

高等院校教学参考书

普通化学索解

浙江师院无机化学教研室编



浙江师范学院化学系

编写说明

本书是为了帮助大专院校学生、高等工科函授学员及自学青年在学习浙江大学编写的《普通化学》（1981年修订本）教材、《普通化学自学指导书》过程中，深入理解和掌握教材的主要内容而编写的。

本书按教材的章次，全书共分九章，每章分自学检查题，复习思考题，习题三个部分。题目全部选自《普通化学》、《普通化学自学指导书》两书共 392 题。自学检查题和习题在解题中酌量补充解释解题思路，复习思考题在解析过程中使用的概念尽量不超越《普通化学》教材的基本内容。

本书1—8章系无机化学教研室顾维城老师执笔。第9章由有机化学教研室应玉蓉老师执笔，并经杭州大学化学系黄宪副教授审阅指导。全书图稿绘制工作承冯云龙、郑人卫两同志大力协助，在此谨致谢意。

由于编写者水平有限，书中错误及不当之处，望读者批评指正。

目 录

第一章	物质的聚集状态与溶液	(1)
	检查题	(1)
	思考题	(4)
	习 题	(13)
第二章	化学反应速度与化学平衡	(21)
	检查题	(21)
	思考题	(25)
	习 题	(42)
第三章	电解质溶液	(56)
	检查题	(56)
	思考题	(61)
	习 题	(72)
第四章	氧化还原与电化学	(82)
	检查题	(82)
	思考题	(85)
	习 题	(95)
第五章	原子结构与周期系	(111)
	检查题	(111)
	思考题	(114)

	习 题	(123)
第六章	化学键与晶体结构	(132)
	检查题	(132)
	思考题	(134)
	习 题	(143)
第七章	单质与无机化合物	(152)
	检查题	(152)
	思考题	(157)
	习 题	(173)
第八章	络合物	(186)
	检查题	(186)
	思考题	(187)
	习 题	(193)
第九章	有机化合物	(204)
	检查题	(204)
	思考题	(208)
	习 题	(222)

第一章 物质的聚集状态与溶液

一、检查题

1、是非题（对的在括号内填“+”号，错的填“-”号）

(1) 聚集状态相同的物质在一起，一定是单相体系。（-）

(2) 无定形固体和液体内部的微粒的排列是完全没有规则的，因此它们是各向同性。（-）

(3) 严格地说，气体状态方程式和分压定律都只适用于理想气体。（+）

(4) 纯溶剂通过半透膜向溶液渗透的压力叫做渗透压（-）

2、填充题（填“>”、“<”或“=”）

(1) 试比较下列溶液的凝固点。

0.1m 糖的水溶液 = 0.1m 甲醇水溶液 < 0.1m 甲醇的苯溶液

(2) 试比较下列水溶液的渗透压

0.1MC₁₂H₂₂O₁₁(蔗糖) = 0.1MC₂H₅OH(酒精) <
0.1MKCl < 0.1MK₂SO₄

(3) 试比较下列气体在 25℃，总压力为 1 大气压的混和气体中的分压。

1.0 克 H₂ > 1.0 克 He > 1.0 克 N₂ > 1.0 克 CO₂

3、简单解释由于加入难挥发溶质而使溶液蒸气压下降的现象。

答：当溶剂中溶解了难挥发的溶质后，溶剂的部分表面被难挥发的溶质粒子所占据，致使溶剂分子蒸发的机会减少，所

以在达到平衡时溶液的蒸气压低于纯溶剂的蒸气压。溶液中溶解的难挥发溶质越多，溶液的蒸气压下降越显著。因为溶液的蒸气压比纯溶剂低，所以溶液的沸点比纯溶剂高，溶液的凝固点比纯溶剂低。

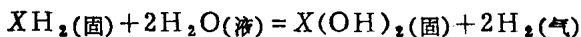
4、常用水的防冻剂为乙二醇($C_2H_6O_2$)，有人建议用四氢呋喃(C_4H_8O)作防冻剂，假设乙二醇与四氢呋喃的价格分别为每公斤3.6元与6.2元，试问哪一种防冻剂更为经济？为什么？

