



刑事科学技术“十二五”国家级实验教学示范中心建设系列教材

大学化学

DAXUE HUAXUE

主编◎姜 红



中国人民公安大学出版社

刑事科学技术“十二五”国家级实验教学示范中心建设系列教材

大学化学

姜 红 主编

中国人民公安大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

大学化学/姜红主编. —北京: 中国人民公安大学出版社, 2014. 12
刑事科学技术“十二五”国家级实验教学示范中心建设系列教材
ISBN 978-7-5653-2114-6

I. ①大… II. ①姜… III. ①化学—高等学校—教材 IV. ①06
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 302258 号

大学化学

姜 红 主编

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

印 刷: 北京通天印刷有限责任公司

版 次: 2015 年 2 月第 1 版

印 次: 2015 年 2 月第 1 次

印 张: 32.25

开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

字 数: 612 千字

书 号: ISBN 978-7-5653-2114-6

定 价: 95.00 元

网 址: www.cppsups.com.cn www.porclub.com.cn

电子邮箱: zbs@cppsu.com zbs@cppsu.edu.cn

营销中心电话: 010-83903254

读者服务部电话 (门市): 010-83903257

警官读者俱乐部电话 (网购、邮购): 010-83903253

综合分社电话: 010-83901870

本社图书出现印装质量问题, 由本社负责退换

版权所有 侵权必究

大学化学

主 编 姜 红

副主编 王继芬 何洪源

撰稿人 (以姓氏笔画排序)

王继芬 何洪源 姜 红

郭 鹏 阎子龙 廉 洁



总序

2012年8月,中国人民公安大学刑事科学技术实验教学示范中心被教育部批准为“十二五”国家级实验教学示范中心建设单位。实验教学示范中心建设为公安大学刑事科学技术一流人才培养体系奠定了坚实的基础和保障。按照教育部关于示范中心“要以培养学生能力为根本目标,深化实验教学改革,创新实验教学模式,建设优质实验教学资源”的要求,我们进一步完善了示范中心建设实施方案,成立了由程琳校长任学术委员会主任、刘耀院士任副主任的校内和校外相结合,公安部机关和公安基层相结合,权威专家教授为主的刑事科学技术实验教学示范中心建设学术委员会。刑事科学技术“十二五”国家级实验教学示范中心系列教材的编写,既是中心建设实施方案中的一项重要内容,也是在经过对全国公安院校和公安实战部门的充分调研,在广泛交流和研讨的基础上,组织公安院校教师及一线实战部门的刑事技术人员开展的重要工作。

本套教材以建设“综合+专长”专业特色的刑事科学技术人才培养体系为目标,以强化学生实践能力培养为核心,以刑事科学技术人才案件现场勘查、物证检验鉴定和刑事技术信息化应用“三大核心能力”训练为主线,紧密结合刑事科学技术新技术、新方法、新成果。其主要特色有:

一、突出实战应用,全面服务实践教学。在选材上,根据实践教学的需要,刑事科学新技术、新方法、新成果同步,坚决舍弃陈旧过时的内容。在教材内容编排上,力求由浅入深、循序渐进、突出重点,充分提炼科研成果和公安实战中的典型案例,教学内容既体现刑事科学技术的发展水平,又符合刑事执法教学的规律与要求。

二、采用任务驱动的编写方式。以实践案例引导出相关原理和概念,在讲



述实例的过程中将知识点融入，通过分析归纳，介绍解决刑事技术实际问题的思想和方法，然后概括总结，使本套教材内容清晰、脉络分明、可读性和操作性强；同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

本套教材凝聚了众多公安院校教师及一线实战部门的刑事技术人员的经验和智慧。这套丛书的出版，得到了教育部、公安部、中国人民公安大学以及各方的支持、关怀与帮助。在此，编委会向为本套丛书的撰写和出版付出辛勤劳动的所有人员表示衷心的感谢。

《刑事科学技术“十二五”国家级
实验教学示范中心建设系列教材》编委会
2013年10月



编者的话

大学化学是公安院校刑事科学技术专业的一门专业基础课。本书是编者根据多年来在公安院校讲授大学化学的经验的基础上,结合本学科最新进展编写而成的。本书既重视与中学化学内容的衔接,又全面、扼要地介绍了大学化学的基本知识、基本理论和基本运算,同时注意了化学学科的科学性和系统性以及与刑事科学技术实际的联系。

