

高等农业院校試用教材

无机化学

上册

北京农业大学无机及
分析化学教研組編

土壤农化专业用

612
农业出版社

高等农业院校試用教材

無 机 化 学

上 册

北京农业大学无机及分析化学教研組編

江苏工业学院图书馆

藏 书 章 土壤农化专业用

农 业 出 版 社

高等农业院校試用教材
无 机 化 学
上 册

北京农业大学无机及分析化学教研組編

农 业 出 版 社 出 版

北京老錢局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 106 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 K13144·74

1953 年 10 月北京原人数型	开本 787×1092 毫米
1959 年 11 月初版	三十二分之一
1963 年 7 月北京第六次印刷	字数 432 千字
10,601—12,600 册	印张 十七又四分之一二插页
7 月入教社共印 22,000 册	定价 共两册(7)一元四角

序

本書基本上是根据前高等教育部 1955 年頒布的高等农林学校土壤农化和农业化学(农药)专业适用的无机化学教学大綱編写的。編写时曾將教学大綱內容的次序作了一些改变。在广度方面,增加了惰性气体、鑷系和銅系元素的簡要叙述,最后并增添原子核一章,对各类核反应和原子能的和平利用作了概括的介紹。深度方面,原子和分子的结构以及相应地从物質结构观点說明元素特性的部分,解說較为詳細,內容略有加深,以求适应专业課程和农业生产实践对基础理論知識日益增长的需要。

根据教学大綱的精神,本課程应随时注意培养学生的爱国主义和国际主义以及馬克思列宁主义的世界观,并应注意宣传、解释和貫徹党的有关方針政策。我們在有关各章中都會注意到这一点,并作了一定的努力。

关于結合专业和联系农业生产实践方面,本書中除了着重講述与专业有关的基础理論知識及其应用实例以外,并注意从无机化学的观点来討論一些有关农业化学(主要是化学肥料、农用葯剂和微量元素)的重要問題,包括土法生产的原理。

为了便于学生在規定時間內学习到最主要的內容,本書分大小两种字体排印。小字部分除表格、例題和习题外,都是基本內容的补充和加深,学生可以根据教师的指定和本人自学条件斟酌閱讀。某些大字部分也可以根据不同专业的需要作适当的取舍。

由于編写仓促和編者水平所限,本書中一定有不少欠妥和錯誤之处,敬盼讀者来函指正。

北京农业大学无机及分析化学教研組

1959 年 7 月

目 录

序	ix
第一章 緒論	1
§ 1-1 化学研究的对象和方法	1
§ 1-2 化学的重要性	3
§ 1-3 化学发展的主要阶段	6
§ 1-4 我国化学现状	14
习题	16
第二章 原子-分子論	17
§ 2-1 原子-分子論的起源	17
§ 2-2 元素化合的重量关系	19
§ 2-3 原子論	21
§ 2-4 关于气体性質的定律	23
§ 2-5 分子論	25
§ 2-6 原子量、分子量和当量。原子价	30
§ 2-7 气态物質分子量的測定	32
§ 2-8 原子量的測定	35
§ 2-9 化学式和化学方程式	38
§ 2-10 原子-分子論的重要性——本章总结	42
习题	45
第三章 原子結構	48
§ 3-1 原子結構的复杂性	48
§ 3-2 原子模型	50
§ 3-3 核电荷	52
§ 3-4 电子的排布	53
§ 3-5 电子的状态	56
§ 3-6 原子核的組成	67
习题	69
第四章 分子結構	71
§ 4-1 化合价和化学鍵	71
§ 4-2 离子鍵	73
§ 4-3 共价鍵	76