答：已知 $M_{\text{乙二醇}} = 62$ 相当于 0.223 元/摩

$M_{\text{四氢呋喃}} = 72$ 相当于 0.446 元/摩

因为溶液的凝固点降低只与溶质粒子数有关，因此为了达到相同的防冻效果，采用乙二醇作防冻剂比采用四氢呋喃要经济得多。

5、某元素(X)的氢化物(XH_2)0.326克与水作用按下列方程式反应



在21℃与1.00大气压下测得干燥后的氢气体积为0.375升，试求X的原子量。

答：所得氢气合 n 摩

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 0.375}{0.08206 \times (273 + 21)} = 0.0155 \text{ 摩}$$

按反应方程式知1摩 XH_2 可产生2摩 H_2 ，则0.0155摩 H_2 应由 $\frac{0.0155}{2} = 7.75 \times 10^{-3}$ 摩 XH_2 ，反应所得，而 7.75×10^{-3} 摩 XH_2 已知重为0.326g

$$\text{则 } M_{XH_2} = \frac{0.326}{7.75 \times 10^{-3}} = 42.06 \text{ 克/摩}$$

∴ X的原子量应为 $42.06 - 2 = 40.06$ (Ca).

XH_2 为 CaH_2 .

6、计算 $25.0^\circ C$ 和 755 mmHg 下排水收集的 750 毫升潮湿氢气中干燥氢气的重量。

答：查教材 P18 得 $25^\circ C$ 时 $p_{H_2O} = 23.8 \text{ mmHg}$

又 M_{H_2} 为 2 ，则干燥氢气重量 W 为：

$$W = \frac{MPV}{RT}$$

$$M = \frac{2 \times (755 - 23.8) / 760 \times 750 / 1000}{0.08206 \times (273 + 25)} = 0.059 \text{ 克}$$

7、将 60 克草酸晶体 ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) 溶于水中，使之成为体积为 1000 毫升、密度为 $1.02 \text{ 克} \cdot \text{毫升}^{-1}$ 的草酸溶液。求该溶液的体积摩尔浓度和重量摩尔浓度。

答：因为二水合草酸的摩尔质量为 126 ，则 60 克二水合草酸溶于 1 升溶液中相当于溶入 $\frac{60}{126} = 0.476$ 摩溶质，则此草酸的体积摩尔浓度为 $0.476 (M)$

又因为 1 升草酸溶液重 $1000 \times 1.02 = 1020$ 克。其中溶解二水合草酸 60 克，合草酸 $60 \times \frac{90}{126} = 42.857$ 克，即 $1020 - 42.857 = 977.143$ 克水中含草酸 42.857 克则 1000 克水中应含草酸 $\frac{42.857 \times 1000}{977.143} = 43.86$ 克。则此溶液的重量摩尔浓度为 $\frac{43.86}{90} = 0.487 m$ 。

8、在 $15^\circ C$ 时， 15 毫升乙醇 (C_2H_5OH) 与 85 毫升水相混和制成乙醇水溶液。求该溶液的摩尔分数。在 $15^\circ C$ 时乙醇，水的密度分别为 $0.7947 \text{ 克} \cdot \text{毫升}^{-1}$ 、 $0.9991 \text{ 克} \cdot \text{毫升}^{-1}$ 。

答：15毫升乙醇重 $15 \times 0.7947 = 11.9205$ 克，又因为乙醇的摩尔质量为46，则15毫升乙醇应含乙醇 $\frac{11.9205}{46} = 0.259$ 摩。

水重 $85 \times 0.9991 = 84.924$ 克

又因为水的摩尔质量为18，则85毫升水应含水 $\frac{84.924}{18} = 4.72$ 摩。

所以此乙醇水溶液的乙醇摩尔分数浓度为

$$x = \frac{0.259}{0.259 + 4.72} = 0.052$$

9、若将35.7克非电解质 $C_6H_5Cl_3$ 溶于220克三氯甲烷中，求(1)该溶液的凝固点；(2)在760毫米汞柱时该溶液的沸点。已知三氯甲烷的凝固点为 $-63.5^\circ C$ ，沸点为 $62.6^\circ C$ ， $K_{凝}$ 为4.68， $K_{沸}$ 为3.63。

