



第一章

从实验学化学

化学是一门以实验为基础的自然科学。科学规律是通过对自然现象的发现、探究和反复验证形成的。化学研究主要用的是实验方法，所以，学习化学也离不开实验。掌握实验方法以及完成化学实验所必需的技能，是学好化学的关键。



做好化学实验，并保证实验的顺利进行和实验者的安全，要掌握一些基本的实验方法和操作技能。我们在初中曾经学习过一些基本的化学实验操作，如固体和液体药品的取用、物质的加热以及一些基本仪器的使用等。为了完成更多的实验，我们还需要进一步学习一些基本的实验方法和基本操作。

一、化学实验安全

学习和研究化学，经常要进行实验。无论是在化学实验室还是在家中进行的实验或探究活动，必须注意安全，这是实验顺利进行和避免受到意外伤害的保障。要做到实验安全，应注意以下问题：

1. 遵守实验室规则。当你走进化学实验室时，首先要认真阅读并牢记实验室的安全规则。
2. 了解安全措施。了解危险化学药品在存放和使用时的注意事项、着火和烫伤的处理、化学灼伤的处理、如何防止中毒、意外事故的紧急处理方法，以及灭火器材、煤气、电闸等的位置和使用方法、报警电话等。
3. 掌握正确的操作方法。例如，掌握仪器和药品的使用、加热方法、气体收集方法等。



图 1-1 一些常用危险化学品的标志

思考与交流

根据你做化学实验和探究的经验，想一想在进行化学实验和探究时应注意哪些安全问题。将注意事项写在不同的卡片上，与小组同学讨论，然后归类总结，在班上交流。你能举出经历过或所了解的、发生安全问题的例子吗？

二、混合物的分离和提纯

思考与交流

你知道沙里淘金吗？淘金者是利用什么方法和性质将金子从沙里分离出来的？如果有铁屑和沙的混合物，你能用哪些方法将铁屑分离出来？

自然界中的物质绝大多数以混合物的形式存在。为了利用其中某一组分或研究其性质，常需要从混合物中将某物质分离出来。例如，研究某一种酸、碱、盐或金属的性质，要用较纯的试样；又如，我们日常食用的食盐，就是将粗盐中的杂质除掉后得到的。在工业生产中，分离和提纯物质要用到多种大型的设备，但所依据的原理与我们在实验室中常用的方法大致相同，而且，工业设备设计时的数据往往要靠小型实验来提供。

学与问

在分离和提纯物质时，要除掉杂质。化学上所指的杂质都是有害和无价值的吗？你能举例说明吗？

1. 过滤和蒸发

实验 1-1

粗盐的提纯

(1) 用海水晒盐或用井水、盐湖水煮盐，得到的粗盐中含有较多的杂质，如不溶性的泥沙，可溶性的 CaCl_2 、 MgCl_2 以及一些硫酸盐等。下面我们先利用初中学过的方法来提纯粗盐。

过滤 filtration

蒸发 evaporation

(2) 操作步骤 (请写出具体操作方法及现象):

步 骤	现 象
1. 溶解: (称取约 4 g 粗盐加到约 12 mL 水中)	
2. 过滤:	
3. 蒸发:	

(3) 思考: 你认为通过上述操作得到的是比较纯的氯化钠吗? 可能还有什么杂质没有除去? 用什么方法可以检验出它们呢?

资料卡片

在生产和科学研究中,常常需要对一些物质的成分进行检验。除利用简单物理方法及仪器分析检验物质外,利用物质的化学性质,通过实验手段来检验某些物质的存在,也是常用的方法。例如,对酒后驾车者呼气中乙醇的检验,对蔬菜鱼虾残留农药的检验等,用的就是化学检验方法。针对不同的检验对象和要求,所用的方式、方法和步骤有一定的差别。在进行物质检验时,一般先对试样的外观进行观察,确定其颜色、状态、气味等,然后进一步检验。当试样是固体时,有时需要先将少量试样配成溶液,观察溶解后溶液的颜色、在溶解过程中有无气体产生、有无沉淀生成以及沉淀的颜色等。

