

高等学校教材

《普通化学》答疑问题选



西北工业大学出版社

1990年1月 西安

内 容 简 介

本书是在工科普通化学教学基本要求的基础上,对大学一年级化学课教学过程中学生经常遇到的一些疑难问题,简明扼要地进行分析、论述和总结。

本书包括一般问题:化学反应的方向、限度和速度;气体与溶液;电化学;物质内部结构与性质;实验及综合问题等共 128 个问题。

本书是大学生学习“普通化学”课的辅助读物,也可作为青年教师的教学参考书。

高 等 学 校 教 材

《普通化学》答疑问题选

编 著 者 何 翊 寅
李 秀 仪

责任编辑 刘 红
责任校对 李 珂

*

西北工业大学出版社出版

(西安市友谊西路 127 号)

陕西省新华书店发行

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0228-8/0·24(课)

*

开本 787×1092 毫米 1/32 3.5 印张 71 千字

1990 年 1 月第 1 版 1990 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—6000 册 定价: 0.76 元

前 言

在历年工科高校普通化学的教学过程中，常常听到学生反映：学了理论，似乎也懂了，做起题来，却又不会。从答疑和学生作业中发现的许多问题，也反映出学生对一些基本概念理解不深，或混淆不清，应用时往往“张冠李戴”，或似是而非。由于教材篇幅与教学课时有限，这些问题不能逐一写进教材或在课堂讲授。本书就是作者多年来在各个教学环节中记录和收集的问题，选择其中出现频率较高、容易发生错误、能启发思考、有一定难度、又是“普通化学”中较重要的问题，加以解答，以补教材和讲授之不足。因此，所收题目不一定反映“普通化学”全部、系统的内容，而是侧重在系统学习了该课程基本内容的基础上，加深理解和综合应用。因而本书是大学生学习“普通化学”课的辅助读物，也可作为青年教师的教学参考书。

解答时，除了对问题本身作出简要的说明外，有时还指出解题思路，或举出错例，分析错误的原因，以便从不同的角度加深对有关问题的理解。也有的问题可能有几种解释，而只按其中某一种观点作解答。

本书的第一、五、六部分由西北工业大学何翊寅编写，第二、三、四部分由李秀仪编写，全书由何翊寅统稿。全书初稿写成后承蒙西北大学化学系任德厚副教授审阅，特此致谢。

由于时间和作者水平所限，一定有许多好的问题尚未收入本书，解答中也会有一些不成熟或不妥当之处，敬请读者批评指正，以便今后充实和改进。

编著者

1989年3月

目 录

第一部分	一般问题	1
第二部分	化学反应的方向、限度和速度	8
(一)	化学反应的方向.....	8
(二)	化学平衡.....	15
(三)	化学反应速度.....	18
第三部分	气体与溶液	23
(一)	气体.....	23
(二)	溶液.....	26
(三)	电离平衡.....	32
第四部分	电化学	38
第五部分	物质内部结构与性质	52
(一)	原子结构与元素性质的关系.....	52
(二)	化学键、晶体结构与物质性质的关系.....	63
(三)	分子间的作用与离子极化对物质 性质的影响.....	73
第六部分	实验及综合问题	85

第一部分 一般问题

1. 近代科学技术的三大支柱是什么？与化学有何关系？

答 有人把材料与能源、信息并列为现代科学技术的三大支柱。实际上，后二者的发展也必须建立在各种材料的基础上。但自然界只给人类提供各种矿物、盐类、木材、煤、石油等原料。而现代工业、农业、国防、医药及日常生活所需的各种产品，无一不是将自然界提供的原料经过化学加工后，才能制成的。

