

高等农业院校用

普通化学

陈尊三 游 浩 编
徐咏芝 叶锡模

山东教育出版社

高等农业院校用

普通化学

陈尊三 游 浩 ~~徐咏芝~~ 叶锡模 编

山东教育出版社

高等农业院校用

普通化学

陈尊三 游 浩 徐泳芝 叶锡模 编

*

山东教育出版社出版

(济南经九路胜利大街)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂德州厂印刷

*

787×1092毫米32开本 21.25印张 1插页 450千字

1983年9月第1版 1983年9月第1次印刷

印数1—13,000

书号 13275·19 定价 1.90 元

前 言

本书是在1979年浙江农业大学和山东农学院合编的“普通化学”教材的基础上，参照1982年8月份农业部委托北京农业大学主持、有十五所高等农业院校的代表共同审定的《普通化学教学大纲》进行修改和编写的。

高等农业院校的普通化学是一门阐明物质结构及其变化规律的基础理论课，主要讲授内容为化学变化的能量关系、物质结构和化学平衡等有关基础理论。以此为主导，选述与农业有关的元素及其化合物的性质、变化规律和用途，并从专业的实际需要出发，适当加强吸附和胶体基本知识。

本教材编写时注意运用辩证唯物主义的观点阐明物质及其变化规律；努力贯彻理论联系实际的原则，力求较好地体现思想性、科学性和系统性的统一；依照认识的客观进程及知识的连贯性，努力做到循序渐进、由浅入深、由简到繁、从具体到抽象；文字力求通俗易懂，便于教学使用和学生自学。学生在学完本课程后，一般能够较好地掌握化学基本理论、基本知识和基本技能，了解这些理论知识和技能在农业科学上的应用，并具有独立分析和解决一些有关化学问题的能力。为学习后继课程和将来参加农业科学研究打好必要的基础。

鉴于高等农业院校专业本身的特点和学生初入高等学校

在学习上要有一个适应的过程，我们对本教材内容的安排做了以下几点考虑：

一、在引出有关新理论、新知识前，注意承前启后，即新旧知识的衔接。把一些与本课程有关的、重要的中学化学、物理知识，加以综合、系统、复习和加深，如第一、二章。这些内容应以学生阅读为主，教师讲授为辅。目的是给学生创造一个既能温故知新，又能尽快地适应大学学习的方式，有利于接受新的理论知识。

二、把相对来说难度较大和难度较小的内容，按系统阶梯式的间隔安排。第一、二章与中学知识衔接较多，易于接受，列为首位。第三、四、五章是化学热力学和化学动力学基本理论知识，较难一些，列其次。第六章是电离平衡，学生较易接受，难度不大，列其三。难度最大的第七、八章物质结构放在整个教材的中间。第九章到第十二章是络合物、氧化还原、元素及其化合物，难度又缓和下来。最后以吸附和胶体结束。

三、把当前和长远的需要结合起来。增添了热力学基础知识；加深物质结构理论和适当扩大胶体知识；努力使电离平衡、沉淀—溶解平衡、配位平衡和氧化还原平衡有机地联系起来；加强基础理论对元素及其化合物性质的阐述，力图理论与实践能够较好地结合。

四、每章前有内容提要和学习要求。每章后有小结、复习思考题和习题。

本教材讲授时间为75学时，实验25学时，另编实验讲义，共需100学时。讲授时间具体安排如下，以供参考。

内 容	学 时
第一章 基本概念和定律	2
第二章 水和溶液	5
第三章 化学反应的热效应	4
第四章 自由能和化学平衡	6
第五章 化学反应速度	4
第六章 电离平衡	8
第七章 原子结构和元素周期系	8
第八章 化学键和分子结构	10
第九章 氧化还原反应	6
第十章 配位化合物	6
第十一章 非金属元素选述	6
第十二章 金属元素选述	4
第十三章 吸附和胶体	6

共75学时

参加本书编写的有山东农学院游浩同志（编写第一、二、六、七、八章），浙江农业大学叶锡模同志（编写第三、四、五章），陈尊三同志（编写第九、十一、十二章），南京农学院徐咏芝同志（编写第十、十三章）。全书由陈尊三和游浩两同志统稿。本书还承蒙南京农学院、浙江农业大学、山东农学院有关同志提出很多宝贵意见，特表感谢。