答：从分子式知 $C_6H_5Cl_3$ 的摩尔质量为181.5则此溶液的重量摩尔浓度为 $\frac{35.7 \times 1000}{220 \times 181.5} = 0.894 m$

(1)该溶液的凝固点下降值为 $\Delta t_{凝} = 4.68 \times 0.894 = 4.184$

所以该溶液的凝固点为 $-63.5 - 4.184 = -67.68^\circ C$

(2)该溶液的沸点升高值为 $\Delta t_{沸} = 3.63 \times 0.894 = 3.25$

所以该溶液的沸点为 $62.6 + 3.25 = 65.85^\circ C$

二、思考题

1、什么叫聚集状态？什么叫做相？聚集状态相同的物质在一起是否一定组成同一相，为什么？

聚集状态是物质的微观粒子（如分子、原子、离子等）聚集而成的状态。由于微观粒子间作用力的差异，物质可以有不同的聚集状态存在，常见的聚集状态有气态、液态和固态三

种，在特定条件下，物质还可以其它聚集状态(如等离子体等)存在。

在体系中任何具有相同的物理性质和化学性质的部分叫做相，相与相之间有明确的界面隔开。

聚集状态相同的物质在一起，并不一定组成同一相(或称单相体系)，因为如几种互不相溶的液体互相接触时，呈现有明显的分层界面，尽管都以液态聚集状态存在，但仍为多相。在固体混合物中除固熔体外的多种互不作用的以固态聚集状态出现的物质，尽管聚集状态相同都是固态，但彼此仍保持各自的物理和化学性质，有明显的相界面，所以亦为多相体系。

2、在同一体系中不同的物质是否一定属于不同的相，为什么？

相是指体系中具有相同的物理和化学性质的部分，相与相间应有明显的相界面。不同物质处于同一体系中，由于它们之间物理和化学性质的差异，常常可以属于多相体系。但是当不同气体的混合物，或者是互溶的液体，或者是固溶体等。它们虽都由不同物质组成，然而在体系中是完全均匀的，不存在相界面，是属于单相体系。

3、如何用气体分子运动论来解释气体的扩散性和压缩性。

气态聚集状态的组合极为稀松，密度很小，气体分子只占有极小的体积，而气体分子彼此之间的间距又很大，因此气体分子相互间的引力非常小。这就决定了气体聚集态没有确定的形状和体积。由于分子的不断运动，分子间又没有显著的吸引力，因此在条件许可下(温度、压力、体积)气体分子尽可能采取最松散的形式充满整个空间此即为扩散性。由于分子彼此间间距甚远，所以在外力作用下，可以使气体分子间间距相应

缩小，此即为气体可压缩性。

4、晶体和非晶体在内部结构上有何区别？

晶体是由微粒（分子、原子、离子）在空间有规律地排列而成。因此晶体都具有一定的几何外形和固定的熔点。晶体由于质点的有规律排列，晶体具有各向异性。

非晶体其内部微粒的堆积虽较紧密，也有一定程度的规律性，但其微粒排列并不具有晶体那样严格的规律性。非晶体虽可保持一定的体积但无一定的几何外形和固定的熔点。非晶体无各向异性只存在如液体和气体那样的各向同性性质。

5、哪些物态是各向异性的？哪些物态是各向同性的。

固态晶体以及在空间仍能保持一维或二维空间规则结构的固态物质，是各向异性的。而气态、液态和固态的非晶态（无定形态）是各向同性的。

6、试比较固体、液体和气体在结构和性质上的特征

聚集状态	组成粒子的间距	组成粒子的排列	物理特征
气态	大	无规则	压缩性、扩散性 各向同性
液态	↑	较无规则	扩散性 各向同性
固态 {	晶态	有严格规则	各向异性
	非晶态	较无规则	各向同性

7、什么叫等离子体？什么叫液晶？试说明其主要用途。

当气体在高温和电磁场作用下，其组成的原子被电离成带正电离子和自由电子；由于它们所带的电荷符号相反，数值相等这种状态叫等离子体，等离子体是一种暂时的平衡状态，在一定条件下，当这些带电质点互相碰撞而生新结合时，将放出大量能量，人们可以利用这种能量来加工、焊接和冶炼金属，