全书共有 21 章,分为无机化学和有机化学两大部分。前 8 章为无机化学部分,内容包括化学基础知识、化学反应的基本规律、原子结构和分子结构、四大平衡的基本计算以及常见元素及其重要化合物。后 13 章为有机化学部分,内容包括饱和烃、不饱和烃、环烃、卤代烃、含氧有机化合物、含氮有机化合物、杂环化合物和天然有机化合物的命名、结构、物理性质、化学反应及应用等。

本书适宜作为公安高等院校的教材,也可供其他院校相关师生学习和参考。

全书编写分工如下:

姜 红:绪论、第 1 章、第 3 章、第 4 章、第 7 章、第 8 章;

何洪源:第 2 章、第 5 章、第 6 章、附录;

廉 洁:第 9 章至第 14 章;

王继芬:第 15 章至第 21 章;

阎子龙:科学家的故事 1~11;

郭 鹏:科学家的故事 12~21。



本教材由主编、副主编统稿，后由主编定稿。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 3 月

元素周期表

族 周期	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII	IB	II B	III A	IVA	VA	VIA	VIIA	0 电子层 电子族数
1	H 1.008															He 氦 1s ² 4.003
2	3 Li 锂 2s ¹ 6.941	4 Be 铍 2s ² 9.012														Ne 氖 2s ² 2p ⁶ 20.18
3	11 Na 钠 3s ¹ 22.99	12 Mg 镁 3s ² 24.31														Ar 氩 3s ² 3p ⁶ 39.95
4	19 K 钾 4s ¹ 39.10	20 Ca 钙 4s ² 40.08	21 Sc 钪 3d ¹ 4s ² 44.96	22 Ti 钛 3d ² 4s ² 47.87	23 V 钒 3d ³ 4s ² 50.94	24 Cr 铬 3d ⁵ 4s ¹ 52.00	25 Mn 锰 3d ⁵ 4s ² 54.94	26 Fe 铁 3d ⁶ 4s ² 55.85	27 Co 钴 3d ⁷ 4s ² 58.93	28 Ni 镍 3d ⁸ 4s ² 58.69	29 Cu 铜 3d ¹⁰ 4s ¹ 63.55	30 Zn 锌 3d ¹⁰ 4s ² 65.39				Kr 氪 4s ² 4p ⁶ 83.80
5	37 Rb 铷 5s ¹ 85.47	38 Sr 锶 5s ² 87.62	39 Y 钇 4d ¹ 5s ² 88.91	40 Zr 锆 4d ² 5s ² 91.22	41 Nb 铌 4d ⁴ 5s ¹ 92.91	42 Mo 钼 4d ⁵ 5s ¹ 95.94	43 Tc 锝 4d ⁵ 5s ² [99]	44 Ru 钌 4d ⁷ 5s ¹ 101.1	45 Rh 铑 4d ⁸ 5s ¹ 102.9	46 Pd 钯 4d ¹⁰ 106.4	47 Ag 银 4d ¹⁰ 5s ¹ 107.9	48 Cd 镉 4d ¹⁰ 5s ² 112.4				Xe 氙 5s ² 5p ⁶ 131.3
6	55 Cs 铯 6s ¹ 132.9	56 Ba 钡 6s ² 137.3	57-71 La-Lu 镧系 铜系	72 Hf 铪 5d ² 6s ² 178.5	73 Ta 钽 5d ³ 6s ² 180.9	74 W 钨 5d ⁴ 6s ² 183.8	75 Re 铼 5d ⁵ 6s ² 186.2	76 Os 锇 5d ⁶ 6s ² 190.2	77 Ir 铱 5d ⁷ 6s ² 192.2	78 Pt 铂 5d ⁹ 6s ¹ 195.1	79 Au 金 5d ¹⁰ 6s ¹ 197.0	80 Hg 汞 5d ¹⁰ 6s ² 200.6				Po 钋 6s ² 6p ⁴ [210]
7	87 Fr 钫 7s ¹ [223]	88 Ra 镭 7s ² 226.0	89-103 Ac-Lr 锕系 铜系	104 Rf 𬬻 (6d ² 7s ²) [261]	105 Db 𬬭 (6d ³ 7s ²) [262]	106 Sg 𬬮 (6d ⁴ 7s ²) [263]	107 Bh 𬬯 (6d ⁵ 7s ²) [262]	108 Hs 𬬰 (6d ⁶ 7s ²) [265]	109 Mt 𬬱 [266]	110 Ds 𬬲 [269]	111 Rg 𬬳 [272]	112 Cn 𬬴 [285]				Uuo [294]