1982年12月

目 录

第一章 基本概念和定律	1
§ 1—1 物质的组成	2
§ 1—2 原子量、分子量、摩尔	6
§ 1—3 克当量和当量定律	9
§ 1—4 理想气体定律	15
本章小结	24
复习思考题	27
习题一	29
第二章 水和溶液	31
§ 2—1 水分子的结构和特殊的物理性质	32
§ 2—2 溶液的浓度	34
§ 2—3 稀溶液的依数性	45
§ 2—4 强电解质溶液	59
本章小结	66
复习思考题	68
习题二	70
第三章 化学反应的热效应	73
§ 3—1 几个基本概念	74
§ 3—2 热力学第一定律	77
§ 3—3 焓和热化学方程式	83
§ 3—4 盖斯定律	87
§ 3—5 标准生成热和标准燃烧热	89

本章小结	97
复习思考题	98
习题三	99
第四章 自由能和化学平衡	102
§ 4—1 化学反应的自发性	102
§ 4—2 混乱度和熵	104
§ 4—3 自由能	109
§ 4—4 化学平衡	118
§ 4—5 自由能变与化学平衡	127
§ 4—6 化学平衡的移动	133
本章小结	139
复习思考题	140
习题四	142
第五章 化学反应速度	145
§ 5—1 化学反应速度和反应机理	145
§ 5—2 化学反应速度理论	150
§ 5—3 化学反应速度与浓度的关系	155
§ 5—4 化学反应速度与温度的关系	159
§ 5—5 化学反应速度与催化剂的关系	162
本章小结	167
复习思考题	169
习题五	170
第六章 电离平衡	173
§ 6—1 弱酸和弱碱的电离平衡	174
§ 6—2 同离子效应和盐效应	180
§ 6—3 缓冲溶液	184
§ 6—4 盐类的水解	196
§ 6—5 酸碱质子理论	206

§ 6—6 沉淀—溶解平衡	211
本章小结	224
复习思考题	228
习题六	230
第七章 原子结构和元素周期系	235
§ 7—1 氢原子光谱和波尔理论	236
§ 7—2 波函数和原子轨道	241
§ 7—3 几率密度和电子云	249
§ 7—4 四个量子数	257
§ 7—5 原子中电子的排布	262
§ 7—6 元素周期系和原子的电子层结构	270
§ 7—7 元素性质的周期性递变和原子结构的关系	282
本章小结	291
复习思考题	295
习题七	297
第八章 化学键和分子结构	299
§ 8—1 离子键	300
§ 8—2 共价键	306
§ 8—3 分子轨道理论简介	314
§ 8—4 杂化轨道理论	327
§ 8—5 价层电子对互斥理论	334
§ 8—6 分子极性、分子间的作用力和氢键	344
§ 8—7 离子的极化	352
§ 8—8 晶体结构	358
本章小结	364
复习思考题	368
习题八	369
第九章 氧化还原反应	373

§ 9—1 氧化还原反应的基本概念	374
§ 9—2 氧化还原反应式的配平	380
§ 9—3 原电池与电极电位	384
§ 9—4 标准电极电位	389
§ 9—5 影响电极电位的因素	396
§ 9—6 电极电位的应用	401
§ 9—7 电动势与自由能变化	406
本章小结	412
复习思考题	413
习题九	415
第十章 配位化合物	418
§ 10—1 配位化合物的基本概念	419
§ 10—2 配位化合物的价键理论	424
§ 10—3 晶体场理论简介	430
§ 10—4 配位平衡	442
§ 10—5 螯合物	456
§ 10—6 配位化学的应用	459
§ 10—7 酸碱的电子理论	462
本章小结	467
复习思考题	468
习题十	470
第十一章 非金属元素选述	472
§ 11—1 卤素	473
§ 11—2 元素电位图	486
§ 11—3 氧和硫	490
§ 11—4 无机酸的酸性	502
§ 11—5 氮、磷和砷	506
§ 11—6 碳、硅和硼	520