现代科学技术的发展，既需要各种新型材料，又对材料提出了更新更高的要求。如能源开发中的能量转换、空间技术的航天器在星际空间苛刻条件下飞行、火箭燃烧室要耐几千度的高温、人造卫星要保持温度稳定和仪表正常工作，都需要解决一系列材料问题。半导体材料的应用和发展，使电子技术发生了巨大的变革，对现代工业、国防、科学技术和人类生活各方面都产生了深远的影响。这是众所周知的。如果没有半导体材料为基础的各种固体电子器件研制成功，很难想像电子技术会出现今天这样蓬勃发展的局面。近年来迅速发展的集成电路，又对材料提出了更高的要求。因此，可以说，现代科学技术的基础在材料，而材料的研制离不开化学。

2. 为什么说，“普通化学”是化学与工程技术间的桥

梁？

答 任何工程技术都离不开材料，材料与化学的关系在上题中已看得很清楚。那么，对于“不制造材料，只用材料”的行业，与化学知识有无关系呢？

近年来，常听到用人单位反映：“大学生知识面窄，适应能力差”，“思想素质差”，因而导致分配的一定困难。这是为什么？原因在于社会需要的多样性。即使学校设置成千上万个专业，学生对专业课也都学习得很出色，毕业生仍然不可能与社会需求百分之百对口，并且，越是专，对口的几率就越小。这就要求学习较广泛的基础知识，以提高适应能力。至于思想素质，除政治思想外，还包括学风、学术观点等。从基础课的学习中，认识自然界的客观规律，促进辩证唯物观点的建立，对提高思想素质也是重要的。

社会需要的多样性，是客观事物错综复杂的内在联系的必然结果。客观世界是一个整体，不同的学科只是研究和反映事物的某一侧面。如果分割开来，就难免“瞎子摸象”之嫌。实际上，任何专业的任何工程技术问题，必然涉及多学科的知识。例如，材料强度，产品的使用寿命是工程技术上普遍应考虑的问题，这必须了解材料的内部结构、性质，该产品在使用环境条件下会不会有机械的、物理的和化学的作用。在使用材料时，必须涉及材料的加工（加热、焊接、切削、弯曲等）、维护（免受腐蚀等），在这些过程中，怎样保证材料的使用性能不变？也必须具备有关物质结构性质变化的知识。“普通化学”是化学领域各个分支中基础知识的概括，其主要内容是讨论化学反应的方向（可能性）、限度、速度，以及物质内部结构和性质。这些都是与工程技术

密切有关的化学知识。

3. 学习化学课与专业有没有关系?

答 对这个问题,有人持否定的答案。在对历届毕业生的调查材料中,许多人的回答是肯定的,也有的回答不明确。经仔细分析调查材料表明,工龄长、涉及业务范围广或职务较高的校友回答“需要化学知识”的较多,并且提出过去所学化学内容尚有不够之处。反之,则有的觉得用不着化学知识。这说明随着一个人接触业务工作越广,就越会觉得基础知识的重要。这也就是常说的“后劲”的一个重要方面。

有的同学往往以后续课是否直接用到“普通化学”知识来作判断,这是不全面的。即使后续课表面上似乎没用到“普通化学”课所学的内容,但不等于本专业与化学无关,因为除了前两个题目所说的道理之外,还有考虑问题的出发点和思路问题,有时是用到了而未意识到,这又与对所学过的化学知识理解与掌握的程度有关。下面再用几个例子来说明。

无线电元件加工中要用到三氯化铁,这种溶液洒到水泥地板有气泡产生。有关人员问“这是什么原因?”这表明他对学过的三氯化铁的有关性质未能很好掌握。那么,这种物质对所加工元件会有什么好的与不利的影响?很可能他不会很好的了解,也就很难谈到改进。

材料的强度,一般是从力学角度,施加某种应力来测量。但制成的产品在使用环境下的强度是否发生变化?如果考虑不周,设计出的产品寿命便可能与实际不符(参考第四部分第20题)。

