

[美] M·J 辛 科 著

化 学 习 题 集

华 中 师 范 学 院 译
无 机 化 学 教 研 室

罗 柏 儒 校

为了培养学生独立分析问题和独立解决问题的能力，我们感到除了书本知识的讲授外，还应该配合有大量的习题训练。为此，我们翻译了美国著名的康乃尔大学 M.J 辛科主编的“化学习题集”（第二版）。

该书共分 16 章，对无机化学中的有关基本概念、定律、计算作了严密、明晰、细致而又全面的阐述。其特点是：准确掌握基本概念，严格把住基本定律的内容，并反复示例加以描述；示例新鲜，实际，趣味，着重于题意分析、指明思路，解题步骤尽可能详细清晰；全书采用国际单位制(SI 制)并强调有效数字；每章后附有一定数量的练习题，用 * 容易，** 中等，*** 困难标明题目的难度，大部分备有数字答案。

本书适用于师范院校化学系，师专化学系一年级学生用，和任课教师参考，亦适用于中学教师和有关的业余读者自修或参考之用。

参加翻译的同志有：张太平（第一、二章），王慧霞（第三章），祝心德（第四、五章），乐芝风（第六、七、八、九、十章），冯美健（第十一、十二、十三、十四、十五、十六章），全书由罗柏儒副教授校订。胡启柱副教授参加了第六章的校译。

限于译者水平，译文定有一些错误和不当之处，诚恳地希望读者批评指正。

译者

1982年10月

前 言

在各种入门的化学课程中，其内容涉及的范围的日益扩大，因而增加了教师的负担，使他希望在他的课程中保存大量的习题解。由于企图提供可能出现于各种教科书里的所有范围的不同课题的原因，新教材势必压缩大量习题解的篇幅，这部分地是为了节省篇幅，同时也部分地是因为对课堂为学生提供补充讨论的辅助普及本的信赖正在增长的缘故。因此，习题解手册，正成为课程教科书的参考资料和帮助学生困难的学生自学的必备书籍。尤其是对习题解手册的需要正在增长。这是因为根据补充的习题目录指定作业可不用操心解答（在此目录中作出的例题的解答是很清楚的），而且也不必耽心所指定的习题根据历史发展来说相当过时，已使它出现于国内每一同类资料里。

本书的第一版曾以两卷式出版，分别地题为**化学计量与结构**和**平衡**。因为它包括了大量的一般运算问题，因此需要以两卷的版式出版。后来经过严格删减才出版了最近题为**化学习题集**的一卷版本书。采用这版手册的班级已经指出在一些课题方面删减得太严格，而在另一些方面则删减得太少。这本修订版企图调整使其平衡。修订版恢复了计算尺和有效数字的两节，删去了同时平衡中一些比较异常的情况。在教本中所有未作出的习题都是新的。为了便于指定习题，将习题都集中在各章的末尾，用※表示容易，※※中等和※※※困难来标明题目的难度。大约有一半为指定用的练习，备有数字答案。解出了的习题和那些打算为指定作业用的习题分别地用“例题”和“练习”等字样以示区别。

纽约 伊萨卡

M.J. 辛科

目 录

第一章 某些数学运算的复习和计算尺的使用

§ 1-1 有效数字	1
§ 1-2 指数	10
§ 1-3 对数	17
§ 1-4 计算尺的使用	31

第二章 摩尔原子

第三章 化学式

第四章 摩尔

第五章 化学反应与化学方程式

§ 5-1 方程式的写法	99
§ 5-2 氧化数	104
§ 5-3 应用氧化数配平方程式	108
§ 5-4 应用半反应配平方程式	116
§ 5-5 有关化学方程式的计算	123

第六章 当量

§ 6-1 酸和碱	137
§ 6-2 氧化——还原当量	144

第七章 气体

§ 7-1 波义耳定律	154
§ 7-2 查理定律	156
§ 7-3 道尔顿分压定律	158
§ 7-4 潮湿气体	159
§ 7-5 波义耳、查理和道尔顿定律的综合应用	162

