分别测出 A、B 的质量为 m_A 、 m_B 。

$$B \text{ 的面积: } S_B = \frac{m_B}{m_A} a^2 .$$

中考典题精析

考题 1 在“用天平和量筒测量物质密度”的实验中，甲、乙两同学各提出了一套方案。

甲同学：先用天平测出空烧杯的质量，然后在烧杯中装入一些盐水，测出它们的总质量，再将盐水倒入量筒中测出盐水的体积。

乙同学：先用天平测出烧杯和盐水的总质量，然后将盐水倒入量筒中一部分，测出盐水体积，再测出余下的盐水和烧杯的质量。

你觉得谁的方案更好？说明原因。（黑龙江省 2003 年中考题）

闯关点拨 用天平和量筒测盐水密度，实际上是把密度测量转化为质量和体积的测量，属于间接测量。此实验最合理的实验步骤应该是保证能测出盐水的质量和体积，又使体积的测量尽可能准确。甲方案中，在测烧杯中盐水的体积时，由于盐水粘附在烧杯上造成体积损耗，使测量不准确。

解 乙的方案好。因为甲的方案在操作时，将盐水全部倒入量筒中测体积时，烧杯中有少量盐水，会产生误差，乙的方案则可以避免这种误差。

考题 2 某同学要测定某种液体的密度。现有一架托盘天平（带有一盒砝码）、一个小烧杯和适量的水。（1）写出简要的实验步骤；（2）根据实验中测得的物理量（用字母符号表示）写出液体密度的表达式。（河北省 2002 年中考题）

闯关点拨 要测定液体的密度，就要测出液体的质量和体积。本题液体的质量可以用天平测量，由于没有量筒，液体体积不能直接测量。可运用“替代间接测量法”测出水的体积，根据密度公式算出水的体积。实验时，让液体的液面与水面相平，这时液体的体积就等于水的体积。

解 ①调节天平使天平平衡，测出空烧杯的质量 m_1 ；

② 烧杯中装满水，测出烧杯和水的总质量 m_2 ，则水的质量为 m_2-m_1 ；

③ 倒掉烧杯中的水，装满液体，测出烧杯和液体的总质量 m_3 ，则液体的质量为 m_3-m_1 ；

④ 液体的密度 $\rho_{液} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \rho_{水}$. \rightarrow

友情提示：不能直接用量筒测液体的体积，可以用“水+天平”解决，这种方法让水和待测液体的体积相等，用天平称出水的质量，即可得出。

考题 3 运用毫米刻度尺和天平（砝码），设计测量密度为 ρ 的长方形金箔厚度的方法。（金箔的面积较大，质量也较大，但未超过天平的量程，厚度远小于 1mm）

- (1) 写出实验的主要步骤和需要测量的物理量（用相应的字母表示）；
- (2) 写出待测金箔厚度的表达式。

用测纸的厚度的方法测金箔，从原理上讲没有错，但纯金比较软，且密度很大，几十张、上百张叠放在一起压紧了，它们会贴在一起，会压变形，不压紧又会有空隙，所以不能用测纸的方法。

(四川省内江市 2003 年中考题)

闯关点拨 测量薄物体的厚度可以采用积多求少的方法。但由于金箔叠放在一起就无法分开，金箔就报废了，所以不能像纸张那样叠放几十张测总厚度。

由于金箔的形状是规则的，可以根据 $d = \frac{V}{S}$ ，测出金箔的体积和面积，求得厚度。

求金箔的面积 S 可由刻度尺测出长 a 和宽 b 。

用天平测出金箔的质量 m ，根据 $V = \frac{m}{\rho}$ 求得体积 V 。

答 (1) ①用刻度尺测量出金箔的长 a 和宽 b ，算出金箔的面积 $S=ab$ ；②用调好的天平称出金箔的质量 m 。

(2) 金箔的厚度： $h = \frac{m}{ab\rho}$ 。

智能训练

基础知识训练

1. 三位同学在用量筒测液体体积时，读数情况如图 10-18 所示，其中 _____ 同学读数正确，量筒中液体体积为 _____ mL。(题型一)