还可以把这种能量直接变为电能加以利用。

液晶又称液态晶体，是由一些较长分子的有机化合物，使其分子排列的有序性介于晶体与液体之间，它既具有液态的扩散性，又具有晶态的各向异性性质。某些化合物由于温度的改变，其液晶可在多种液晶相之间转变，而呈现不同的颜色，凭以测定物体表面的温度微小变化。广泛用于金属表面探伤、彩色电视、全息照相以及医学上的肿瘤检查等。

8、气体状态方程式有几种表达式，摩尔气体常数 R 的数值是多少？

气体状态方程式的表达式为

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{W}{M_G} RT.$$

摩尔气体常数 R 值及单位

PV 的单位	R 值	R 的单位
Pa m ³	8.3143	Pa m ³ mol ⁻¹ K ⁻¹ 或 J mol ⁻¹ K ⁻¹
atm l	0.08206	atm l mol ⁻¹ K ⁻¹
mmHg, ml	62363	mmHg ml mol ⁻¹ K ⁻¹

9、试述分压定律的内容，什么叫做摩尔分数和体积分数？

当气体混合物体系中各组分气体接近于理想气体且相互不发生化学变化的情况下，气体混合物的总压力等于混合物中各组分气体分压力的总和。分压定律的表达式为 $P_{总} = p_A + p_B + \dots$ 。

摩尔分数是某组分气体的摩尔数与混合气体的总摩尔数之

• 7 •

比：如 $x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + \dots} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$ 。各组分气体的摩尔分数之总和

等于 1。即 $x_A + x_B + \dots = x_{\text{总}} = 1$ 。

体积分数是保持组分气体与混合气体在相同压力相同温度下组分气体的体积与混合气体总体积之比。凭此通过气体分析实测方法来计算组分气体的分压力。由于阿佛加德罗定律——在同温同压下，气体的体积与摩尔数成正比，所以气体的体积分数只要保持同温同压条件就等于气体的摩尔分数。即

$$\frac{V_A}{V_{\text{总}}} = \frac{n_A}{n_{\text{总}}}$$

10、用摩尔表示的浓度单位有哪几种？它们各自适用于何种情况？

有体积摩尔浓度、重量摩尔浓度、摩尔分数浓度。

体积摩尔浓度属于体积浓度，表示每升溶液中所含溶质的摩尔数，常以 M 来表示。任何溶液只要 M 相同，在相同体积的溶液中必具有相同的溶质微粒数。由于它运用方便，常应用于一切化学反应场合。因为它属于体积浓度，其浓度 M 值常受温度变化的影响。

摩尔分数也属于体积浓度，以溶质摩尔数占全部溶液摩尔数（溶质+溶剂）的分数来表示浓度，常以 x 来表示。在讨论溶液浓度和物理性质之间的关系或溶质和溶剂摩尔数关系时常用之。

重量摩尔浓度，是 1000 克溶剂中所含溶质的摩尔数来表示的浓度，以 m 来表示。属于重量浓度， m 值不随温度的改变而变化。常用于计算溶液的凝固点、沸点、蒸气压等。由于称量液态溶剂的质量很不方便，在实验室中较少应用。

重量浓度与体积浓度之间的相互换算应采用溶液的密度作

为中介桥梁。

11、温度对冰和水的蒸气压的影响有何不同？

从水的状态图 (p19) 可见；冰和水的蒸气压随温度升高而增大，由于冰的蒸气压曲线的坡度比水的蒸气压曲线坡度大，所以随着温度的变化冰的蒸气压比水的蒸气压变化更显著。

12、什么叫做沸点和凝固点？外界压力对它们有无影响，如何影响？

沸点是液体蒸气压等于外界压力时的温度。

凝固点是液相蒸气压和固相蒸气压相等时的温度。

一切纯物质都有确定的沸点和凝固点。

从图1—1可见：OA 为水的蒸气压曲线，代表水和水蒸气的两相平衡关系。

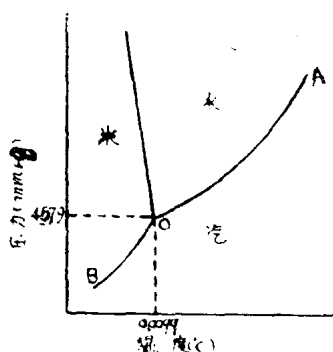


图1—1 水的相图

OB 是冰的蒸气压曲线即冰的升华曲线，OB 线上各点表示各该温度和压力下，冰和水蒸气两相的共存关系。

OC 为水的凝固曲线，线上各点是水和冰达到平衡时相应的压力与温度关系。可见当外界压力改变时对沸点和凝固点皆有影响，当压力增大时，水的沸点将上升，水的凝固点将下降。由于 OA 坡度较小所以压力改变对沸点影响较显著，而 OC