曾经有电解加工的教师与我们商讨“如何加快加工后电

解液含容物沉降速度”的问题，他提出的方法侧重于利用力学、机械的原理，我们则从化学凝聚出发考虑较多，各有所偏。如果几方面结合起来，不是更好吗？

还有其他例子。总的都说明：客观上任一工程或产品是一个整体，它本身必然包含力学、物理、化学……各方面的问题，虽然具体分工为某一专业，但解决问题必需多方面的知识。

4. 普通化学这门课程有哪些特点？

答 要学好一门课程，必须了解它的特点，用以指导学习，才能收到事半功倍的效果，“普通化学”有如下一些特点：

(1) 化学是在原子-分子层次上研究物质化学运动的学科。更具体地说，它是研究原子与分子（广义的分子概念）相互转化这一主题的。了解这一点，就容易理解与其他学科（如物理学、力学、生物学）的区别和联系。学习时应借助于有关学科的知识，但又不至于把化学问题与其他学科问题混为一谈。例如， $1 + 1 = 2$ ，在化学上有时成立，有时就不是简单的关系。

(2) 因为原子、分子是肉眼看不见的，它们的转化要借助于实验现象来观察，变化的情况借助于化学符号来表示。因此，必须重视实验，善于观察、总结实验现象，学会抽象思维，正确利用化学符号与方程式来理解和表达化学变化的实质。

(3) “普通化学”是在中学化学课基础上的提高。其提高有两种情况，一是理论基础适当加深，二是适当地从量的关系阐述有关问题。因此，不能一看某某题目与中学相

同，便“不屑一顾”。而应当考察一下其提高或加深之处。但又不能像其他化学课，如物理化学那样过多的数学推演，而要善于利用有关公式数据，定量或半定量地说明有关现象。

(4) “普通化学”内容非常广泛，在有限时间内不可能处处深入，而应当随时把握住本课程的主要内容及各章基本要求（根据教师指导），才能收到好的学习效果。

5. 怎样认识记忆与理解的关系？

答 常有人问：“如何学习普通化学？”具体的方法往往因内容、因人而有所不同，但很重要的一点在于正确处理记忆与理解的关系。下面的例子有助于我们认识这种关系。

有人做过试验：将苹果悬挂在猴子面前，地上摆一根棍棒，当猴子跳起拿不到苹果时，它会拾起棍子去打。但若是把棍子摆在猴子背后较远处，它就不会利用棍子去打苹果了。因为它转身见到棍子，又走了一段路后，就把苹果忘了。当它回来见到苹果时，又忘了棍子。总是不能把二者联系起来，所以就不能形成“用棍子打苹果”这个概念。当然，也就可想见，它更不能思考其他更复杂的问题了。

这个简单的试验告诉我们，人的思考是建立在记住许许多多多个别事物的基础之上的。试回顾一个人由婴幼儿到上小学、中学、大学……的全过程，就很容易看出这一点。通常说，某人聪明，实际上就是他对某些事物记得很熟，很快能把有关事物、现象联系起来，形成思考和判断。即所谓“熟能生巧”的含义之一。

有的人往往认为，学习上只要理解就行了，不愿去记忆。其实这是一种片面的认识，脑子里空空的，怎么谈得上思

考、理解呢？上述说法应当稍作修改，那就是，不要单纯满足于死记硬背，而要理解与记忆相结合，在记忆的基础上思考（理解），通过思考（理解）将素材联系、整理，使之条理化、规律化，又反过来，使记忆扩大、牢固。这是学习方法中最基本的方法。

6. 怎样加强记忆和提高学习效率？

答 常常听到有的同学说：“学了前面，忘了后面”，或者“花的时间不少，可就是效果不能令人满意”，由此，认为自己“笨”而苦恼。

其实，首先应当自信，既然上了大学，就是“笨”也笨不到那里去。这里介绍几句名人的话，也许会有一点帮助。

杨振宁说：什么叫做苦？自己不愿做，又因外界压力非做不可，这才叫苦。

孔子说：“知之者不如好之者，好之者不如乐之者”。

一位日本学者说：“天才就是强烈的兴趣和强烈的热情”。

一位科学家在研究问题时想的是：“请别打扰我的工作，没看到我正在兴头上吗？……”