§ 7-6 阿佛加德罗定律和摩尔体积·····	164
§ 7-7 理想气体状态方程·····	166
§ 7-8 分子运动论·····	168
§ 7-9 包含有气体的反应·····	169
第八章 热化学	
§ 8-1 比热·····	175
§ 8-2 熔化热·····	177
§ 8-3 汽化热·····	180
§ 8-4 克劳修斯—克拉普龙方程·····	181
§ 8-5 反应热·····	184
§ 8-6 盖斯定律·····	186
§ 8-7 量热法·····	190
第九章 电化学	
§ 9-1 单位·····	196
§ 9-2 电解·····	198
§ 9-3 原电池·····	201
§ 9-4 氧化电位·····	205
§ 9-5 奈斯特方程·····	210
第十章 溶液	
§ 10-1 体积摩尔浓度·····	220
§ 10-2 当量浓度·····	223
§ 10-3 重量摩尔浓度·····	227
§ 10-4 摩尔分数·····	229
§ 10-5 摩尔克式浓度·····	231
§ 10-6 重量百分比浓度和体积百分比浓度·····	232
§ 10-7 拉乌尔定律·····	234
§ 10-8 亨利定律·····	236

§ 10-9 沸点上升	238
§ 10-10 凝固点下降	240
第十一章 气体平衡	
§ 11-1 求 K 值	248
§ 11-2 依据 K 的计算	252
§ 11-3 不同类型 K : K_c 、 K_p 、 K_x	268
第十二章 强、弱电解质	
§ 12-1 强电解质	275
§ 12-2 弱酸 (一元酸)	279
§ 12-3 弱碱	286
§ 12-4 弱盐	290
§ 12-5 二元酸	293
§ 12-6 三元酸	304
第十三章 PH	
§ 13-1 PH 的定义	314
§ 13-2 水的离解平衡	317
§ 13-3 酸的溶液	319
§ 13-4 碱的溶液	324
§ 13-5 盐的溶液	328
第十四章 缓冲溶液	
§ 14-1 醋酸——醋酸钠缓冲溶液	322
§ 14-2 氨——铵盐缓冲溶液	339
§ 14-3 硫酸根——酸式硫酸氢根缓冲溶液	344
第十五章 溶度积	
§ 15-1 溶度积的计算	352
§ 15-2 根据 K_{sp} 的计算	354
§ 15-3 沉淀反应	360

§ 15-4 混合问题.....	369
第十六章 水解作用及同时存在有几种平衡的其他情况	
§ 16-1 醋酸钠的水解	380
§ 16-2 氯化铵的水解	387
§ 16-3 醋酸铵的水解	392
§ 16-4 碳酸钠和硫化钠的水解	397
§ 16-5 碳酸铵的水解	401
§ 16-6 碳酸氢钠溶液	406
§ 16-7 铝盐的水解	412
§ 16-8 弱酸的混合物	416
§ 16-9 难溶盐的混合物	424
§ 16-10 微溶盐的水解.....	432

附 录

- A. 对数表
- B. 水的平衡蒸汽压
- C. 氧化电位 (25°C)
- D. 一些弱电解质的电离常数 (25°C)
- E. 原子量表 (以相对原子质量 $A_r(^{12}\text{C}) = 12.000$ 为标准)。

第一章 某些数学运算的复习 和计算尺的使用

在这章里收集了大量的资料，这对开始学习化学的学生以及在化学领域方面有一些经验的学生一般可能是有帮助的。其中大部分的资料应该是早已熟悉的，有一些可能是新的。无论如何，建议你们迅速地复习一下这所有的资料。这样，你可以弄清楚这些问题，而且还可以作你今后需要深入学习时回头参考之用。

§ 1-1 有效数字

大多数被误用的情况之一是进行化学计算时，常常不注意包括在从物理测量得来的数据里的数值。这种疏忽的最普遍的迹象是求得的计算结果小数位太多。应记住，科学工作者普遍使用的有用规则，那就是，如果没有相反地说明，把记录的表示测量结果的数字位数除最后一位数字被假定为可疑外，看做为大家都知道是可靠的。可靠的数字加上一可疑的数字构成所谓**有效数字**。举一个具体的例子来说，一样品的质量记录是1.369克，意思是四位有效数字。其中1，3和6是可靠的，而9则被看做是可疑的。有时候，把可疑数降到书写行以下，例以1.36，代替1.369。