线坡度很大，几乎与纵坐标轴平行，所以压力增大时，水的凝固点是会下降，但影响的幅度并不显著，即外界压力增加较大，水的凝固点降低不多。

13、在无空气存在时，纯水的凝固点为什么是 0.0099°C 而不是 0°C ？

纯水的凝固点 0.0099°C 是按照纯水—冰—水蒸气体系（无空气）的实测数据绘制的水的相图三相点所表示的温度。而一般所说的水的凝固点是水和蒸气都包含有空气的成分（如 CO_2 ， N_2 、 O_2 等）由于水中溶有这些气体就变成水溶液，溶液的蒸气压比纯水的蒸气压要低。其次，压力增大冰的凝固点要降低，常压下水的凝固点是处在 760mmHg 条件下，而纯水—冰—水蒸气体系中水结冰的压力只有 4.58mmHg ，所以水在空气中结冰的温度要比无空气时要低一些，考虑上述两方面的影响，纯水的凝固点比水在空气中的凝固点高出 0.0099°C 。

14、试叙述拉乌尔定律的内容。

由于溶液的蒸气压恒低于纯溶剂的蒸气压，由此导致了溶液的沸点高于纯溶剂的沸点，溶液的凝固点低于纯溶剂的凝固点。溶液的沸点上升和凝固点下降与溶液的重量摩尔浓度成正比。拉乌尔定律的数学表达式为 $\Delta P = p_1^{\circ} x_2$ ，式中 ΔP 为溶液蒸气压下降， p_1° 为纯溶剂蒸发压， x_2 为溶质的摩尔分数。

$$\Delta t_{\text{沸}} = K_{\text{沸}} m$$

$$\Delta t_{\text{凝}} = K_{\text{凝}} m$$

拉乌尔定律只适用于难挥发的非电解质的稀溶液。

15、溶液的沸点为什么会上升？溶液的凝固点为什么会下降？

纯溶剂中溶解了难挥发的溶质后就成为溶液，溶液中这种难挥发溶质的粒子占据了溶剂的部分表面，使溶剂分子的蒸发

机会减少，所以在达到平衡时溶液的蒸气压恒低于纯溶剂的蒸气压。由此溶液为了使蒸气压等于外界压力就需要达到更高的温度即溶液的沸点恒高于纯溶剂的沸点。也由于溶液蒸气压低于纯溶剂蒸气压，为了使溶液凝固，体系选择的温度，就要比纯溶剂的凝固点更低，才能使纯溶剂的升华曲线与溶液的蒸气压曲线相交，溶液才能凝固。

16、溶液的沸点上升和凝固点下降与溶液的浓度有何定量关系？沸点上升常数和凝固点下降常数的意义如何？

溶液的蒸气压下降程度取决于溶液的浓度，而溶液的蒸气压下降又是沸点上升和凝固点下降的根本原因。所以溶液的沸点上升与凝固点下降必然与溶液的浓度有关，即溶液的沸点上升与凝固点下降数值与溶质的重量摩尔浓度成正比，其比例常数为特定溶剂的沸点上升常数或凝固点下降常数，其数学关系式为

$$\Delta t_{\text{沸}} = K_{\text{沸}} m$$

$$\Delta t_{\text{凝}} = K_{\text{凝}} m$$

$K_{\text{沸}}$ 与 $K_{\text{凝}}$ 它们是仅取决于溶剂的特性，而与溶质本性无关的特征常数。即在 1 千克指定的溶剂中溶入 1 摩尔任何难挥发非电解质溶质时所成的溶液，此溶液的沸点和凝固点与纯溶剂的沸点和凝固点偏离的温度。