这些话，共同表明一个意思，即首先要明确你所做的事（或学习）的意义，从而以此为乐，热情也就来了，效率也就高了。记忆也是一样的道理，首先你要有记住的愿望（或打算）。否则，请问你每天上下多少次的宿舍里的楼梯有多少级？恐怕很少人能记住。为什么？因为根本没有留心——没有记住的打算。

有了记住的打算，下面的一些记忆方法，也可说是提高

学习效率的方法，可根据自己的情况参考试用：

兴趣是动力，重复是基础，理解是媒介，联想是窍门，
化简是助手，争论是益友，应用是要诀，卡片是仓库。

以上主要是脑记的方法，可用于一些常用的基础知识的记忆。但在知识爆炸、文献如浩瀚海洋的今天，对于一些较不常用的知识、数据等，必须辅以笔记（摘录），还必须学会查阅与使用参考书，以扩大记忆范围。

第二部分 化学反应的方向、 限度和速度

(一) 化学反应的方向

1. $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ 说明一个体系放出的热不可能全部转变为有用功，如何理解？

答 从微观上看，热是体系的微观粒子无序运动（混乱度）的表现，而功是有序运动的表现，即粒子向一定方向运动才能作功。在绝对零度以上，微粒的热运动总是不会停止的，也就是熵不能为 0， ΔS 一般也不为 0，这个公式就表明热（ ΔH ）由高温向低温流动时（有序运动）可以作功，但其中总有一部分是无序运动和维持体系温度的，即 $T \Delta S$ 项，所以要扣除后， $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ ，才是能作功的部分。

2. ΔG° 的定义中规定体系中各物质的浓度都等于 1（或分压 = 1），问是否也包括生成物的浓度（或分压）为 1？

答 ΔG° 表示标准自由能^①变化，其标准条件是指体系中各物质的浓度都等于 1（或分压 = 1），这也包括了生成物的浓度（或分压）为 1。这可以从 ΔG 与 ΔG° 的关系式看出：

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

Q 是分压商（或浓度商），在标态时，各反应物各生成物的

① 自由能(Free energy)，目前国内一些书中也叫自由焓。

分压（或浓度）各等于1，则 $Q=1$ ，所以 $\Delta G = \Delta G^\circ$ 。如果生成物分压（或浓度）不为1，则 Q 不一定等于1， ΔG 也不一定等于 ΔG° ，与 ΔG° 定义矛盾。

3. 用 ΔG° 判断反应的方向时曾指出：“……若反应的 ΔG° 为较大的正值时，一般说来 ΔG° 大于 $40(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ ，则可以认为反应进行的可能性很小。”如何理解这句话？ $40(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ 是如何确定的？

答 $\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln Q_p$ ，如果体系中各物质在起始时不是处在标准态，则 $\ln Q_p$ 不一定为0，这时若用 ΔG° 来判断变化的方向常招致错误，这时必须用 ΔG 而不能用 ΔG° 作为判据，但若 ΔG° 绝对值较大，一般情况下 $RT\ln Q_p$ 不能改变 ΔG 的符号，则不影响反应方向的判别。故用 ΔG° 代替 ΔG 判断变化方向时可以找出一个大致的界限。 $|\Delta G^\circ| = 40(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ 就是一个界线。 $\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln Q_p$ ，因反应刚开始时， $Q_p \ll 1$ ，所以 $\ln Q_p$ 为负值。若 $\Delta G^\circ < 0$ ，则 $\Delta G < 0$ ，二者符号一致。若 $\Delta G^\circ > 0$ ，则 $\Delta G \geq 0$ ，由 ΔG° 与 $RT\ln Q_p$ 的大小决定。

令 $T = 298\text{K}$ ，当 $\Delta G^\circ = +40\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，则 $RT\ln Q_p = -40\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 时， $\Delta G = 0$ ，此时可算出 $Q_p = 10^{-7}$ ，即平衡常数 $K_p = 10^{-7}$ ，这意味着实际上正反应不能发生。一般情况下 $|RT\ln Q_p|$ 不会大于 $40(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ 。

令 $T = 500\text{K} \sim 1000\text{K}$ 时，计算出的 $Q_p = 10^{-4.2} \sim 10^{-2.1}$ ，还是很小时。

故当 $\Delta G^\circ > 40(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ 时， $RT\ln Q_p$ 一项的值不会使 $\Delta G < 0$ ，故将 $40(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ 作为一个大致的界限。

4. $\Delta G < 0$ ，反应自动正向进行，如何解释可逆反

应?