§ 11—7 大气的污染	532
本章小结	536
复习思考题	537
习题十一	539
第十二章 金属元素述	542
§ 12—1 钾、钠、钙和镁	542
§ 12—2 锡和铅	552
§ 12—3 副族元素概述	555
§ 12—4 铜、银、锌和汞	562
§ 12—5 钒、铬、钼和锰	566
§ 12—6 同多酸和杂多酸	570
§ 12—7 铁和钴	574
§ 12—8 金属元素的环境化学	576
本章小结	580
复习思考题	581
习题十二	582
第十三章 吸附与胶体	585
§ 13—1 分散系和分散度	586
§ 13—2 表面能	589
§ 13—3 固体对气体的吸附	591
§ 13—4 溶液内固—液界面上的吸附	594
§ 13—5 溶胶的性质	599
§ 13—6 胶团的结构	608
§ 13—7 溶胶的双电层结构和电动电位	610
§ 13—8 溶胶的稳定性和聚沉	612
§ 13—9 高分子化合物溶液	619
§ 13—10 凝胶	623
§ 13—11 表面活性物质和乳浊液	626

本章小结	631
习题十三	633
附录	635
一、希腊字母和符号	635
二、基本单位及常用常数	636
三、国际原子量表(1973)	637
四、在20°C时强酸溶液的密度	639
五、在20°C时常用碱溶液的密度	640
六、一些物质的标准生成热、标准生成自由能和标准熵的数据	641
七、无机酸、碱在水中的电离常数	644
八、难溶化合物的溶度积(K_{sp})	646
九、标准电极电位表(25°C)	648
十、四位对数表	652
习题答案	654
参考资料	660

第一章 基本概念和定律

人们在长期的生产斗争和科学实验过程中，观察到多种多样的、形形色色的化学现象。这些化学现象通过人们反复的思考、比较和归纳，总结出一些重要的化学概念和定律。这些化学概念和定律又反过来指导实践。就生物科学的范围来说也是如此：在研究生物体内生理生化过程中的物质代谢、能量转化以及大气中各气体的分压对生物生活的影响等，都要涉及到一些化学基本概念和定律。因此，在开始学习本课程时，对有关的化学基本概念和定律进行复习和加深是有必要的。本章的基本内容是：物质的组成（分子、原子、离子、元素、核素、同位素）、原子量、分子量、摩尔、克当量以及有关气体定律。学习的目的是：

1. 在中学化学知识的基础上，进一步深刻理解各有关化学基本概念，并能正确地运用。

2. 通过有关“物质的量”的学习，要求既弄清概念，又能熟练地进行有关计算。

3. 进一步加深有关气体定律的理解和应用，并能熟练地进行计算。

§1—1 物质的组成

早在两千多年前，人们为了解释自然界里所发生的各种现象，就提出了万物是由什么组成的问题。随着生产力的发展和近代科学水平的提高，一些纯朴的臆测和假设，在实践中不断地得到纠正、补充和完善，终于认识到物质是由分子、原子、离子和基本粒子组成的。以此出发，产生了元素、核素和同位素的概念。

一、分子、原子、离子和基本粒子

众所周知，水在不同的温度下，能变成水蒸气，也能凝结成冰，呈现出气、液、固三种不同的状态，但水的化学性质并没有改变。假如我们可以用一种特殊的方法，把一滴水一半一半地分割下去，终于得到一个不致使水的化学性质发生改变的微观的最小微粒，这个微粒就是水分子。如果我们把水电解，就产生氢气和氧气，于是水的化学性质就发生了改变。这是因为水分子被破坏分解成更小的微粒，这些微粒就是氢原子和氧原子，它们重新组成新物质的分子——氢气分子和氧气分子。从以上水的变化实例可知：分子是保持物质化学性质的最小微粒。原子是参加化学反应的最小微粒。在一定条件下，原子得、失电子就形成简单的带电荷的粒子，称为离子。带正电荷的离子称正离子，带负电荷的离子称负离子。但在许多化合物中，还有许多由多原子组成的、复杂的正、负离子。

为了正确理解组成物质的分子、原子和离子的概念，应

注意如下几个问题：

1. 分子是保持物质化学性质的最小微粒，而不保持物质的物理性质。分子一旦分裂成原子，原物质的化学性质就发生改变。物质的物理性质是由无数分子的聚集状态不同而引起的，如熔点、沸点、密度、硬度等。

2. 在化学反应中，一种分子可以变成另一种分子，而一种原子不可能变成另一种原子，因为在化学反应中原子核不发生变化。在一定条件下，原子和离子能互相转化。

3. 分子能单独存在，保持原物质的化学性质。原子或离子在一般情况下不能单独存在，不一定保持原物质的化学性质。

4. 分子、原子和离子都在不断地运动着，都是组成物质的微粒。有的物质由分子组成，如水、二氧化碳等；有的物质由原子组成，如金刚石、石墨等；有的物质由离子组成，如氯化钠、氯化钾等。