§ 4-4 配价键	82
§ 4-5 分子的类型	87
§ 4-6 分子的极化和分子間的力	90
§ 4-7 离子的极化	93
固体的结构	96
§ 4-8 晶体的结构	97
§ 4-9 晶系	104
习题	107
第五章 元素周期系	109
§ 5-1 元素分类的演进	109
§ 5-2 門捷列夫周期律	111
§ 5-3 周期表的结构	115
§ 5-4 周期律的发展	119
§ 5-5 周期系元素的性質与原子结构的关系	126
§ 5-6 周期律在近代自然科学中的作用	133
习题	135
第六章 空气、惰性气体、氧	137
§ 6-1 空气	137
§ 6-2 惰性气体	139
§ 6-3 氧	142
§ 6-4 臭氧	145
习题	147
第七章 氢和水	148
§ 7-1 氢	148
§ 7-2 水	154
§ 7-3 重水	160
§ 7-4 过氧化氢	161
习题	163
第八章 化学反应速度和化学平衡	164
§ 8-1 化学反应速度	164
§ 8-2 影响化学反应速度的因素	165
§ 8-3 活化能和反应速度	170
§ 8-4 不均匀系的反应速度	173
§ 8-5 可逆反应与化学平衡	176
§ 8-6 化学平衡的移动	180
习题	186

第九章 溶液	188
§ 9-1 溶液和溶解过程	188
§ 9-2 溶液的浓度	190
§ 9-3 溶度	194
稀溶液的通性	197
§ 9-4 溶液的蒸气压	198
§ 9-5 溶液的沸点和凝固点	199
§ 9-6 溶液的渗透压	202
习题	205
第十章 电离和离子平衡	208
§ 10-1 阿仑尼乌斯的电离理论	208
§ 10-2 电离过程	210
§ 10-3 从电离理论来看酸、鹼、盐	213
§ 10-4 电离度	215
§ 10-5 弱电解质的电离常数	220
§ 10-6 强电解质在溶液中的状况	224
§ 10-7 同离子效应和缓冲溶液	226
§ 10-8 离子反应和离子方程式	231
§ 10-9 水的电离。pH 值	234
§ 10-10 酸鹼中和	238
§ 10-11 盐类水解	240
§ 10-12 溶度积	245
§ 10-13 沉淀的生成和溶解	247
习题	250
第十一章 卤素	252
§ 11-1 卤素的通性	252
§ 11-2 卤素的存在、制备和用途	257
§ 11-3 卤化氢	259
§ 11-4 卤化物	262
§ 11-5 含氟杀虫剂	264
§ 11-6 卤素的含氧化合物	266
§ 11-7 类卤素	268
§ 11-8 氧化-还原反应	271
§ 11-9 氧化-还原反应方程式的配平	276
习题	278
第十二章 氧族元素	280
§ 12-1 氧族元素的通性	280

§ 12-2 硫的存在和制备	282
§ 12-3 硫的性质和用途	283
§ 12-4 硫化氢、硫化物和多硫化物	286
§ 12-5 硫的含氧化合物	289
§ 12-6 硒、碲、钋及其化合物	296
§ 12-7 催化作用	299
习题	305
第十三章 氮族元素	307
§ 13-1 氮族元素的通性	307
§ 13-2 氮的存在、制备和性质	310
§ 13-3 氨和铵盐	311
§ 13-4 氮的氧化物	316
§ 13-5 氮的含氧酸及其盐类	319
§ 13-6 氮在自然界中的循环	324
§ 13-7 氮肥	326
§ 13-8 磷的存在和性质	329
§ 13-9 磷的含氧化合物	331
§ 13-10 磷肥·我国化学肥料工业的发展	334
§ 13-11 砷、锑、铋的存在和性质	338
§ 13-12 砷、锑、铋的重要化合物	339
§ 13-13 含砷杀虫剂·我国农药事业的发展	342
习题	345
第十四章 碳族元素	346
§ 14-1 碳族元素的通性	346
§ 14-2 碳的存在、性质和用途	348
§ 14-3 吸附作用	352
§ 14-4 碳的氢化物和含氧化合物	354
§ 14-5 碳的其他化合物	360
§ 14-6 硅及其化合物	362
§ 14-7 硅酸盐工业	367
§ 14-8 胶体	369
§ 14-9 锗、锡、铅及其化合物	376
习题	379
第十五章 金属概论	381
§ 15-1 金属的存在、重要性和分类	381
§ 15-2 金属晶格和金属的性质	383
§ 15-3 原电池和电极电位	386