为什么要麻烦记录一个可疑数字呢？首先，它能按照已完成测量的精确性提供数据，第二，它指出了下一个数值的最好

的估计，而这个数字往往是十分有益的。例如：质量的记录为 1.369 克意味着这称量是在灵敏度为 0.001 克以内的仪器（换句话说，一架分析天平）上称出的，而不是在灵敏度为 0.1 克以内的仪器（例如：台称）上称出的。

此时，我们应该注意到，准确度与精密度之间是有很大的区别的。准确度与测量本身的绝对真实值有关系，然而精密度涉及到测量的细节。举例说明：一个化学药品重 1.369 克意味着化学工作者已使测量精确到 ± 0.001 克，并且 he 可以用同一仪器重复测量，重新得到该测量值（最后一位可能除外）。然而，这仪器可能是不准确的，即它的标度和标度刻度可能已被错误地刻上了，或某部分可能已变成弯曲，这样以致毁坏了刻度的意义。不管怎样，尽管称量可以仍旧以很高的精密度进行，但是它们可能不是很准确的。当然化学工作者虔诚地希望（可惜，有时证明这种希望是不正确的。）他们的仪器是被精确地校正过的，并且将所作的测量的精密度认为是该仪器所造成的。

就我们而论，同有效数字直接有关的问题是：当我们在处理计算中的数字时，注意不能因甩掉精密度或明显将精密度加上而去歪曲数据。为了具体说明与此有关的问题，我们来研究物理量的加和减的问题，在这个例子里最容易理解有效数字的作用。

例1. 假若有一只重 56 克的空烧杯，向其中放入重 0.234 克的食盐样品，问烧杯和食盐的总重量是多少？

解：对于这个问题，最自然的解决方法是把两个数字 56 和 0.234 相加，并记录最后的质量为 56.234 克，然而，这是错误的，因为这意味着你知道最后质量是 56.234 ± 0.001 克，换句话说，你能辨别总质量大约到 56 的千分之一，很明显，

你不能辨别这样的问题！指出空烧杯的重量是56克，意味着你辨别它是 56 ± 1 克（ $\frac{1}{56}$ ）。你不仅对数字6有疑问（例如它可以是5或7），而且你也没有线索知道6右边的小数点后面是何值，所以你加在这些小数位的数字都是完全不可靠的。并且你不应当记下它们。因为这样做，你就是想要得到你不能获得的数据。

通过给这个问题建立的以下方式可以理解正确的答案：

$$\begin{array}{r} 56. \quad ? \quad ? \quad ? \\ + \quad 0. \quad 2 \quad 3 \quad 4 \\ \hline 56. \quad ? \quad ? \quad ? \end{array}$$

式中第一列的问号表示我们没有相对于小数位的各个数据。即使我们可能知道第二列中2, 3, 4等数字，但是相加之后所得数据的情况是最后一列所示的样子。因此，我们需要记下56克作为烧杯加盐的总重量。

例2. 假定你刚刚打开装有435.6克化学药品的瓶子，小心地取出0.234克药品，问瓶里留下的化学药品的质量将为多少？

解：许多学生觉得可疑数下画一横线作为记录可疑数字的位置是很有帮助的，借这种方法，指出那一行的数字是有第一个可疑数字就是很容易的事情。从而限制了可以记录的小数位。如果我们依此进行，我们可以写下：

$$\begin{array}{r} 453. \underline{6} \\ - \quad 0. \underline{234} \\ \hline 453. \underline{4} \end{array}$$

在第一列数字453.6里，假定4, 5, 和3是确知的，而6是可疑的，这意味着任何包括6的的行（即小数点右边第一行）的任何运算将得出一个可疑数字，而且甚至连右边更远

的任何行(它以更精密的仪器得出数据)都不能是有效的。理解了这一点,我们可以从下面两种方法着手运算:〈a〉可以将数字先四舍五入以便去掉将没有最后数据的那行,然后进行减法,或〈b〉好象已知所有的行那样先进行减法,然后将最后的答案四舍五入。那一方法更好呢?这没有差别。它们二者能得出同样答案(可能除最后的数字允许有一些变动,因为无论如何,最后的数字总是可疑的)

