



密度——化学问题中的隐形桥梁

街头骗术——摸球游戏

小时候,学校附近曾有一个摆摊摸球的人。当时围观的人们觉得很新鲜,曾有很多人参与摸球。现在想来,这不过是一个概率问题罢了。

这个游戏的规则很简单:他先摆出了12个一般大小的小球,其中有6个红色球和6个白色球。当着观众的面,他把所有12个色球装进一个普通的布袋中,然后怂恿大家来摸。怎么个摸法呢?就是从这布袋中摸出12个球的布袋中,随便摸出6个球来,看看其中有几个是红球,有几个是白球。当然,摸球者只能把手伸进袋口中把球一个一个地“掏出来”,而不能打开袋口看着摸。

这位摆摊的人,还设立了各种情况下的奖励方案,大致是这样的:如果谁有幸摸出了“6个红球”或者“6个白球”,那么摸者可以得到3元钱的奖励;如果摸出的是“5红1白”或者“5白1红”,那么摸者可以得到2元钱的奖励;如果摸出的是“4红2白”或者“4白2红”,那么摸者可以得到1元钱的奖励;但如果摸出的是“3红3白”,对不起,摸球者必须付给摆摊者3元。

当时的围观者甚众。乍一看来,在可能出现的所有7种情况中,竟然有6种可以得到奖励,只有唯一1种情况要“挨罚”,很多人便欣然参与。奇怪的是,“3红3白”的情况特别的多,也许摸个一、两次,能撞个大运,摸个“4红2白”或者“4白2红”,赢下寥寥几元钱,但如果连摸五次以上,几乎是必“赔”的。一天下来,最为得意的当然是那个摆摊者。

其中的道理在哪呢?根据排列组合的知识,从12个球中摸出6个球,总的方法数为: $C_{12}^6=924$ 种其中“6红”或者“6白”的情况,都仅有唯一的1种,按照概率论计算,就是1/924的出现概率,真是太低了,在概率论中可以算作“实际上不可能发生”的小概率事件。容易计算出“5红1白”或者“5白1红”的情况各是: $C_6^5 \cdot C_6^1=6 \times 6=36$ (种)

两种情况加起来就是72种,也就是出现总概率为 $72/924=6/77$,还不到1/11,也够低的。所以这两种情况也难得出现。

出现“4红2白”或者“4白2红”的情况各是: $C_6^4 \cdot C_6^2=15 \times 15=225$ (种)

两种情况加起来就是450种,也就是出现总概率为 $450/924=75/154$,将近1/2,也就是有一半的可能性。不过这两种情况每次都只能赢回1元钱。最后我们来看看“3红3白”的情况: $C_6^3 \cdot C_6^3=20 \times 20=400$ (种)

所以,摸到“3红3白”的概率,就是 $400/924=100/231$,虽然比上面那两种情况的可能性稍低,但也是将近一半的可能性。尤其一旦摸到“3红3白”,一次就会损失掉3元钱。

根据上面的分析,我们可以得到如下结论:最有可能出现的三种情况是“3红3白”、“4红2白”和“4白2红”,而且出现“3红3白”的概率接近1/2,出现“4红2白”和“4白2红”的概率都接近1/4。也就是说,一般来讲,如果志愿者摸了四回,往往其中的两回都是“3红3白”(共赔6元),另外各有一次是“4红2白”和“4白2红”(共赚2元)。算下总账,4次摸球的结果,一般要赔进4元钱。更简单的说,如果把摸球人最终得到的钱数记为随机变量x,则该变量的数学期望 $E(X)=\frac{2}{924} \times 3 + \frac{72}{924} \times 2 + \frac{450}{924} \times 1 + \frac{400}{924} \times (-3) = -\frac{50}{77}$,即参与摸球的人平均每玩一次

要亏 $\frac{50}{77}$ 元,摸的次数越多,赔出的钱当然也就越多。

这位摆摊者巧妙地利用了概率论,成为不变的赢家。(省镇江一中 马斌)



通常说理化是一家,理化有共性,密度往往是解题的抓手,学过理化的人都知道密度这个物理量,它是指单位体积里物质的质量,它看不见、摸不着,但各人都有对它的一种感觉,它是一种不可加和的强度因素,不随物质的多少而改变。在高中化学一些问题的分析和解题中,用密度作桥梁,或用好这个隐形条件,可较好的分析、理解题。笔者对以下几方面感受较深。

一、溶液浓度大小判断中的运用

水溶液的密度随浓度大小变化的规律是:若原溶液密度大于 $1g/cm^3$,则溶液越浓,密度越大,溶液越稀,密度越小,如硫酸、氢氧化钠溶液等。若原溶液密度小于 $1g/cm^3$,则溶液越浓,密度越小,溶液越稀,密度越大,但达不到 $1g/cm^3$,如氨水、酒精溶液等。涉及到有关溶液稀释或浓度大小判断的问题时,可联想到有关含密度的公式作桥梁来判断问题。

【例题1及分析】

将100g10mol/LH₂SO₄溶液加水稀释至5mol/L,所加水质量____100g(填大于或小于或等于)

分析:由稀释公式 $C(浓) \times V(浓) = C(稀) \times V(稀)$

可得:

$$10mol/L \times \frac{100g}{d(浓)} = 5mol/L \times V(稀)$$

$$则 V(稀) = \frac{200g}{d(浓)}$$

$$m(稀) = d(稀) \times V(稀) = \frac{d(稀)}{d(浓)} \times 200g$$

而硫酸溶液密度大于 $1g/cm^3$,

所以, $d(浓) > d(稀)$

即 $m(稀) < 200g$,又原溶液100g,

所以加水质量小于100g

【例题2及分析】

一定质量17%氨水(密度 $0.94g/cm^3$)加水稀释至8.5%,则其物质的量浓度____4.7mol/L(填大于或小于或等于)