一些可溶性物质在水溶液中以离子的形式存在,如 NaCl 在水溶液中以 Na^+ 和 Cl^- 的形式存在。我们可以通过检验溶液中的离子来确定某些物质的成分。下面我们利用化学方法来检验 [实验 1-1] 得到的盐中是否含有 SO_4^{2-} 。



图 1-2 过滤



图 1-3 蒸发

实验 1-2

取[实验 1-1]得到的盐约 0.5 g 放入试管中，向试管中加入约 2 mL 水配成溶液，先滴入几滴稀硝酸使溶液酸化，然后向试管中滴入几滴 BaCl_2 (氯化钡) 溶液。观察现象。

在溶液中解离时能产生 SO_4^{2-} 的化合物与 BaCl_2 溶液反应，生成不溶于稀硝酸的白色 BaSO_4 (硫酸钡) 沉淀。利用这一反应可以检验硫酸和可溶性硫酸盐。例如， Na_2SO_4 溶液与 BaCl_2 溶液反应的化学方程式为：



通过上述简单的溶解、过滤和蒸发操作得到的盐中仍含有可溶性杂质 CaCl_2 、 MgCl_2 及一些硫酸盐等。利用化学方法，我们也可以检验出上述盐中的其他离子。实际上，在提纯粗盐时，将不溶性杂质过滤后还应进一步除去可溶性杂质。

思考与交流

(1) 如果要除去粗盐中含有的可溶性杂质 CaCl_2 、 MgCl_2 及一些硫酸盐，应加入什么试剂？可参考资料卡片中相应物质的溶解性。

杂质	加入的试剂	化学方程式
硫酸盐		
MgCl_2		
CaCl_2		

(2) 在实际操作中，还要考虑所加试剂的先后顺序、试剂用量，以及试剂过量后如何处理等。你设计的除去离子的方法中有没有引入其他离子？想一想可用什么方法把它们除去？

2. 蒸馏和萃取

混合物的分离和提纯，除过滤、蒸发外，对于液态混合物，还可以利用它们的沸点不同，用蒸馏的方法除去难挥发或不挥发的杂质。例如，自来水中含有 Cl^- 等杂质，通过蒸馏的方法，我们可以在实验室从自来水制取蒸馏水。实验室制取蒸馏水的装置如图 1-4 所示。

提示



在检验试样或配好的试样溶液中是否含有某种物质时，每次应取少量进行检验，不能将检测试剂一次加入全部待检验试样或配好的试样溶液中。

想一想：为什么？

资料卡片

一些物质的溶解性

	OH^-	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
H^+		溶、挥	溶	溶、挥
Na^+	溶	溶	溶	溶
Ca^{2+}	微	溶	微	不
Ba^{2+}	溶	溶	不	不
Mg^{2+}	不	溶	溶	微

蒸馏 distillation

萃取 extraction

实验 1-3



图 1-4 实验室制取蒸馏水的装置

① 用 AgNO_3 溶液和稀硝酸可以检验溶液中的氯离子。

实 验	现 象
1. 在试管中加入少量自来水，滴入几滴 AgNO_3 (硝酸银) 溶液和几滴稀硝酸 ^① 。	
2. 在烧瓶中加入约 1/3 体积的自来水，再加入几粒沸石 (或碎瓷片)，按图 1-4 连接好装置，向冷凝管中通入冷却水。加热烧瓶，弃去开始馏出的部分液体，用锥形瓶收集约 10 mL 液体，停止加热。	
3. 取少量蒸馏出的液体加入试管中，然后加入几滴 AgNO_3 溶液和几滴稀硝酸。(得到的液体中含有 Cl^- 吗?)	

