中法工程师学院预科教学系列丛书
Preparatory Cycle Textbooks Series of Sino-French Institute of Engineering

丛书主编：王彪　Jean-Marie BOURGEOIS-DEMERSAY

Océane GEWIRTZ 著

Chimie générale et chimie physique

普通化学和物理化学（法文版）

科学出版社

中法工程师学院预科教学系列丛书

Preparatory Cycle Textbooks Series of Sino-French Institute of Engineering

丛书主编：王彪　Jean-Marie　BOURGEOIS-DEMERSAY

Chimie générale et chimie physique

普通化学和物理化学（法文版）

Océane GEWIRTZ　著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书覆盖了普通化学和物理化学的基础到应用的各个环节，从微观尺度开始介绍普通化学和物理化学原理，最后将理论应用到实际问题中. 本书内容包括原子核理论、溶液化学、晶体结构学、动力学、热化学、相平衡及相应的习题，内容全面，具有可读性、趣味性和广泛性，与日常生活联系紧密，能激发学生的学习热情.

本书可作为中法合作办学单位的预科和专业教材，也可作为其他相关专业的参考教材.

图书在版编目(CIP)数据

普通化学和物理化学：法文/（法）格维尔茨（Gewirtz, O）著. —北京：科学出版社, 2016.5

（中法工程师学院预科教学系列丛书 / 王彪等主编）

ISBN 978-7-03-046997-7

Ⅰ. ①普… Ⅱ. ①格… Ⅲ. ①普通化学-高等学校-教材-法文②物理化学-高等学校-教材-法文 Ⅳ. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 009687 号

责任编辑：昌 盛 罗 吉 / 责任校对：彭 涛

责任印制：徐晓晨 / 封面设计：迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2016 年 5 月第一次印刷 印张：16 7/8

字数：415 000

定价：68.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

序

高素质的工程技术人才是保证我国从工业大国向工业强国成功转变的关键因素. 高质量地培养基础知识扎实、创新能力强、熟悉我国国情并且熟悉国际合作和竞争规则的高端工程技术人才是我国高等工科教育的核心任务. 国家长期发展规划要求突出培养创新型科技人才和大力培养经济社会发展重点领域急需的紧缺专门人才.

核电是重要的清洁能源，在中国已经进入快速发展期，掌握和创造核电核心技术是我国核电获得长期健康发展的基础. 中山大学地处我国的核电大省——广东，针对我国高素质的核电工程技术人才强烈需求，在教育部和法国相关政府部门的支持和推动下，2009年与法国民用核能工程师教学联盟共建了中山大学中法核工程与技术学院（Institut Franco-Chinois de l'Energie Nucléaire），培养能参与国际合作和竞争的核电高级工程技术人才和管理人才. 教学体系完整引进法国核能工程师培养课程体系和培养经验，其目标不仅是把学生培养成优秀的工程师，而且要把学生培养成各行业的领袖. 其教学特点表现为注重扎实的数理基础学习和全面的专业知识学习；注重实践应用和企业实习以及注重人文、法律管理、交流等综合素质的培养.

法国工程师精英培养模式起源于 18 世纪，一直在国际上享有盛誉. 中山大学中法核工程与技术学院借鉴法国的培养模式，结合中国高等教育的教学特点将 6 年的本硕连读学制划分为预科教学和工程师教学两个阶段. 预科教学阶段专注于数学、物理、化学、语言和人文课程的教学，工程师阶段专注于专业课、项目管理课的教学和以学生为主的实践和实习活动. 法国预科阶段的数学、物理等基础课的课程体系和我国相应的工科基础课的教学体系有较大的不同. 前者覆盖面更广，比如数学教材不仅包括高等数学、线性代数等基本知识，还包括拓扑学基础、代数结构基础等. 同时更注重于知识的逻辑性和解题的规范化，以利于学生深入理解后能充分保有基础创新潜力.

为更广泛地借鉴法国预科教育的优点和广泛传播这种教育模式，把探索实践过程中取得的成功经验和优质课程资源与国内外高校分享，促进我国高等教育基础学科教学的

改革，我们在教育部、广东省教育厅和学校的支持下，组织出版了这套预科基础课教材，包含数学、物理和化学三门课程多个阶段的学习内容. 本教材主要适用于法国工程师教育预科阶段数学、物理、化学课程的学习. 它的编排设计富有特色，采用了逐步深入的知识体系构建方式；既可作为中法合作办学单位的专业教材，也非常适合其他相关专业作为参考教材，方便自学.