原子还可以再分，它由电子和原子核组成，但这还不是最后微粒。本世纪初，发现原子核是由更小的微粒——质子（带正电荷）和中子（呈电中性）组成的。随着物理科学技术的发展，在核的自发衰变、宇宙射线和高能核裂变的实验中，陆续发现光子、正电子（带正电荷）、反质子（带负电荷）、 μ 子（有带正电荷、也有带负电荷）、 π 介子（有带正电荷、也有带负电荷）等三百多种微粒，这些微粒和电子、中子、质子等统称为“基本粒子”。这些基本粒子之间还存在着复杂的互相作用，在一定条件下能互相转化，如电子和正电子能互相作用产生光子。质子和中子也可以互相转化。因此，所谓“基本粒子”实际上并不基本，它们不过是

物质分割中的各个不同的层次。基本粒子是否可以再分？虽然现在科学水平尚不能证实这一点，但不能形而上学地认为基本粒子内已不存在矛盾。任何物质都是无限可分的。人类对物质世界的认识也是无穷尽的。

二、元素、核素和同位素

人们对各种不同的物质，从原子的角度来进行比较和分类，把在不同物质中同种类的原子称为元素。例如氧气(O_2)、二氧化碳(CO_2)、氢氧化钠($NaOH$)和碳酸钠(Na_2CO_3)等不同的物质，它们都含有氧原子，称为氧元素。此后，人类揭开了原子核的秘密，发现同种元素的原子，原子核里都含有相同的质子数（核电荷数）。因此，对元素的概念就更有本质的认识。元素就是原子核里质子数（核电荷数）相同的一类原子的总称。到现在为止，人们已经发现的化学元素有106种，宇宙万物都是由这些元素的原子组成的。元素在自然界中的存在有两种形式：一种是游离态，存在于单质之中。一种是化合态，存在于化合物之中。它们存在的形式不同，性质也不同。

同种元素的原子核里含有相同数目的质子，但往往还含有不同数目的中子，以致在同一种元素里有几种不同质量数的原子。例如碳元素，其中有一种核里含有6个质子和6个中子、质量数为12的碳原子；还有一种核里含有6个质子和7个中子、质量数为13的碳原子；还有一种核里含有6个质子和8个中子、质量数为14的碳原子。我们把这种具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子，或者说具有质量数相同的一种原子，称为核素。质量数为12的一种碳原子称

碳—12核素，写成 ^{12}C 核素；质量数为13的一种碳原子称碳—13核素，写成 ^{13}C 核素；质量数为14的一种碳原子称碳—14核素，写成 ^{14}C 核素。具有多种核素的元素称多核素元素，如碳元素有 ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C 三种核素。只有一种核素的元素称单核素元素，如天然钠元素只有一种 ^{23}Na 核素。自然界中存在的元素大多数是多核素元素。

在多核素元素中的各核素，原子核里的质子数相同而中子数不同，在周期表上占同一位置，这些核素互称为同位素。如氮元素有三种核素，即氮—13核素；氮—14核素；氮—15核素。它们核里的质子数都是7，而中子数分别为6、7、8，在周期表上占同一位置。它们互称同位素，写成 ^{13}N 、 ^{14}N 、 ^{15}N 。同位素是稳定的称稳定同位素，具有放射性的称放射性同位素。如碳有三种同位素， ^{12}C 和 ^{13}C 为稳定同位素， ^{14}C 为放射性同位素。

同位素在农业上的应用已日益被重视，特别是放射性同位素，它可用来进行辐射育种。如将放射性同位素 ^{60}Co 放射出的 γ 射线照射在种子上，引起种子内部遗传性的改变，产生各种各样的变异，选出与培育出优良品种。还可利用放射性同位素研究生物体内复杂的生理生化过程。例如研究施肥效果，可将含有放射性同位素 ^{32}P 的磷肥，施在两株成熟期的棉花上，一株施在根部，另一株喷洒在叶子上。然后分别测定各棉株的放射性强度。发现喷射在叶子上的棉株放射性同位素含量比根部施肥的多。这说明叶子吸收和输送磷肥比根部快，所以在棉花成熟期防止棉铃脱落多采用叶上喷射法称根外施肥法。这种利用放射性同位素的科学实验方法，就好象把原子数上“标记”，无论在什么地方都能找到它，