有些能源比较丰富而淡水短缺的国家，常利用蒸馏法大规模地将海水淡化为可饮用水，但这种方法的成本很高。寻找淡化海水的其他方法是化学研究和应用中的重要课题之一。



图 1-5 海水淡化工厂

对于液态混合物，我们还可以利用混合物中一种溶质在互不相溶的溶剂里溶解性的不同，用一种溶剂把溶质从它与另一溶剂所组成的溶液中提取出来，这种方法叫做萃取。为了把两种不相溶的液体分开，常要使用分液漏斗 (如图 1-6) 进行萃取操作。



图 1-6 分液漏斗

实验 1-4

(1) 用量筒量取 10 mL 碘的饱和水溶液，倒入分液漏斗，然后再注入 4 mL 四氯化碳^①，盖好玻璃塞。

(2) 用右手压住分液漏斗口部，左手握住活塞部分，把分液漏斗倒转过来用力振荡（如图 1-7）。

(3) 将分液漏斗放在铁架台上，静置（如图 1-8）。

(4) 待液体分层后，将分液漏斗上的玻璃塞打开，或使塞上的凹槽（或小孔）对准漏斗上的小孔，再将分液漏斗下面的活塞打开，使下层液体慢慢流出（如图 1-9）。

^① 一种有机溶剂，与水互不相溶，密度比水的大。



图 1-7 倒转分液漏斗



图 1-8 萃取



图 1-9 分液

我们学习了混合物的分离和提纯，如过滤、蒸发、蒸馏和萃取，以及离子（如 SO_4^{2-} ）检验的化学实验方法。在化学实验及科学研究中，还有许多分离和提纯的方法，如分馏等。此外，利用物质的特殊性质来分离和检验物质的方法也很多，如体检时用的尿糖试纸检测、法医常用的 DNA 测序等，是非常快捷、准确、安全的检验方法。化学实验方法和技术的应用日益广泛，它是我们在探索物质世界奥秘时有力的助手，能给我们带来无穷的乐趣。



图 1-10 检测尿糖用的试纸

习 题



1. 列举生活中混合物分离和提纯的例子。
2. 如果不慎将油汤洒到衣服上，可以用什么方法除去？你利用的是什么原理？
3. 碳酸盐能与盐酸反应生成二氧化碳，利用这一性质可以检验 CO_3^{2-} 。设计实验检验家中的纯碱（或碎大理石）中是否含有 CO_3^{2-} ；如果你家中有碎的陶瓷片或玻璃片，检验它们中是否含有 CO_3^{2-} 。
4. 某混合物中可能含有可溶性硫酸盐、碳酸盐及硝酸盐。为了检验其中是否含有硫酸盐，某同学取少量混合物溶于水后，向其中加入氯化钡溶液，发现有白色沉淀生成，由此而得出该混合物中含有硫酸盐的结论。你认为这一结论可靠吗？为什么？应该怎样检验？（提示：碳酸盐都能溶于稀硝酸。）

在化学实验室做实验时，取用的药品无论是单质还是化合物，都是可以用器具称量的。而物质间发生的化学反应是原子、离子或分子之间按一定的数目关系进行的，对此，不仅我们的肉眼看不到，也难以称量。那么，可称量物质与原子、离子或分子之间有什么联系呢？能否用一定数目的粒子集体为单位来计量它们之间的关系呢？为此，国际科学界建议采用“物质的量”将一定数目的原子、离子或分子等微观粒子与可称量物质联系起来。

一、物质的量的单位——摩尔

在日常生活、生产和科学研究中，常常根据不同需要使用不同的计量单位。例如，用米、厘米等来计量长度；用千克、毫克等来计量质量；等等。同样，人们用摩尔作为计量原子、离子或分子等微观粒子的“物质的量”的单位。

我们看一看下面的数据和计算结果。

	H ₂ O	Al
1个分子或原子的质量	$2.990 \times 10^{-23} \text{ g}$	$4.485 \times 10^{-23} \text{ g}$
相对分子质量或相对原子质量	18	27