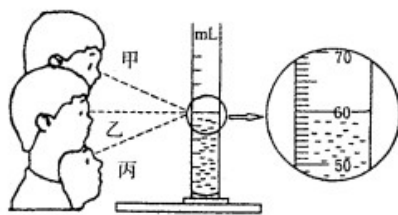


图 10-18

2. 实验室有下列器材：A、天平；B、砝码；C、铝块；D、盐水；E、量筒；F、刻度尺 G、水；H、烧杯；I、三角板。

1. 若要测盐水的密度需选用的器材有 _____ (填序号)

2. 实验步骤有：a.把天平放在水平台上，并使天平平衡；b.用量筒测出盐水的体积 V_1 ；c.用天平称出空烧杯的质量 m_1 ；d.用量筒测出铝块的体积 V_2 ；e.用天平测出盐水和烧杯的总质量 m_2 ；f.用天平测出铝块的质量 m_3 ；g.用量筒测出水的体积 V_3 。

1) 若要测盐水的密度，则其合理必要的步骤是 _____ (填序号)

2) 根据步骤，写出盐水密度的式子 $\rho =$ _____。

3) 若要测铝块的密度，则其合理必要的步骤是 _____ (填序号) (题型一)

3. 某同学在测量正方体金属块密度时：

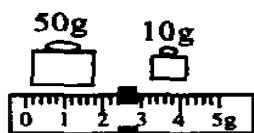
(1) 先将天平放在水平桌面上，然后将游码移至横梁标尺的 _____ 处。若发现天平指针位置如图 10-19 甲所示，则应将平衡螺母向 _____ 侧调节(填“左”或“右”)。调节天平平衡后，在正确测量的情况下，右盘内所加的砝码和游码在标尺上的位置如图乙所示，则被测金属块的质量为 _____ g。

(2) 用刻度尺测量金属块边长的情况如图丙所示，则金属块边长为 _____ mm，体积为 _____ cm^3 。

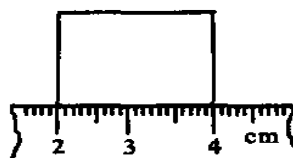
(3) 根据密度公式 _____ 代入数据计算，可知此金属块的密度为 _____ kg/m^3 。



甲



乙



丙

4. 请你自己选择器材，设计一种测量茶杯容积的方法。(题型一)
5. 小华同学在测定食用色拉油的密度的实验中，其方法步骤完全正确。图 10-20 显示的是他测量的相关数据，请帮小华填写下表空白测量和数据。

图 10-19

烧杯和油的总质量 (g)	倒出适量油后烧杯和油的总质量 (g)	倒出油的质量 (g)		油的密度 (g/cm^3)
		16.8		

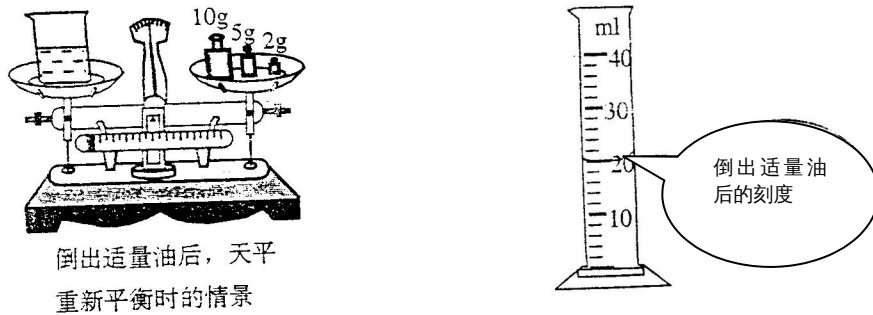


图 10-20

6. 探究金属螺帽（直径小于 2cm），可能是铜、铁或铝制成。请制定一个测定金属螺帽密度的实验计划。(题型一、题型二)

(1) 除被测的金属螺帽外，还需要选用的实验器材是：

(2) 需要进行的实验操作步骤是：（用适当的字母表示需要记录的物理量）

(3) 金属螺帽密度的表达式： $\rho = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

7. 鄂西山区的原始森林是否存在野人，一直是个谜。然而在神农架发现的类似人的神奇大脚印为野人的存在提供了新的证据。如图 10-21 所示，请在下列可供选择的仪器中选择适当的器材测出图中野人脚印的面积。