我们衷心希望，本套教材能为我国高素质工程师的教育和培养做出贡献！

中方院长　　法方院长

中山大学中法核工程与技术学院

2016 年 1 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前言

本系列丛书出版的初衷是为中山大学中法核工程与技术学院的学生编写一套合适的教材. 中法核工程与技术学院位于中山大学珠海校区. 该学院用六年时间培养通晓中英法三种语言的核能工程师. 该培养体系的第一阶段持续三年，对应着法国大学的预科阶段，主要用法语教学，为学生打下扎实的数学、物理和化学知识基础；第二阶段为工程师阶段，学生将学习涉核的专业知识，并在以下关键领域进行深入研究：反应堆安全、设计与开发、核材料以及燃料循环.

本丛书物理化学部分分为以下几册，每册书分别介绍一个学期的物理课程，化学课程内容则独立成册.

第1册：质点力学（大一第二学期）；

第2册：电学、几何光学、两体系统的力学和刚体力学（大二第一学期）；

第3册：热力学（大二第二学期）

第4册：基础化学（大一第二学期，包括原子和溶液化学）和化学物理（大二第二学期，包括晶体学、化学动力学和热力学）

除了因中国学生的语言障碍对某些物理学科的课程进度做了调整以外，在中法核工程与技术学院讲授的科学课程内容与法国预科阶段的课程内容一致.

每册书都采用相同的教学安排：首先讲授课程，然后进行难度逐步加深的习题训练（概念性问题、知识应用练习、训练练习、深度训练练习或难题）.

和其他教材不同的是，为了让学生在学习过程中更加积极主动，本书设计了一系列问题（用符号 ✎ 表示），答案则在书中用手写体标记以强调应由学生（在课堂上）填写完成. 学生可以通过课程知识应用练习（用符号 ✍ 标记）自行检查是否已掌握新学的方程和概念，并有机会接触真实器件或解决来源于日常生活中的一些问题. 书中还有很多插图，有助学生对词汇和概念的理解，所谓“一图胜过千言”.

每一章书的后面是附录，收集了法语词汇、物理专业术语，以及物理学史、物理学

发展史等相关内容. 读者还可以在附录中找到和课程有关的视频链接目录.

该丛书是为预科阶段循序渐进的持续的学习过程而设计的. 譬如,曾在力学里介绍过的概念,在后续的几何光学或热力学部分会对其进一步深入讲解,习题亦如是. 为了证明一些原理(如最小作用原理)或结论(如对称性)的普遍适用性,相关习题会在物理的不同学科领域以不同形式出现.

最后值得指出的是,该丛书物理化学的内容安排是和数学的内容安排紧密联系的. 学生可以利用已学到的数学工具解决物理问题,如微分方程、偏微分方程或极限展开. 当这些内容在数学课程中没有展开阐述的时候,书中也会在附录部分对其做详细介绍,例如圆锥曲线.

得益于中法核工程与技术学院学生和老师们的意见与建议,该丛书一直在不断地改进中. 我的同事赖侃、滑伟、何广源、胡杨凡、韩东梅和康明亮博士仔细核读了该书的原稿,并作以精准的翻译. 刘洋和熊涛两位博士也对力学部分提出了中肯的意见. 最后,本书的成功出版离不开中法核工程与技术学院两位院长,王彪教授(长江特聘教授、国家杰出青年基金获得者)和 Jean-Marie BOURGEOIS-DEMERSAY先生(法国矿业团首席工程师),一直以来的鼓励与大力支持. 请允许我对以上同事及领导表示最诚挚的谢意!

Océane GEWIRTZ

法国里昂(Lyon)高等师范学校的毕业生,
通过法国会考取得教师职衔的预科阶段物理老师

Avant-propos

Cet ouvrage est à l'origine destiné aux élèves-ingénieurs de l'Institut franco-chinois de l'énergie nucléaire (IFCEN), situé sur le campus de l'université Sun Yat-sen à Zhuhai, dans la province du Guangdong en Chine du sud. Cet institut forme en six années des ingénieurs en génie atomique trilingues en chinois, français et anglais. La première partie du curriculum s'étend sur trois ans et correspond aux classes préparatoires aux grandes écoles, avec un enseignement en français de bases solides dans tous les domaines des mathématiques, de la physique et de la chimie. La deuxième partie du curriculum constitue le cycle d'ingénieur, qui permet aux élèves de se spécialiser dans le nucléaire et d'approfondir les domaines-clés que sont la sûreté, la conception et l'exploitation des centrales, les matériaux pour le nucléaire et le cycle du combustible.