分别计算 18 g H₂O、27 g Al 所含的粒子（分子或原子）的数目，得到如图 1-11 所示的结果。



18 g H₂O

6.02×10^{23} 个 H₂O 分子



27 g Al

6.02×10^{23} 个 Al 原子

图 1-11 一定质量的物质所含的粒子数

物质的量 amount of substance

摩尔 mole

国际单位制 (SI) 的 7 个基本单位

物理量	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

通过上面的计算可以看出, 当 H_2O 的质量在数值上等于其相对分子质量, 或 Al 的质量在数值上等于其相对原子质量时, 它们所含的粒子数都是 6.02×10^{23} 。大量实验证明, 任何粒子或物质的质量以克为单位, 在数值上与该粒子的相对原子质量或相对分子质量相等时, 所含粒子的数目都是 6.02×10^{23} 。我们把含有 6.02×10^{23} 个粒子的任何粒子集体计量为 1 摩尔。摩尔简称摩, 符号为 mol。 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 叫做阿伏加德罗^①常数, 是个物理量, 符号为 N_A 。

① 阿伏加德罗 (A. Avogadro, 1776-1856), 意大利物理学家, 最早提出分子的概念。

物质的量实际上表示含有一定数目粒子的集体, 它的符号是 n 。粒子集体可以是原子、分子、离子或原子团, 如 1 mol Fe 、 1 mol O_2 、 1 mol Na^+ 、 1 mol SO_4^{2-} 等, 也可以是电子、质子、中子等。

采用“mol”来计量巨大数目的粒子是非常方便的。例如:

- 1 mol H_2O 的质量是 18 g, 含有 6.02×10^{23} 个水分子;
- 0.5 mol H_2O 的质量是 9 g, 含有 3.01×10^{23} 个水分子;
- 1 mol Al 的质量是 27 g, 含有 6.02×10^{23} 个铝原子;
- 2 mol Al 的质量是 54 g, 含有 12.04×10^{23} 个铝原子。

可以看出, 1 mol 任何粒子集体中都含有 6.02×10^{23} 个粒子; 而 1 mol 任何粒子或物质的质量以克为单位时, 在数值上都与该粒子的相对原子质量或相对分子质量相等。单位物质的量的物质所具有的质量叫做**摩尔质量**。摩尔质量的符号为 M , 常用的单位为 g/mol (或 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。例如:

摩尔质量 molar mass



图 1-12 微观粒子与可称量物质之间存在着一定的联系

Mg 的摩尔质量是 24 g/mol;

KCl 的摩尔质量是 74.5 g/mol;

SO₂ 的摩尔质量是 64 g/mol;