分析:由

$$C = \frac{1000ml/L \times d \times w\%}{M}$$

可得

$$C(浓) = \frac{1000ml/L \times 0.94g/cm^3 \times 17\%}{17g/mol} = 9.4mol/L$$

$$C(稀) = \frac{1000ml/L \times d(稀) \times 8.5\%}{17g/mol}$$

现氨水密度小于 $1g/cm^3$,越稀释,溶液密度越大,即 $d(稀) > d(浓)$,由上

两式:质量分数减半,密度增大,所以浓度超过一半。

得 $C(稀) > 4.7mol/L$

二、化学平衡中与平均摩尔质量互通性运用

根据阿伏加德罗气体定律推论,密度与摩尔质量关系为:

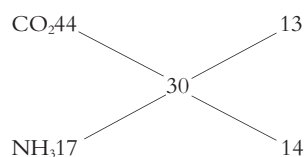
$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

除理解为气体密度与气体摩尔质量成正比外,还要理解到摩尔质量也是一种不可加和的强度因素,它不随物质数量多少而改变,气体密度变化与摩尔质量变化有一致性和互通性,对已建立化学平衡的气相或液相体系,改变条件,使平衡发生移动时,体系平均摩尔质量(分子量)或密度可能变化,可能不变化,这些都是解题的重要条件和信息。

【例题3及分析】

某密闭容器中维持120℃恒温,通入一定体积CO₂和NH₃混合气体发生反应:CO₂(g) + 2NH₃(g) = CO(NH₂)₂(s) + H₂O(g)至建立平衡,经测定气体密度一直未改变,求起始时所通CO₂和NH₃气体的体积比。

分析:随着正反应的进行,由于生成固体物质尿素CO(NH₂)₂离开气相,混合气体总质量在减少,总体积(即总摩尔数)也在减少,现在密度这个强度因素不变,则与它有一致性的强度因素——气体平均摩尔质量也不发生变化。本题即理解为:气体每减少2mol,离开气体体系的固体为1molCO(NH₂)₂,质量为60g,离开气体体系的CO(NH₂)₂折算成气体,摩尔质量为60g/2mol=30g/mol,留下的气体平均摩尔质量也必为30g/mol,即两部分摩尔质量总是相等,这样不管平衡怎样移动,多少气体变固体离开气体体系,气体平均摩尔质量才能不变,所以本题气体平均分子量从反应开始至建立平衡一直为30,由



得 $VCO_2:VNH_3=13:14$

【例题4及分析】

对已建立的平衡体系C(s) + H₂O(g) = CO(g) + H₂(g)不改变其他条件,增大压强时,气体密度如何改变?

分析:加压时平衡向逆反应方向移动,气体总体积减少,气体总质量也在减少,由 $d=m/v$,气体密度怎样变化一时难以确定,但考虑离开气体体系的体积变化 $\Delta V=1$,固体C密度相当于摩尔质量为12g/L的某种气体,可作这样的分析:若原体系气体平均摩尔质量大于12g/mol,则加压后平均分子量等于12的这部分离开气体体系,留下的气体摩尔质量将更大,反之同理,即可判断出“表一”。

三、物质鉴定、鉴别、分离等实验中的可操作性运用

有时在鉴别或测量物质有关实验中,需要从本质上认识密度,灵活运用。

【例题5及分析】

如何运用集气瓶、导管、天平、水、玻璃片、X气体发生装置等简单仪器,测定X气体相对分子量[25℃,常压,M(空气)=29.0]

分析:本题作为测定一般气体分子量的方法,具有普遍意义。现在关键是要得到集气瓶体积和所盛气体质量。根据物质密度特点,液体密度通常要达到气体密度的1000倍,所以本题操作是:

- ①称(集气瓶+空气)质量= m_1g
- ②称(集气瓶+注满水)质量= m_2g
- ③称(集气瓶+注满X气体)质量= m_3g

(判断X气体已注满,可由两次称量结果误差很小来确定),即可得 $m_2-m_1=$ 水重-空气重=水重,再由水密度为 $1g/cm^3$,即可得集气瓶体积 $V=(m_2-m_1)mL$ 。再由X气体与空气质量差 m_3-m_1 来求X气体分子量M(x)

$$m_3-m_1 = \frac{VL}{22.4L/mol \times 298/273} \times [M(x)-M(空气)] = \frac{(m_2-m_1)}{24500} \times [M(x)-29.0]$$
$$\therefore M(x) = \frac{24500(m_3-m_1)}{(m_2-m_1)} + 29.0$$

高中化学中,密度的运用有时也涉及到工业生产、技术应用等方面,如合成氨工业,通过测定合成氨反应前后混合气体密度,来计算反应后混合气体中的氨含量;铅蓄电池中,通过测定电解质硫酸溶液密度变化,判断放电情况;石油分馏称各类烃时,由沸点结合密度判断馏分成分等。

通过以上分析可以认识到,在高中化学学习和解题过程中,想到密度,理解密度,用好密度,就能快速而清晰解决有关问题,更好的提高和培养科学素质,更高质量的学好化学这门既具有尖端性和基础性,又具有开放性和实用性的科学。(省镇江一中 季文骏)

原气体平均摩尔质量	加压后气体平均摩尔质量	气体密度
12g/mol	不变	不变
大于12g/mol	增大	增大
小于12g/mol	减小	减小

表一