§ 15-4 电解	391
§ 15-5 金屬的冶炼	394
§ 15-6 金屬的腐蝕及其防止	397
§ 15-7 合金	401
习题	404
第十六章 周期系第 I 类元素	406
鹼金屬	406
§ 16-1 鹼金屬的通性	406
§ 16-2 鹼金屬的存在、提炼和用途	408
§ 16-3 鹼金屬的重要化合物	410
§ 16-4 鉀肥	414
銅族元素	417
§ 16-5 銅族元素的通性	417
§ 16-6 銅族元素的存在、冶炼和用途	419
§ 16-7 銅族元素的主要化合物	422
絡合物	424
§ 16-8 絡合物的結構	424
§ 16-9 絡合物中化学鍵的本質	427
§ 16-10 絡合物的空間結構和异构現象	428
§ 16-11 內絡物	431
§ 16-12 絡合物的安定性和絡离子的电离平衡	432
习题	434
第十七章 周期系第 II 类元素	435
鹼土金屬	435
§ 17-1 鹼土金屬的通性	435
§ 17-2 鹼土金屬的存在、冶炼和用途	437
§ 17-3 鹼土金屬的重要化合物	439
§ 17-4 硬水及其軟化	443
鋅族元素	446
§ 17-5 鋅族元素的通性	446
§ 17-6 鋅族元素的存在、冶炼和用途	448
§ 17-7 鋅族元素的重要化合物	449
习题	452
第十八章 周期系第 III 类元素	453
第 III 类主族元素	453
§ 18-1 硼族元素的通性	453

§ 18-2 硼及其化合物	455
§ 18-3 硼肥。微量元素	458
§ 18-4 铝的存在、冶炼和用途	459
§ 18-5 铝的重要化合物	462
§ 18-6 两性氢氧化物	463
§ 18-7 镓、铟、铊及其化合物	466
第 III 类副族元素	467
§ 18-8 钪、钇、镧、铈的通性	467
§ 18-9 镧系元素	468
§ 18-10 铈系元素	472
习题	474
第十九章 周期系第 IV、V、VI、VII 类副族元素	475
§ 19-1 周期系第 IV 至 VII 类副族元素的通性	475
§ 19-2 钛族	479
§ 19-3 钒族	481
§ 19-4 铬族	483
§ 19-5 锰族	488
习题	491
第二十章 周期系第 VIII 类元素	493
铁系元素	493
§ 20-1 铁、钴、镍的存在和冶炼	493
§ 20-2 铁、钴、镍的性质和用途	501
§ 20-3 铁、钴、镍的重要化合物	503
铂系元素	507
§ 20-4 铂系元素及其化合物	507
习题	509
第二十一章 原子核	511
§ 21-1 放射性	511
§ 21-2 核反应	514
§ 21-3 示踪原子在农业生物学上的应用	522
习题	526
索引	527

第一章 緒論

§ 1-1. 化学研究的对象和方法

化学是研究物質本性和它的变化的科学。它的研究对象包括物質的产源、提取、制备、物質的組成、結構、性質、变化、以及相关的現象、規律和原因。現在由于化学的发展，這門科学已分成多种專門性的分支——无机化学、有机化学、物理化学、胶体化学、生物化学、分析化学、制备化学等。这些分支是相互联系、互相渗透的，共同組成成为現代化学的一个有机整体。

物質是不依賴于人类意識而为意識所反映的客觀現實。物質永远处于不断运动、变化、发展的过程中。运动是物質存在的形式。物質运动的形态很多，如位移、加热和冷却、光的发射、电流以及化学变化、生命和思維过程都是物質运动的不同形态。各种运动形态各有不同的本質，相应地就有各种自然科学。例如，物理学研究位移、热、光、电；化学研究化学变化；生物学研究生命过程；社会科学的特征是涉及思維运动。物質运动形态之間可以互相轉化，这証明各种运动形态是統一的，是互相紧密联系的。較高級的运动形态常伴随着較低級的运动形态。但必須指出，每一种的物質运动形态各有其質的特殊性，不能把一种运动形态机械地归結为另一种形态。由此可見各門科学之間是有密切联系的，然而也是各有其特殊位置的。