原子序数

92 U

元素符号，红色

指放射性元素

元素名称，注*的是人造元素

铀

5f³6d¹7s²

外围电子层排布，括号指可能的电子层排布

相对原子质量

238.0

过渡元素

非金属

金属

注：

1. 相对原子质量源自1995年国际原子量表，并全部取4位有效数字。
2. 相对原子质量加括号的为放射性元素的半衰期最长的同位素的质量数。

镧系	57 La 镧 5d ¹ 6s ² 138.9	58 Ce 铈 4f ¹ 6s ² 140.1	59 Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.9	60 Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.2	61 Pm 钷 4f ⁵ 6s ² [147]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	63 Eu 铕 4f ⁷ 6s ² 152.0	64 Gd 钆 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 157.3	65 Tb 铽 4f ⁹ 6s ² 158.9	66 Dy 镝 4f ¹⁰ 6s ² 162.5	67 Ho 钬 4f ¹¹ 6s ² 164.9	68 Er 铒 4f ¹² 6s ² 167.3	69 Tm 铥 4f ¹³ 6s ² 168.9	70 Yb 镱 4f ¹⁴ 6s ² 173.0	71 Lu 镥 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 175.0
锕系	89 Ac 锕 6d ¹ 7s ² 227.0	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.0	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.0	93 Np 镎 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² 237.0	94 Pu 钚 5f ⁶ 7s ² [244]	95 Am 镅 5f ⁷ 7s ² [243]	96 Cm 锔 5f ⁷ 7s ² [247]	97 Bk 锫 5f ⁹ 7s ² [247]	98 Cf 锿 5f ¹⁰ 7s ² [251]	99 Es 镅* 5f ¹¹ 7s ² [252]	100 Fm 镆* 5f ¹² 7s ² [257]	101 Md 钬* (5f ¹³ 7s ²) [258]	102 No 镎* (5f ¹⁴ 7s ²) [259]	103 Lr 铹* (5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²) [260]



目 录

绪论	(1)
1 化学的研究对象	(1)
2 化学的主要分支	(2)
3 化学是刑事科学技术的重要支柱	(3)
第1章 化学基础知识	(4)
1 气体	(4)
2 溶液	(6)
3 胶体	(13)
4 等离子体	(17)
【习题】	(18)
【推荐阅读——科学家的故事】	(19)
第2章 化学平衡与化学反应速率	(21)
1 热化学	(21)
2 化学反应的方向和限度	(27)
3 化学平衡	(34)
4 化学反应速率	(38)
【习题】	(47)
【推荐阅读——科学家的故事】	(49)
第3章 电解质溶液	(51)
1 酸碱理论	(51)
2 一元弱电解质的解离平衡	(52)
3 多元弱电解质的解离平衡	(54)
4 缓冲溶液	(56)
5 盐的水解	(61)



6 沉淀溶解平衡.....	(63)
【习题】	(67)
【推荐阅读——科学家的故事】	(69)
第4章 氧化还原反应与电化学	(71)
1 氧化还原反应的基本概念.....	(71)
2 原电池和电极电势.....	(75)
3 电极电势的应用.....	(83)
4 电解.....	(89)
5 金属的腐蚀与防护.....	(92)
6 化学电源.....	(95)
【习题】	(97)
【推荐阅读——科学家的故事】	(100)
第5章 原子结构	(102)
1 核外电子的运动状态	(102)
2 多电子原子和元素周期表	(114)
【习题】	(123)
【推荐阅读——科学家的故事】	(124)
第6章 分子结构	(126)
1 离子键	(126)
2 共价键	(129)
3 分子间力和氢键	(142)
4 晶体结构	(147)
【习题】	(149)
【推荐阅读——科学家的故事】	(151)
第7章 配位化合物	(153)
1 配位化合物概述	(153)
2 配合物的价键理论	(156)
3 配位平衡	(159)
4 配位化合物的应用	(165)
【习题】	(168)
【推荐阅读——科学家的故事】	(170)