La collection se décline en plusieurs volumes dont chacun représente un semestre de cours en sciences physiques, l'enseignement de la chimie étant regroupé dans un volume particulier :
- Volume 1 : mécanique du point (semestre 2) ;
- Volume 2 : électrocinétique, optique géométrique, mécanique des systèmes de deux points matériels et mécanique du solide (semestre 3) ;
- Volume 3 : thermodynamique (semestre 4) ;
- Volume 4 : chimie générale (atomistique et chimie des solutions au semestre 2) et chimie physique (cristallographie, cinétique chimique et thermochimie au semestre 4).

Les contenus scientifiques qui sont abordés à l'IFCEN correspondent au programme des classes préparatoires en France, si ce n'est que la progression diffère quelque peu en raison des difficultés langagières que présentent, pour un public chinois, certains domaines de la physique.

Chaque volume suit une progression identique : tout d'abord un exposé du cours, suivi d'exercices classés par ordre de difficulté croissante (questions de cours, exercices d'application directe, exercices d'entraînement, exercices d'approfondissement ou problèmes).

Dans le souci de rendre plus actif l'élève pendant son apprentissage, le cours suit une présentation qui diffère d'autres ouvrages : de nombreuses questions sont posées, précédées d'un ✎ ; les réponses sont indiquées en police manuscrite pour bien souligner qu'il appartient à l'élève de remplir cette partie. Les exercices d'application directe du cours, précédés d'un ✍, permettent à l'élève de vérifier qu'il maîtrise les formules et les concepts nouvelle-

ment acquis. Ils donnent aussi l'occasion d'étudier des dispositifs réels ou de résoudre des problèmes tirés de la vie quotidienne. De nombreuses illustrations facilitent l'acquisition du vocabulaire et des concepts, suivant l'adage bien connu qu'une image vaut mille mots.

À la fin de chaque chapitre, l'élève trouvera des annexes qui concernent le français et les difficultés lexicales, ainsi que l'histoire et le développement de telle ou telle branche de la physique. Le lecteur pourra aussi trouver une webographie comprenant des animations ou des films en lien avec le cours.

La collection a été conçue pour un apprentissage continu et progressif sur l'ensemble du cycle préparatoire. Par exemple, des notions sont d'abord introduites dans le cours de mécanique, pour être reprises et approfondies plus tard en optique géométrique ou en thermodynamique. Il en va de même pour les exercices, qui peuvent apparaître de façons différentes dans des domaines distincts de la physique, dans le but de démontrer l'universalité de certains principes (comme le principe de moindre action) ou de certains raisonnements (recherche des symétries).

Il faut enfin noter que la progression du cours de physique-chimie se fait en lien étroit avec celle du cours de mathématiques, également disponible dans la même collection. Les élèves pourront donc appliquer aux sciences physiques les outils mathématiques qu'ils auront assimilés préalablement, comme les équations différentielles, les équations aux dérivées partielles ou les développements limités. Lorsqu'elles ne sont pas développées en cours de mathématiques, certaines notions font l'objet d'annexes détaillées, à l'exemple des coniques.

Les volumes de cette collection sont en constante évolution, grâce aux remarques et aux suggestions des élèves et des professeurs de l'institut. J'ai plaisir à mentionner mes collègues les docteurs Lai Kan, Hua Wei, He Guangyuan, Hu Yangfan, Han Dongmei et Kang Mingliang, pour la qualité de leur traduction et la relecture minutieuse des manuscrits. Le volume de mécanique a aussi profité des commentaires avisés des docteurs Liu Yang et Xiong Tao. Enfin, la collection n'aurait pas pu voir le jour sans les encouragements et le soutien constant des deux directeurs de l'institut, le professeur Wang Biao, professeur des universités, membre du programme "Cheung Kong Scholars Program", lauréat du prix d'excellence de la fondation nationale des sciences pour les jeunes chercheurs, et M. Jean-Marie Bourgeois-Demersay, ancien élève de l'École normale supérieure de Paris, diplômé d'HEC, ingénieur général des mines. Qu'ils en soient tous ici remerciés !

Océane Gewirtz
Ancienne élève de l'École normale supérieure de Lyon, professeur en classes préparatoires, agrégée de sciences physiques.