物質包括实物和場。实物是在一定条件下具有一定物理性質的个别物質的一种形态。一般說来，实物有靜止質量，亦有运动質量。場只有运动質量，沒有靜止質量。除电磁場（包括可見光綫和看不見的无綫电波、紅外綫、紫外綫、倫琴射綫， γ -射綫等）和引力場外，还有原子核

內場等。化学研究的物質是实物。因此，本書所說的“物質”，一般系指“实物”而言。

各种元素的单質、化合物、混和物都是实物。根据实物的性質可以識別每一种实物。实物經歷各种变化后，有的沒有新实物的生成，而只是一些物理性状的改变，这种变化叫做物理变化；有的有新的实物生成（实物組成的質变），这种变化叫做化学变化，或化学反应。化学反应常伴随着热量（或光或电）的变化，这說明在实物变化的同时必有能量变化发生。

研究化学也和研究其他科学一样，首先是从观察和記述現象开始，繼而找出这些現象的內在規律，以說明現象；进而运用这些客觀規律，使自然界的变化和潛在力量为人类服务，为社会造福。为了要洞察現象及其本質、闡明引起这些現象的原因、确定在什么条件下这些現象可能发生，就必须进行实验，使这些現象在便于研究的条件和环境下出現。实验所得的数据和事实，經過分析和綜合，可能归納得出定律。定律是物質在一定条件下发展的某些基本的联系。定律必須經得住实践的考驗。实践是檢驗真理的唯一标准。最后，为了說明所得的定律，把許多現象用一个总的概念概括起来，常常需要提出假說。如果假說不仅可以解釋某些現象，而且还可以推导出合乎事实的結論，預測出新的現象，則假說就成为理論，或称学說；否則即須加以修正补充，甚或把它摒弃。由于理論是从实践中綜合出来的，所以它能更深入、正确地說明事物現象，并进一步指导实践；而理論本身也要回到实践中去考驗，并在新的基础上获得不断发展。應該指出，学說和理論并非絕對正确，而只是接近于真实；接近的程度則相当于一定时期的科学技术水平。但是学說和理論的近似性并不削弱它們的客觀意义。

在認識自然、了解客觀規律之后，还必须运用这些規律以能动地征服自然，改造自然。这就是說，科学要为生产服务，为人民服务。因此，我們学习和研究化学，必須結合专业和生产，为祖国的偉大的社会主义

建設服务,为加速到达共产主义社会的美好将来而努力。

这种正确的学习和研究的方法和态度,在毛主席的“实践論”里已作精辟的总结:“通过实践而发现真理,又通过实践而证实真理和发展真理。从感性認識而能动地发展到理性認識,又从理性認識而能动地指导革命实践,改造主观世界和客观世界。实践、認識、再实践、再認識,这种形式,循环往复以至无穷,而实践和認識之每一循环的内容,都比較地进到了高一級的程度。”^①

§ 1-2. 化学的重要性

化学,不論在国民經济中、在有关的科学研究中、或者在建立辯証唯物主义世界观中都起着非常重要的作用。

化学在我国社会主义經济建設中的意义

文化是社会的經济和政治的反映,它必須为政治和經济建設服务。化学工作,不論生产、研究或教学工作,也不論是那个化学分支,都必須根据政治和經济建設的实际需要出发。

社会主义工业化是我国社会主义建設时期的重要任务,其中心环节是优先发展鋼鉄、机器制造、电力、燃料、有色金屬、基本化学等重工业。化学就首先要为建設这些重工业服务。重工业的建設是与化学和化学工业有密切关系的。例如,在勘探矿藏資源时需要了解地壳中元素的性質及其分布規律;采得的大批样品也須經過化学鉴定,以确定其开采价值;在开采矿石时需要大量的炸藥和雷管;由矿石提炼鋼鉄和有色金屬,本身就是一种化学过程;提炼时还需用大量的硫酸、盐酸、氯、純碱和燒碱等;在冶炼过程中还要应用各种化学分析以保証金屬的質量。对于我国盛产的各种元素,如銻、鎢、鉬、錫、硼、氟、稀土金屬等,尤