CO₃²⁻ 的摩尔质量是 60 g/mol。

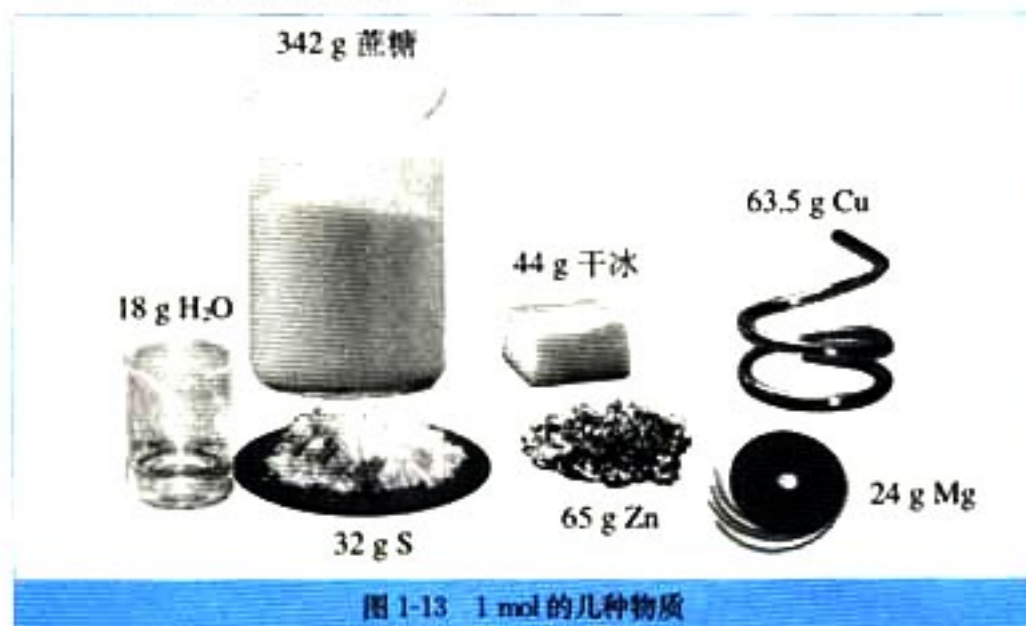


图 1-13 1 mol 的几种物质

物质的量(n)、质量(m) 和摩尔质量(M) 之间存在着下述关系:

$$n = \frac{m}{M}$$

学与问

24.5 g H₂SO₄ 的物质的量是多少? 1.50 mol Na₂CO₃ 的质量是多少?

科学视野

气体摩尔体积

根据阿伏加德罗理论, 在相同温度和压强下, 相同体积的任何气体都含有相同数目的粒子(分子或原子)。所以, 单位物质的量的任何气体在相同条件下应占有相同的体积。这个体积

称为气体摩尔体积，符号为 V_m ，常用单位有 L/mol （或 $L \cdot mol^{-1}$ ）和 m^3/mol （或 $m^3 \cdot mol^{-1}$ ）。

物质的量(n)、气体体积(V)和气体摩尔体积(V_m)之间的关系为：

$$n = \frac{V}{V_m}$$

气体摩尔体积的数值不是固定不变的，它决定于气体所处的温度和压强。例如，在 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 和 101 kPa 的条件下，气体摩尔体积为 22.4 L/mol ；在 $25\text{ }^\circ\text{C}$ 和 101 kPa 的条件下，气体摩尔体积为 24.8 L/mol 。

二、物质的量在化学实验中的应用

在化学实验中经常要用到溶液，我们有时用溶质的质量分数来表示溶液的组成。为了操作方便，一般取用溶液时并不是称量它的质量，而是量取它的体积。在化学反应中，反应物与生成物之间的比例关系是由化学方程式中的化学计量数所决定的。如果知道一定体积的溶液中溶质的物质的量，对于计算化学反应中各物质之间量的关系是非常便利的，对生产和科学研究也有重要意义。

我们使用物质的量浓度这个物理量，来表示单位体积溶液里所含溶质 B ^① 的物质的量，也称为 B 的物质的量浓度，符号为 c_B 。物质的量浓度可表示为：

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

物质的量浓度常用的单位为 mol/L （或 $mol \cdot L^{-1}$ ）。如果 1 L 溶液中含有 1 mol 溶质，这种溶液中溶质的物质的量浓度就是 1 mol/L 。

我们知道了物质的量与质量的关系，以及用物质的量和溶液体积来表示溶液的组成，就可以在实验室配制一定物质的量浓度的溶液了。

[例] 配制 $500\text{ mL } 0.1\text{ mol/L NaOH}$ 溶液需要 NaOH 的质量是多少？

解： $500\text{ mL } 0.1\text{ mol/L NaOH}$ 溶液中 NaOH 的物质的量为：

$$\begin{aligned} n(\text{NaOH}) &= c(\text{NaOH}) \cdot V[\text{NaOH}(\text{aq})]^{②} \\ &= 0.1\text{ mol/L} \times 0.5\text{ L} \\ &= 0.05\text{ mol} \end{aligned}$$