〈a〉法意味着这样进行运算:

$$\begin{array}{r} 453.6 \\ - 0.2 \\ \hline 453.4 \end{array}$$

〈b〉法意味着这样进行运算:

$$\begin{array}{r} 453.600 \\ - 0.234 \\ \hline 453.366 \end{array}$$

接着经过四舍五入得453.4

四舍五入的一般规则是:〈1〉如舍弃的数字超过5,便将最后一位保留数字增加1.〈2〉如舍弃的数比5小,便让最后一位保留数字不变.〈3〉若舍弃的数等于5,当前一位数是奇数时便增加1,是偶数时则不变。(规则〈3〉是依据奇数和偶数的几率相等这样一个事实,因此,按照平均才算一半的机会,加以修正值。另一半的机会舍去修正值。

四舍五入运算的具体例子如下:

将1.184四舍五入成1.18

将1.185四舍五入成1.18

将1.186四舍五入成1.19

将1.194四舍五入成1.19

将1.195四舍五入成1.20

将1.196四舍五入成1.20

然而，应注意将1.1851四舍五入成1.19，而1.1850四舍五入成1.18。

零可能增添额外困难。零可能起两种作用：

〈1〉指明指定的小数位已经测得为零。

〈2〉指明小数应当被放的位置。

在〈1〉种情况中，零被当作有效数；在〈2〉种情况，零不被作为有效数。例如，在1.009克中，有四位有效数字，而在0.0019克中仅仅只有2位有效数字。阐明本规则的另一种方法是：当零的前后都有其它数字时，零被当作有效数字；但是当零出现在数字的开头时，零就不被当作有效数字。在这里，你可能反对说，例如在0.0019克这个数里，你确知道1和9前面的数字是零，因此它们必定是有效数字。但不幸的是：你不能这样推论而不破坏有效数字的整个概念和用处。你分辨0.0019克的精密度为 ± 0.0001 ，即十九分之一，或近似5%。假如是四位有效数字，而且仅最后一位是可疑的话，那么你将你的结果大约为万分（四个小数位）之一（最后的数字），即大约0.01%。另一种检查这个问题的方法如下：只要改变表示测量单位的大小，就可将结果0.0019克表示为1.9毫克，或表示为0.0000019千克。无疑地在我们记录结果的方法里不应当影响我们所作的测量的精密度。在所有的这三种情况里（0.0019g，1.9mg和0.0000019kg），我们分辨结果的精密度都是十九分之一，并且必须认为在每一种情况里的有效数字的数目为2是正确的。

例3. 下列的每一个数字里的有效数字是多少？705mm，70.5cm；0.705m；0.000705km。

答：每一个数字里的有效数字都是3。

出现在数字末尾的零是一种特殊的情况，因为我们事前不能分辨零被放在那里是为了表明测量结果在十进单位里为零，还是仅仅为了确定小数点的位置而被放在那里的。例如：假如我记录我的体重是 70kg ，你不能分辨我的意思是 $70 \pm 10\text{kg}$ （相当于一位有效数字），还是 $70 \pm 1\text{kg}$ （相当于二位有效数字）。第一种情况，我大概是在 $10/70$ （即约15%）的精密度的粗糙磅秤上称量自己的；第二种情况，是在 $1/70$ （或1.5%）精密度较好的磅秤上称量的。如何消除这种含糊不清的状况呢？一种方法是使用象上面用过的 $\pm$ 号；另一种方法是使用将在 §1-2 节讨论的指数符号。借此以便利用10的乘方指出记录的数字的小数点位置。这样，用指数形式，是不写出零的，除非它是有效数字。具体地说，上例中的 70kg ，们们可以写成 $7 \times 10'$ 。如果我们意思是 $70 \pm 10\text{kg}$ （一位有效数字的情况）时，并且可以写成 $7 \times 10'$ ，如果我们的意思是 $70 \pm 1\text{kg}$ （二位有效数字的情况）时，我们可以写成 $7.0 \times 10'$ 。10的幂与有效数字的数目毫无关系。仅仅需要考虑10的幂的系数。