^① “毛澤东选集”,第一卷,第285頁,人民出版社,1952年。

需进行大规模的化学研究,以改进提炼和化学加工方法,并找寻新的用途。在原子能和平利用和喷气技术的发展方面,需要提供耐高温、高压的合金材料、稀有金属、同位素材料、喷气燃料等,这些材料的研究和创制,也是与化学分不开的。至于基本化学工业——化学肥料、酸、碱、盐、染料、炸药、橡胶、塑料、化学纤维、油漆、药剂等工业的建立和发展,以及新产品的试制和工业副产品及废物的利用等问题,则更直接地需要化学的知识和化学工业的技术。

在全国范围内建立人民公社以来,不仅大大推动了我国农业生产的飞跃发展,而且成千上万的工厂也在农村中兴建起来了。化学为农业生产服务所起的作用愈来愈明显了,其主要方面包括下列各项:

- (1) 肥料的施用、土壤的化学改良、污水的利用和合理灌溉;
- (2) 保护植物使不受害虫、病菌、啮齿类动物的侵害(杀虫剂、杀菌剂、杀鼠剂等的利用);
- (3) 调节动植物有机体内部的生理过程(生长刺激剂、抗菌素制剂、愈合剂、抑制发芽剂、枯干剂、脱叶剂、除莠剂等的运用);
- (4) 利用饲养剂和保健剂(维生素、微量元素、畜用药物的供应,用化学肥料繁殖浮游生物)以提高畜、禽、鱼产品的生产;
- (5) 农牧业产品的保藏和防腐,仓库的消毒;
- (6) 农、林、畜、鱼、产品的加工及副产品和废物的利用,尤其是动植物原料的综合利用。

由于人民生活水平的不断提高,日常必需品——油脂、盐、糖、酱、茶、酒、酒精、肥皂、碱、染料、化学纤维、皮革、玻璃和塑料制品、保健药品等等的生产必须不断增长,其中有很多是需要通过化学研究而加以生产的。

总之,不论在人民生活水平的提高方面,或是在保卫和平的事业上,化学都起着极其重要的作用。

化学在农业課程和农业科学研究中的意义

化学在一系列的农业課程和农业科学研究工作中占有重要的地位。显然,化学(包括无机及分析化学、有机化学、生物化学、物理化学等)与土壤学、农业化学、农业化学研究法、植物化学保护、动植物生理学、农园畜产品貯藏加工学、飼料分析等課程有十分密切的关系。例如,学习土壤学必須研究土壤的肥力,土壤的形成、結構、性質、分类、改良、利用等問題,随时都需要各門化学的基础知識。又如学习生理学必須了解有机体的新陳代謝作用,而这正是生物化学研究的主题之一;在研究代謝作用时又必然涉及有机化学和无机及分析化学。因此,这些有关課程就組成为一个不可分割的体系。

此外,有一些农业課程或工作看来似乎与化学沒有直接关系,但在实际上学习这些課程或从事这些生产和研究工作时也須具有一定的化学基础。例如,我們改良粮、棉品种,不仅要提高单位面积的产量,还要进一步提高产品的品質。什么是品質,怎样去鉴定,这就涉及化学上的問題。又如研究油料作物或糖类作物在什么时候收获才能获得最高的油、糖产量,以及研究栽培耕作方法和病虫害对于产品品質的影响等問題,也常常需要具备化学的知識和技能。

化学在建立辯証唯物主义世界观中的意义

“化学可以称为研究种种物体由于变化了的量的构成而发生的質的变化的科学”。^① 化学的許多基本定律都說明物質的組成和性質的改变是跳跃式的突变,这种質的变化是由量的变化引起的。門捷列夫周期律不仅揭露了元素的性質与其原子量之間的关系,并清楚地表明一切元素是有內在联系的統一整体,它的发展过程是由簡單到复杂、由低級到高級的周期性轉化。