第 8 章 常见元素及其重要化合物	(172)
1 s 区元素	(172)
2 p 区元素	(177)
3 ds 区元素	(197)
4 d 区元素	(201)
【习题】	(206)
【推荐阅读——科学家的故事】	(208)
第 9 章 有机化学概述	(210)
1 有机化合物和有机化学	(210)
2 有机反应和有机化合物的分类	(221)
【习题】	(223)
【推荐阅读——科学家的故事】	(224)
第 10 章 饱和烃 (烷烃)	(226)
1 同系列、构造异构和命名	(226)
2 烷烃的结构、构象和性质	(233)
【习题】	(244)
【推荐阅读——科学家的故事】	(245)
第 11 章 不饱和烃	(247)
1 烯烃	(247)
2 炔烃	(258)
3 二烯烃	(262)
【习题】	(271)
【推荐阅读——科学家的故事】	(273)
第 12 章 环烃	(275)
1 脂环烃	(275)
2 芳香烃	(282)
【习题】	(294)
【推荐阅读——科学家的故事】	(296)



第 13 章 旋光异构	(298)
1 物质的旋光性	(298)
2 旋光性与分子结构的关系	(301)
3 含手性碳原子化合物的光学异构现象	(303)
4 不含手性碳原子化合物的光学异构现象	(307)
5 外消旋体的拆分和不对称合成	(309)
【习题】	(314)
【推荐阅读——科学家的故事】	(316)
第 14 章 卤代烃	(318)
1 卤代烃的命名和分类	(318)
2 卤代烃的结构和性质	(320)
3 亲核取代反应和消除反应机理	(322)
4 卤代烃的制备及典型化合物介绍	(353)
【习题】	(358)
【推荐阅读——科学家的故事】	(360)
第 15 章 醇、酚、醚	(361)
1 醇	(361)
2 酚	(369)
3 醚	(374)
【习题】	(381)
【推荐阅读——科学家的故事】	(383)
第 16 章 醛、酮、醌	(385)
1 醛和酮的分类和命名	(385)
2 醛和酮的结构和物理性质	(386)
3 醛和酮的化学性质	(387)
4 醌	(395)
【习题】	(398)
【推荐阅读——科学家的故事】	(400)
第 17 章 羧酸及其衍生物	(402)
1 羧酸的分类和命名	(402)



2 羧酸的结构和物理性质	(404)
3 羧酸的化学性质	(406)
4 羧酸衍生物	(411)
5 碳酸衍生物	(419)
【习题】	(420)
【推荐阅读——科学家的故事】	(423)
第 18 章 含氮有机化合物	(425)
1 硝基化合物	(425)
2 胺	(428)
3 重氮和偶氮化合物	(434)
【习题】	(436)
【推荐阅读——科学家的故事】	(438)
第 19 章 杂环化合物及生物碱	(440)
1 杂环化合物的分类和命名	(440)
2 杂环化合物的结构和性质	(442)
3 重要的杂环衍生物	(448)
4 生物碱	(450)
【习题】	(454)
【推荐阅读——科学家的故事】	(456)
第 20 章 碳水化合物	(458)
1 单糖	(458)
2 二糖	(466)
3 多糖	(467)
【习题】	(469)
【推荐阅读——科学家的故事】	(471)
第 21 章 氨基酸、蛋白质和核酸	(473)
1 氨基酸	(473)
2 蛋白质	(477)
3 核酸	(480)
【习题】	(485)
【推荐阅读——科学家的故事】	(486)



附录 1 我国国标计量单位	(488)
附录 2 常用基本物理常数	(488)
附录 3 一些物质的标准生成焓、标准生成吉布斯自由能和标准熵的 数据 (298.15K)	(489)
附录 4 常见弱电解质在水溶液中的解离常数	(492)
附录 5 常见物质的溶度积 (298K)	(493)
附录 6 常见电对的标准电极电势	(494)
附录 7 金属—无机配位体配合物的稳定常数	(495)
主要参考文献	(499)



绪 论

1 化学的研究对象

化学与数学、物理学一样，是自然科学中的一门重要学科，是其他许多学科的基础。化学是在分子、原子或离子水平上研究物质的组成、结构、性质和变化规律及其变化过程中能量关系的科学。