例4. 下列各数的有效数字是多少？

$\langle a \rangle 100\text{cm}^3$; $\langle b \rangle 100 \pm 1\text{cm}^3$; $\langle c \rangle 100 \pm 10\text{cm}^3$

$\langle d \rangle 1.00 \times 10^2\text{cm}^3$; $\langle e \rangle 1.0 \times 10^2\text{cm}^3$; $\langle f \rangle 1 \times 10^2\text{cm}^3$

答： $\langle a \rangle$ 不知道； $\langle b \rangle 3$ ； $\langle c \rangle 2$ ； $\langle d \rangle 3$ ；

$\langle e \rangle 2$ ； $\langle f \rangle 1$ 。

为什么我们需要如此关心会不会分辨一个数目内的有效数字位数有多少呢？答案是：有一简单的规则，它叙述在乘或除的答案里的有效数字位数，跟用于计算的任何数量中所含有效数字的最少位数相等。换言之，如果我们用三位有效数字乘二位有效数字，那么答数中应当只有二位有效数。

例 5 0.12升密度为 0.245 克/升的溶液有多少克?

$$\text{解 } 0.12L \cdot 0.245 \frac{g}{L} = 0.041 g$$

如此类似，我们用一个三位有效数的数除二位有效数的数，或者反过来也一样，答案还应该是两位有效数字。

例 6 如果有 0.345c(库仑)的电量以 0.12 秒通过指定点时，有多大的电流正在流动?

$$\text{解 } \frac{0.345 c}{0.12 s} = 2.9 c/s \text{ 或 } 2.9A$$

在上面两例中，在每一个可疑数下面用画横线的方法进行详细乘除运算，你就很容易弄清楚在答案中只许有两位有效数。

$$\begin{array}{r} 0.245 \\ \times 0.12 \\ \hline 690 \\ 245 \\ \hline 0.04140 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2.87 \\ 0.12 \overline{) 0.245} \\ \underline{24} \\ 105 \\ \underline{96} \\ 90 \\ \underline{84} \end{array}$$

四舍五入得 0.041

四舍五入得 2.9

考虑以下情况，能获得我们对于上述简单规则根本的物理意义的感性认识，假若有一个长方形，其一边长 Xcm ，另一边长 ycm ，显然地，只能按照符合你所知 X 和 Y 的精密度来确定这个长方形的面积 XY 的精密度。如果其中任一边的尺寸不精确，那么无论你知道另一边的尺寸多么精确，而面积终将是不准确的，你将不能确定这个面积。此

外，在总面积中的不准确度（无疑地，就是我们能确定的有效数字的位数），它受两边中的最少准确性的一边限制——即我们确知具有较少的有效数字的那一边限制。

例 7 你能分辨下面长方形的面积有几位有效数字？

$$\langle a \rangle 0.21\text{cm} \times 0.345\text{cm}; \quad \langle b \rangle 0.120\text{cm} \times 0.345\text{cm};$$

$$\langle c \rangle 0.120\text{cm} \times 0.3\text{cm}; \quad \langle d \rangle 0.120\text{cm} \times 3\text{mm}.$$

答： $\langle a \rangle 2$ ； $\langle b \rangle 3$ ； $\langle c \rangle 1$ ； $\langle d \rangle 1$ 。

这引起一个问题：当你要在两个数之间进行乘或除运算时，其中一个比另一个有较多的有效数字位数，你应在运算前或是运算后进行四舍五入呢？尽管，宁可用先使最后数字改变的一种方法也不用后改变的一方法，但答案实际上是沒有区别的。例如：在计算 $0.12\text{cm} \times 0.335\text{cm}$ 面积时，应注意答数里只允许有二位有效数字，所以，首先将这两个数据四舍五入得到二位有效数 $0.12\text{cm} \times 0.34\text{cm}$ ，然后计算面积是 0.041cm^2 。用另一种方法，我们可以首先乘出 $0.12\text{cm} \times 0.335\text{cm} = 0.0402\text{cm}^2$ ，然后四舍五入成两位数，得面积 0.04cm^2 。不要着急答案 0.041 和 0.040 不同。应记住最后一位数是可疑的！通常用比实际需要多一位有效数字进行计算，然后按照推测修正最后一位数字。事实上这就是根据曾介绍的规则：“在乘除运算中，用超出需要的超外的一位有效数字，将计算完成，然后将最后的答数四舍五入，以使其不超过进入运算的最少有效数字位数。”将这个规则应用于上述 $0.12\text{cm} \times 0.335\text{cm}$ 面积的问题，我们宁愿写成 0.04cm^2 ，而不愿写成 0.41cm^2 。然而注意后面的答案也不错。