图 10-21

可供器材：刻度尺、坐标纸、天平、厚薄均匀的匀质薄铝板、剪刀、铅笔、小石块。

要求写出必要的步骤及表达式。(题型三)

综合提高训练

1. 下表为小红在“测定液体密度的实验”中记录的数据。根据表中数据可得液体密度是_____，容器的质量为_____。(题型二)

实验次数	1	2	3	4
液体体积 (cm^3)	5.8	7.9	16.7	35.1
液体和容器的总质量 (g)	10.7	12.8	21.6	40.0

2. 有一卷粗细均匀的裸铜线，为了估测出这卷裸铜线的总长度，小华利用所学知识，很快测出了铜线长度。若现有器材是：天平，剪刀，刻度尺，请设计一个估测方案。要求：写

出估测的步骤和测量的物理量。(题型三)

3. 我省生产的大豆颗粒饱满、质地坚实、出油量高,在国内外市场上享有很高声誉。小明猜想这种大豆的密度一定很大,为此,他请教了张大伯。张大伯说,他的猜想是正确的。同时又告诉他,这种大豆的密度比水的大,但是具体的数值还需你自己去测定。于是,小明找来了天平(砝码)、量筒和适量的水,请你帮他设计一个实验,其要求是:

- (1) 写出测量步骤及大豆密度的表达式。
- (2) 写出一处操作中为了减少误差而需注意的事项。(题型二)

4. 张明和王芳合作,进行“测定盐水的密度”的实验。

实验器材:天平(含砝码)、量筒、烧杯、盐水

实验步骤:步骤一、用天平测出空烧杯的质量 m_1

步骤二、将盐水倒进烧杯,用天平测出装有盐水的烧杯总质量 m_2

步骤三、将烧杯中的盐水全部倒入量筒中,读出盐水的体积 V

步骤四、计算出盐水的密度:
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

他们收拾好实验器材后,一起对实验过程进行了评估:

张明说:我们的实验原理正确,实验器材使用恰当,操作过程规范,读数准确,计算无误,得出的盐水密度是准确的。

王芳说:在操作过程中,我发现有一点点儿盐水沾在烧杯内壁上,这样,尽管我们操作规范、读数准确、计算无误。但我们测量得到的数据还是有了误差,导致计算的结果也有误差。

张明认真思考后,同意了王芳的意见。然后,他们一起继续探讨如何改进实验方案,尽量减小测量的误差。

根据张明和王芳对实验过程的评估,请你回答:

(1) 王芳这里所指的“测量误差”是在上述步骤的第____步骤产生的,导致了盐水体积读数____(填“偏大”或“偏小”),从而使得盐水密度的计算结果____(填“偏大”或“偏小”)。

(2) 为了减小实验的误差,必须从质量和体积两方面的测量进行控制。根据张明和王芳的意见分析,在不增加实验器材的条件下,提出你的实验设计方案,使实验结果的误差达到最小。实验步骤是:

(3) 在你的设计方案中,控制误差的思路是: _____

5. 现有一只空瓶、水、待测液体、天平和砝码。欲测出这种液体的密度,请你写出:

(1) 主要实验步骤及所要测量的物理量(用字母表示):

(2) 待测液体的密度表达式为: _____。(题型二)

6. “铅球是用纯铅制成的吗?”体育课后同学们提出了疑问,请你设计一种鉴别方法来探究这个问题。(假设铅球是实心的)

(1) 写出所需的实验器材;

(2) 简要写出相应的实验步骤。(题型三)

7.德化生产的瓷器举世闻名，瓷都中学的科学探究小组应用所学物理知识测量瓷器的密度，他们所用的器材有：若干小碎瓷片，足够的水，一个质量为 m 、容积为 V_0 、有密封盖的

瓶子，问：

- (1) 他们还需要选择_____，才能测出小碎瓷片的密度。（只限选一件仪器）
- (2) 请简要写出测量过程，并用适当的符号表示所测量的物理量。
- (3) 小碎瓷片密度的表达式是：_____（题型二）