项目名称	结果	单位	参考值
1 谷丙转氨酶	7	U/L	<40
2 谷草转氨酶	16	U/L	0-40
3 谷氨转氨酶	85	U/L	0-50
4 碱性磷酸酶	77	U/L	34-134
5 总胆红素	32.7	$\mu\text{mol/L}$	0-19
6 总蛋白	70.8	g/L	60-80
7 白蛋白	43.9	g/L	35-55
8 球蛋白	26.7	g/L	20-30
9 白球比	1.6		1.5-2.5
10 乳酸脱氢酶	161	U/L	114-240
11 葡萄糖脱氢酶	66	U/L	25-200
12 甘油三酯	0.52	mmol/L	0.1-1.71
13 胆固醇	4.27	mmol/L	3.6-5.18
14 高密度脂蛋白胆固醇	1.57	mmol/L	1.0-1.6
15 低密度脂蛋白胆固醇	1.88	mmol/L	0-3.36
16 葡萄糖	4.94	mmol/L	3.61-6.11

检测日期: 2002-09-14

报告日期: 2002-09-14

图 1-14 体检的一些指标用物质的量浓度表示 ($1\text{ mmol/L} = 10^{-3}\text{ mol/L}$)

① B 表示各种溶质。

B 的物质的量浓度
amount-of-substance
concentration of B

② aq 表示某种物质的水溶液，如 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 表示 NaOH 的水溶液。

0.05 mol NaOH 的质量为:

$$\begin{aligned}m(\text{NaOH}) &= n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \\ &= 0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 2 \text{ g}\end{aligned}$$

在实验室,我们可以直接用固体或液体试剂来配制一定物质的量浓度的溶液。如果要求比较精确,就需使用容积精确的仪器,如容量瓶。容量瓶有不同的规格,常用的有100 mL、250 mL、500 mL和1 000 mL。

实验 1-5

配制 100 mL 1.00 mol/L NaCl 溶液。

- (1) 计算需要 NaCl 固体的质量: _____ g。
- (2) 根据计算结果,称量 NaCl 固体^①。
- (3) 将称好的 NaCl 固体放入烧杯中,用适量蒸馏水溶解。
- (4) 将烧杯中的溶液注入容量瓶(如图 1-16),并用少量蒸馏水洗涤烧杯内壁 2~3 次,洗涤液也都注入容量瓶。轻轻晃动容量瓶,使溶液混合均匀。
- (5) 将蒸馏水注入容量瓶,液面离容量瓶颈刻度线下 1~2 cm 时,改用胶头滴管滴加蒸馏水至液面与刻度线相切。盖好瓶塞,反复上下颠倒,摇匀。