在包含有几种连续的乘法和除法混合运算中，有效数字的规则是相同的，即：“在答数里的有效数字的位数不多于

进入的最少有效数字的位数。”可是，提醒一句，即使运算中的一部分还包含有加和减时也一样。究竟怎样，请回忆在加减运算中，重要的不是**有效数字的位数**，而是**可疑的小数位**。学生们常常犯这样的错误，他们只寻找哪个数据具有最少有效数字，从而得出答数应有那多有效数字的结论。他们忘记了这个位数可以被一些其他数据消掉。下面的问题包含有这样一个使有效数字位数受到限制作用的例子。

例 8 已知一样品含有 $2.0g$ 氢， $32.1g$ 硫和 $64.0g$ 氧，问在该样品中硫的百分含量是多少？

解 样品的总质量 $= 2.0g + 32.1g + 64.0g = 98.1g$

$$\begin{aligned}\text{硫的百分含量} &= \frac{\text{硫的质量}}{\text{样品的质量}} \times 100\% \\ &= \frac{32.1g}{98.1g} \times 100\% = 32.7\%\end{aligned}$$

注意，虽然参加运算的数据之一，即氢的质量被分辨是两位有效数字，但是最后答数的三位有效数字还是能成立的，要点是这 $2.0g$ ，仅仅涉及到相加的一步运算，所以解答出来的结果有三位有效数字。

眼下，要很好地注意的是用于处理有效数字的规则不是十分严格的，这是任何学过微分学的学生都可以容易地指出的。严格地讲，要表达最终答数的误差，我们需要考虑采用正确的微积分计算方法对误差作出全面的分析它是如何积累起来的。例如：若一个数以平方出现，就必须将它的误差加倍。若以平方根出现，它的误差要减半。可惜，这样精细的考虑，超出了我们的讨论范围，同时也远离了化学的范畴。我们可以发现在这节所提供的简单规则，可以适用 90% 以上的情况。因此就可满足了。事实上，处理有效数字时，

通常是以这样不系统的方法作的。如果我们这样能做到99%的正确，我们将显著地改进了现状。

这里需要提到有效数字最后的一方面，虽然直到我们接触到有关 PH 的许算之前，将不会多用有效数字。当 13 章讨论 PH 的许算时涉及对数。当对数出现时，有效数字的许算会发生什么情况呢？回答是复杂的。但一般地说，用对数表示某一数量的有效数字的位数往往比这个量本身的有效数字的位数多。更准确地说：记录在小数点右边的数字的位数（有时叫对数的尾数）等于原数量的有效数字的位数。不论出现在小数点前面数字的位数（所谓对数的首数）有多少，情况都是如此。

例如：10.7 的对数正确地给出是 1.029，这就充分说明我们怎样可以从三位有效数字变成四位。这所有的问题将在 § 1—3 关于对数里和 13 章关于 PH 部分再次出现。

不是所有包含在运算里的数都需考虑在有效数字方面作出判断，例如在 $d=2r$ 的关系式中， d 是园的直径，而 r 是园的半径，2 是一个准确的数，而且已知它的位数是无限的。这个意思是 d 的有效数字是由 r 的有效数字所支配。

§1-2 指 数

使用指数有两个好的理由：〈1〉对于很小和很大的数可避免写出大量的零。〈2〉提供了表达有效数字数据较清楚的方法。指数的概念就是把一个数量简单地表达成 10 的幂的倍数。例如像指数 6.02×10^{23} 包含有两部分：一个系数（这里是 6.02）和一个 10 的幂（这里是 10^{23} ）。然而系数一般地还是选择 1 和 10 之间的某值（尽管有时相应于 10