答 “可逆”的意思是指任何时候(相同条件下)正逆两反应都可以进行,并没有指明何者占优势。而 $\Delta G < 0$,表明在所给的条件下,正反应占优势,虽然此时逆反应仍可进行,但总反应的结果是反应物减少,生成物增多,反应是正向进行。到 $\Delta G = 0$ 时,则正逆反应趋势相等, $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$,表现为平衡状态,即宏观上各物质浓度不发生变化,而微观上正、逆反应仍在不停地进行。

5. 反应 $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \xrightarrow{25^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 的 $\Delta G^\circ = 8.6(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}) > 0$, 然而实际上 25°C 的水也会自动气化, 如何解释?

答 $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \xrightarrow{25^\circ\text{C}} \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

$$\Delta H^\circ = +44.01(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$$

$$\Delta S^\circ = +118.8(\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$$

$$\Delta G^\circ = +8.6(\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$$

$\Delta G^\circ > 0$, 液态水不会自动蒸发, 但应注意计算的是 ΔG° (不是 ΔG), 这只是对于水蒸气分压为 1 atm (标准态) 而说的, 在这种条件下水的确不会蒸发; 相反水会自动地冷凝。

根据 $\Delta G^\circ = -RT \ln K$, 计算得:

$K_p = p_{\text{H}_2\text{O}(g)} = 3.4 \times 10^{-2}$, 即水蒸气的冷凝一直要进行到 $p_{\text{H}_2\text{O}(g)}$ 减小到 $3.4 \times 10^{-2}\text{ atm}$ (即 25.84 mmHg) 为止, 此时达气、液平衡。实际上 1 atm , 25°C 时饱和 (即平衡时) 水蒸气压只有 23.76 mmHg 。此时, $\Delta G = \Delta G^\circ + 2.303RT \lg \frac{23.76}{760} = 0$, 因为实际太空中水蒸气一般不会达

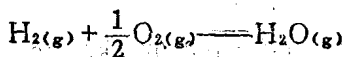
到饱和, $Q_p < \frac{23.76}{760}$, 可使 $\Delta G < 0$, 故在 25°C 时液态水会自动地蒸发。

本题计算时, $\Delta H^\circ = +44.01 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 是由 ΔH_f° 数据求得的, 有的书上用 $40668.48 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}$, 是由水的气化热数据 (540卡/克) 求得的。

6. $\text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} = \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 求 298K 时 $\Delta S^\circ = ?$

解 (1) 查表得 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 的 $S^\circ = 188.74 (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$
 $\therefore \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 的 $\Delta S^\circ = 188.74 (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})$

解 (2) 利用盖斯定律计算



$$S^\circ (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}) \quad 130.58 \quad 205.09 \quad 188.74$$

$$\begin{aligned} \therefore \Delta S^\circ &= 188.74 - \left(\frac{1}{2} \times 205.09 + 130.58 \right) \\ &= -44.38 (\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}) \end{aligned}$$

讨论: 二种方法结果不同, 应明确第一种解法是错的。因查表所得 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 的 S° 是 $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 的标准绝对熵, 即标准条件下 $1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 从 $0 \text{ K} \sim 298\text{K}$ 时的熵变 ΔS° , 所以第一种解法是错的, 第二种解法是对的。

此外, 第一种解法产生错误的原因, 也可能误认为单质的标准熵值为 0, 因而, 用盖斯定律计算也得出错误的结果。应明确 298K 时, 单质 $S^\circ \neq 0$, 这是与 ΔH_f° 、 ΔG_f° 不同的。