图 1-15 几种规格的容量瓶

^① 为了与容量瓶的精度相匹配,本实验称量固体时,应使用分析天平(或电子天平)。考虑到学校的实际情况,可用托盘天平代替。



图 1-16 向容量瓶中转移溶液

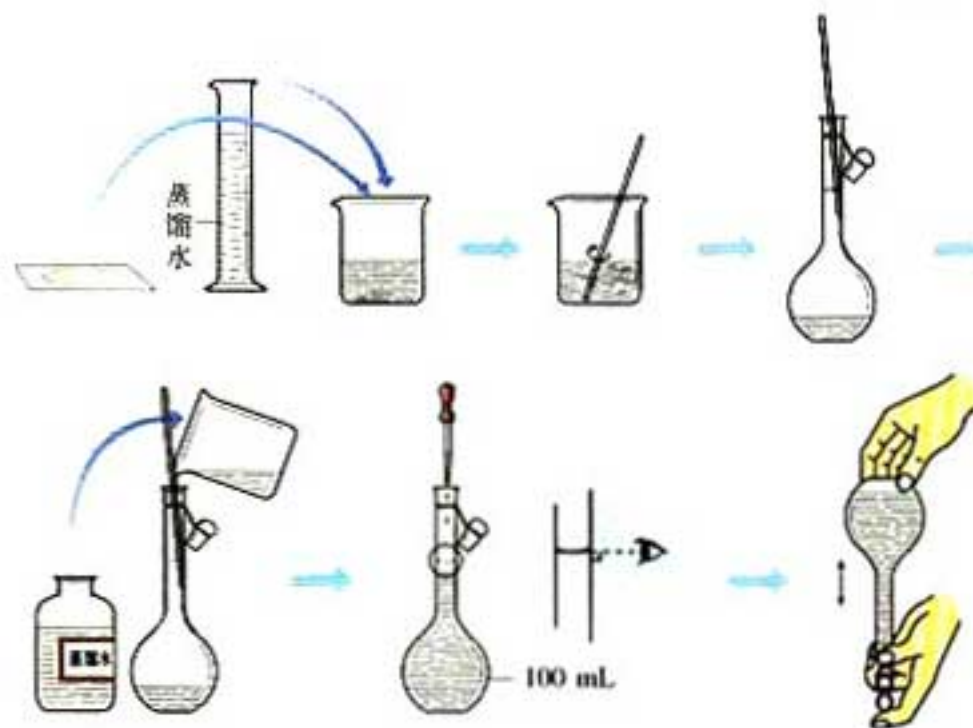


图 1-17 配制一定物质的量浓度的溶液过程示意图

学与问

1. 为什么要用蒸馏水洗涤烧杯，并将洗涤液也注入容量瓶？
2. 如果将烧杯中的溶液转移到容量瓶时不慎洒到容量瓶外，最后配成的溶液中溶质的实际浓度比所要求的大了还是小了？
3. 你是用什么仪器称量 NaCl 固体的？如果是托盘天平，你称量的质量是多少？与计算量一致吗？为什么？

不同的物质具有不同的性质，同一物质的溶液浓度不同时，有时在某些性质上也会表现出差异。我们在实验室做化学实验或进行科学研究时，需要根据不同的情况选择不同浓度的溶液进行实验。所以，在实验室不仅用固体物质来配制溶液，还经常要将浓溶液稀释成不同浓度的稀溶液。

思考与交流

1. 以硫酸为例，讨论不同浓度的溶液在性质上可能会出现什么差异。
2. 如果将 5 mL 浓硫酸稀释为 20 mL 的稀硫酸，得到的稀硫酸与原浓硫酸中所含 H_2SO_4 的物质的量相等吗？能说出你的理由吗？

在用浓溶液配制稀溶液时，常用下面的式子计算有关的量：

$$c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液})$$

在稀释浓溶液时，溶液的体积发生了变化，但溶液中溶质的物质的量不变，即在溶液稀释前后，溶液中溶质的物质的量相等。

习题



1. 配制 250 mL 1.0 mol/L H_2SO_4 溶液，需要 18 mol/L H_2SO_4 溶液的体积是多少？
2. 正常人体中，血液中葡萄糖（简称血糖，相对分子质量为 180）的浓度在 3.61~6.11 mmol/L 之间。测得某人 1 mL 血液中含有葡萄糖 1 mg，他（她）的血糖正常吗？
3. 某同学用容量瓶配制溶液时，加水超过了刻度线，就倒出一些，又重新加水至刻度线。你认为这种做法对吗？这样做会造成什么结果？

一、混合物的分离和提纯

分离和提纯的方法	分离的物质	应用举例
过滤	从液体中分离出不溶的固体物质	
蒸发		
蒸馏		
萃取		

二、离子的检验

离子	检验试剂	实验现象	化学方程式 (以两种物质为例)
SO_4^{2-}			
CO_3^{2-}			

三、物质的量及物质的量浓度

物质的量表示含有一定数目粒子的集体。物质的量的单位是摩尔。

物质的量(n)、质量(m)和摩尔质量(M)之间存在着下述关系:

$$n = \frac{m}{M}$$

物质的量浓度是以单位体积溶液里所含溶质的物质的量来表示溶液组成的物理量。

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

在实验室中, 配制一定物质的量浓度的溶液, 可以用固体直接配制, 也可以将浓溶液稀释成稀溶液。将浓溶液配制成稀溶液时, 常用下面的关系式计算有关的量:

$$c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液})$$