17、为什么食盐和冰的混和物可以作为防冻剂？为什么水中加入酒精可以防冻？

食盐和冰的混合物实为在液相时是食盐的水溶液，溶液的凝固点要比纯溶剂——水的凝固点为低，所以要使食盐和冰混合物保持固相即食盐水溶液凝固，则体系温度就要大大低于 0°C ，所以使冰中混有食盐在 0°C 时是未达其凝固点只能以液相存在，要大大低于 0°C 才会开始凝固，所以食盐和冰混合物

可以作为防冻剂。

水中加入酒精也实际为纯溶剂(水)中加入溶质(酒精)而成的溶液,所以酒精水溶液的凝固点比纯水的凝固点为低。可以用水中加入酒精的办法来用于防冻。当然溶液的蒸气压下降规律,只适用于难挥发的非电解质稀溶液,对于溶质——易挥发的酒精,其稀溶液通性将会有不同的影响,但是在讨论溶液凝固点下降方面,通常可以不必考虑溶质的挥发性。

18、比较在相同温度下 0.1 m 蔗糖溶液, 0.1 m 食盐溶液和 0.1 m 氯化钙溶液凝固点的高低并解释之。

凝固点 0.1m CaCl_2 溶液 $< 0.1\text{m NaCl}$ 溶液
 $< 0.1\text{m C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 溶液。

因为溶液依数性规律只决定于在一定质量的溶剂中溶入的溶质粒子数(或摩尔数)而与溶质的本性无关。蔗糖溶液属于难挥发非电解质,其浓度为 0.1m 则溶质粒子数为 0.1 m。NaCl 是难挥发强电解质,在溶液中要发生电离,0.1m 的 NaCl 溶液可以电离成近乎 0.2 m 的溶质粒子数。 CaCl_2 也是难挥发强电解质,在溶液中可以电离为近乎 0.3 m 的溶质粒子数因为溶液中溶质粒子数越多,对溶液的蒸气压下降越显著,导致其溶液的凝固点下降越多,所以凝固点的次序是 0.1 m CaCl_2 溶液 $< 0.1\text{m NaCl}$ 溶液 $< 0.1\text{m}$ 蔗糖溶液。

19、什么叫做渗透? 什么叫做渗透压? 哪些因素能够影响渗透压,怎样影响?

渗透是溶剂透过半透膜(只对溶剂有透过性的膜)而进入溶液的现象。

渗透压是为了阻止溶剂通过半透膜进入溶液而在溶液上所施加的最小额外压力。

影响渗透压的因素有温度,溶液的体积摩尔浓度。

温度一定时，稀溶液渗透压与溶液的体积摩尔浓度成正比，浓度一定时，渗透压和绝对温度成正比，其数学表达式为

$$P_{\text{渗}} = CRT$$

C —体积摩尔浓度； T —开氏温度 $= (273 + t)$ ； R —为气体常数。

20、稀溶液定律的内容如何，为什么稀溶液定律不适用于挥发性溶质的溶液？不适用于电解质溶液？也不适用于浓溶液？

稀溶液定律是难挥发非电解质稀溶液的性质（溶液的蒸气压下降，沸点上升、凝固点下降和渗透压）和一定量溶剂（或一定体积的溶液）中所溶解的溶质的摩尔数成正比，而与溶质的本性无关。此定律又称依数性定律。

若溶液不符合溶质是难挥发非电解质而成的稀溶液的前提，则溶质本性将对稀溶液通性发生影响。

如溶质不是难挥发的，则不同的溶质将产生不同的蒸气压，对溶液的通性将有不同的影响，但在对溶液的凝固点下降考察中一般可不考虑溶质的挥发性。

溶质若为电解质，则溶质在溶液中将发生电离产生更多的溶质微粒，增大了对溶液通性的影响，不同电解质其电离的粒子数不同，对溶液通性的影响也不同。强电解质比弱电解质容易电离，强电解质对溶液通性影响较显著。离子数较多的电解质较离子数较少的电解质对溶液通性有较大的影响。

如若溶液浓度较大，溶质粒子数较多，粒子间间距就较小，粒子之间会产生不同的作用力，这样将造成粒子数宏观上的减少，就会使溶液通性发生趋小的影响。

三、习 题

1、在一个未知体积的容器中装有某种气体，其压力为650