^① 恩格斯:“自然辯証法”,第42頁,人民出版社,1955年版。

列宁在說明矛盾的普遍性时，指出原子的化合和分解构成了矛盾的两个对立面。一切化学平衡都是动态平衡，是反应物和生成物不断往返变化的趋势相等时构成的平衡。这說明物質运动是絕对的，靜止是相对的、暫时的、有条件的，更生动地說明了矛盾的对立面的斗争和統一。此外，一种化学理論(例如，原子結構理論、元素周期律、电离理論、强电解質理論等)的建立，也总是通过矛盾的斗争而发展的。另一方面，矛盾也有其特殊性。例如，每个化学反应都是在特定条件下进行的；相同的反应物，在不同条件下可能生成完全不同的生成物。因此，研究各种反应的現象和規律，必須根据具体条件来分析考虑。

辯証規律不是从外面帶到自然界中去的，而是在自然中找到了它們，并且把它們从那里抽引出来的。換句話說，唯物主义的世界观不过是对自然界本来面目的了解，而不附加以任何外来的成分。化学正象其他科学一样，在提供生动的例証来协助建立辯証唯物主义世界观方面，起着很重要的作用。反过来說，学习辯証唯物主义和掌握自然界中最普遍的規律，对于化学的学习和研究也是很重要的。

以上各点說明了化学的重要性。因此，化学課程在高等农业院校的教學計劃中占有一定的比重。**无机化学**是在培养各类农学家的过程中首先要念的一門基础的化学課程，它是与分析化学、物理化学及胶体化学、有机化学和生物化学等課程直接联系的。学习无机化学的要求是：在門捷列夫周期律和現代物質結構概念的理論基础上，用辯証唯物主义的世界观去研究元素及其无机化合物的結構和性質、制备和利用，以及化学变化的基本原理。作为一門基础課，本課程必須注意它的科学系統性和完整性，加强系統理論和实验操作技术的訓練；与此同时，也必須正确地結合专业，紧密联系生产实践。

§ 1-3. 化学發展的主要阶段

科学的产生和发展主要是由生产所决定的。物質資料的生产方式

决定了社会的本质，而社会本质又决定了科学的发展。因此，化学发展的主要阶段显然符合于社会发展的分期：原始公社；奴隶制社会；封建社会；资本主义社会；社会主义和共产主义社会。

在原始公社时期，人类第一个化学上的发明是火。这大约是公元前 5 万年的事。

实用和自然哲学时期 约在公元前 3000 年，人类开始进入奴隶制社会。相应地，在化学发展上是以实用化学工艺为特征的所谓实用时期（公元前 3000 年到纪元前后）。同时有所谓“原性”的自然哲学兴起。

在这时期中，埃及在公元前二、三千年间，就能制造贵金属、玻璃和染料；巴比伦在公元前 3000 年能从矿石提炼铁、铜、铅、银。我国在实用化学方面也有不少独特的创造。三代时（公元前 2500—2000 年）已独立发明青铜（铜和锡为主的合金）的冶炼；战国时代（公元前 400 年）又独立发明了炼铁的方法，到了汉代（公元前 206 年——公元后 220 年）已进入用铁的全盛时期。不仅如此，早在战国时代，我国人民已知合金中的组成和成分能引起某种性质（如色泽、硬度等）的差别而予以不同的利用。至于陶业，早在新石器时代已有精美的陶器，到了殷代釉陶和白陶都是举世闻名的。东汉末年（公元二世纪）我国就发明了敷釉的瓷器，比欧洲的制瓷业要早 1400 年。纸的制造也是我国伟大发明之一。有理由相信，在东汉蔡伦改进造纸法（公元 105 年）之前，约当西汉（公元一世纪）之际，民间已有用蚕丝造纸的方法了。此外，漂染、发酵、酿造的发展更早，并早有专官管理。漆的加工和利用为时甚早，近年在长沙发掘的古墓中就有不少战国时的精美漆器遗物。

在这时期中，人们对自然的来源和构成问题也有一些臆测——自然哲学的兴起。我国在商末（公元前 1000 多年）和春秋战国时代（公元前 600—260 年）就有不少哲学家对自然现象有较深刻的注意（§ 2-1）。西方自然哲学的发生较晚（约后 300 年），其中最著明的是亚里斯多德（Aristotle，公元前 384—322 年）的“原性”哲学。他认为基本物质（“元