世界是物质的，物质是运动的，化学则是人类认识和改造物质世界的重要方法和手段之一。化学是一门历史悠久又富有活力的学科，它的成就是社会文明的重要标志。随着人类社会的不断进步和发展，化学已渗透到人类生活的各个方面，与人类的生存息息相关。化学科学来源于生产，同时又促进了生产的进步。在应对社会发展所面临的人口、资源、能源、粮食、环境、健康等各种严峻挑战时，化学科学发挥了不可或缺的重要作用，作出了杰出的贡献。

随着我国工业生产的不断发展，能源问题已成为经济进一步发展的“瓶颈”。化学虽然不能直接生产能源，但是能够改变能源形式，使得能源利用更加有效和环保。化学产品可以替代天然物质，补充天然物质的不足，特别是石油化工提供的三大合成材料已广泛应用于许多领域。目前，世界上合成橡胶的年产量已超过天然橡胶一倍多，塑料的年产量已达 1.6 亿吨，化学纤维的年产量已与天然纤维持平。化学合成材料不仅支持了国民经济建设，也支持了其他学科的发展。化学能利用自然资源制造出万千性能迥异的材料，为人类造福。提高粮食产量不仅需要氮、磷、钾等基本肥料，还需要含铁、钼、铜、锌等微量元素的特殊化肥，在我国农业增产 40% 是依靠化肥。植物的保护需要高效、低毒的杀虫剂、杀菌剂和除草剂；近几年无公害的生物农药及利用生物间的相克作用而发展起来的生物防治技术得到了迅猛发展。建筑所使用的水泥、陶瓷、玻璃、油漆等也都是化工产品。化学在给人们提供大量有用物质的同时，也产生了许多副产物，即俗称“三废”的废渣、废液、废气。目前存在的环境问题，如温室效应、酸雨、臭氧层破坏等严重影响了人们的身体健康，对污染情况的监测以及寻求净化环境的方法是化学研究的重要内容，因此，化学是解决环境问题的重要途径。总之，现代化的科学文明和人类的美好生活都



离不开化学这门学科。

2 化学的主要分支

化学研究的范围极其广泛，研究内容日趋丰富。根据研究对象或研究目的的不同，一般可以将化学分为无机化学、有机化学、分析化学、物理化学和高分子化学五大分支（即化学的二级学科）。

2.1 无机化学

无机化学是以化学元素周期律和物质结构理论为基础，研究元素及其化合物（除碳氢化合物及其衍生物外）的学科。无机化学是化学最早发展起来的一门分支学科，又可分为元素化学、无机合成化学、无机固体化学、配位化学、生物无机化学和有机金属化学。

2.2 有机化学

有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的学科。有机化学是化学中最大的一个分支学科。有机物分子中除含有碳外，绝大多数还含有氢，而且许多有机物分子中还含有氧、氮、硫、卤素等其他元素。有机化学又分为天然有机化学、一般有机化学（包括链烃、环烃、芳烃、杂环等）、有机合成化学、金属有机化学和非金属有机化学、物理有机化学、生物有机化学、有机分析化学。

2.3 分析化学

分析化学是研究物质的化学组成和结构的分析方法的学科。分析化学又可分为分离和预富集、化学分析（包括定性分析和定量分析）、仪器及新技术分析（包括光化学分析，电化学分析，各种色谱、波谱、磁共振谱和能谱，以及射线衍射晶体分析、结构及微区测定等）。

2.4 物理化学

物理化学是应用物理学的方法研究物质及其变化的学科。物理化学是化学的基础理论部分，又可分为化学热力学、化学动力学（包括反应理论、催化理论、分子反应动力学）、结构化学（包括量子化学）、分门物理化学（包括热化学、光化学、电化学、磁化学、等离子体化学、辐射化学、胶体化学、表面化学等）。

2.5 高分子化学

高分子化学是研究高分子化合物的结构、性能、合成方法、反应机理和高分子溶液性质的学科。高分子化学又可分为天然高分子化学、高分子合成化学、高分子物理化学、高聚物应用和高分子物理。

化学学科在发展过程中与其他学科相互交叉、相互渗透，产生了大量的边缘学科，如生物化学、农业化学、材料化学、地球化学、宇宙化学、大气