Table des matières

序 i
前言 iii
Avant-propos v

Première partie Cours 1

Chapitre 1 Structure électronique de l'atome 3
1.1 Rappels sur l'atome 4
1.1.1 Généralités 4
1.1.2 Le noyau atomique 4
1.1.3 Nombre d'Avogadro - Masse molaire atomique 6
1.2 Spectroscopie atomique 7
1.2.1 Spectre de l'atome d'hydrogène 8
1.2.2 Spectre d'autres atomes 9
1.2.3 Interprétation du spectre 9
1.2.4 Séries de raies de l'atome d'hydrogène 12
1.3 Modèle de Bohr -quantification de l'énergie 15
1.3.1 Modèle de Bohr 15
1.4 Le modèle quantique de l'atome 18
1.4.1 Densité de probabilité de présence 19
1.4.2 Les nombres quantiques 20
1.4.3 Nomenclature 21
1.4.4 Diagramme énergétique 22
1.5 Configuration électronique d'un atome 22
1.5.1 Principe d'exclusion de Pauli 23
1.5.2 Règle de Klechkowski 24
1.5.3 Règle de Hund 24
1.5.4 Électrons de coeur, électrons de valence 25
1.5.5 Configuration électronique des ions 26
1.5.6 Lien avec la classification périodique 27

Annexe A Structure électronique de l'atome 28
A.1 Vocabulaire 28
A.2 Histoire des sciences 29
A.3 Quelques notions de mécanique quantique 30

A.3.1 Le rayonnement du corps noir 30
A.3.2 La catastrophe ultraviolette 32
A.3.3 L'effet photoélectrique 35
A.3.4 La dualité onde-corpuscule 38
A.3.5 Le critère quantique 40
A.3.6 Les inégalités d'Heisenberg (1927) 41

Chapitre 2 Classification périodique **47**
2.1 La classification périodique 47
2.1.1 Histoire 47
2.1.2 Morphologie 48
2.1.3 Évolution des propriétés physiques 50
2.1.4 Évolution des propriétés chimiques 55

Annexe B Annexes : Classification périodique **59**
B.1 Classification périodique 59

Chapitre 3 Structure électronique des molécules **61**
3.1 Théorie de Lewis de la liaison covalente localisée 61
3.1.1 Schéma de Lewis des atomes 61
3.1.2 Liaison covalente 62
3.1.3 Règle de l'octet 62
3.1.4 Représentation de Lewis des molécules 63
3.1.5 Écriture d'une formule de Lewis : méthode générale 64
3.1.6 Formules plausibles 66
3.2 Molécules à liaisons délocalisées - Mésomérie 66
3.2.1 Définition-exemples 66
3.2.2 Les règles à respecter 67
3.2.3 Exemples 68
3.3 Méthode VSEPR 69
3.3.1 Mise en évidence 69
3.3.2 Théorie VSEPR 69
3.3.3 Application à la polarisation des molécules 72

Annexe C Structure électronique des molécules **74**
C.1 Tableau VSEPR 74

Chapitre 4 Chimie des solutions - Généralités **75**
4.1 Le solvant eau 75
4.1.1 La molécule d'eau 75
4.1.2 L'eau solvant 77
4.2 Loi de l'équilibre chimique 78
4.2.1 Quotient de réaction, activité chimique 78
4.2.2 Constante d'équilibre 81

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

4.2.3 Réactions totales, réactions nulles 82
4.2.4 Relations entre constantes d'équilibre 82

Chapitre 5 Équilibres acido-basiques **83**
5.1 Généralités 83
5.1.1 Couples acide-base 83
5.1.2 pH d'une solution 85
5.1.3 Constante d'acidité 85
5.1.4 Force d'un acide ou d'une base 86
5.1.5 Diagramme de prédominance 89
5.1.6 Prévision du sens de réaction 90
5.2 Calculs simples de pH 91
5.2.1 Monoacide fort (ou monobase forte) dans l'eau 91
5.2.2 Monoacide faible dans l'eau 93
5.3 Titrage 94
5.3.1 Titrage d'un acide fort par une base forte 94
5.3.2 Titrage d'une base forte par un acide fort 97
5.3.3 Titrage d'un acide faible par une base forte 99
5.3.4 Titrage d'une base faible par un acide fort 102

Annexe D Équilibres acido-basiques **106**
D.1 Histoire 106
D.2 Titrage 107
D.3 Conductimétrie 111
D.3.1 Principe 111
D.3.2 Dosages 112
D.4 Méthode de la réaction prépondérante 114
D.5 Verrerie du laboratoire 115

Chapitre 6 Équilibres de complexation **119**
6.1 Les complexes 119
6.1.1 Définition 119
6.1.2 Nomenclature 120
6.1.3 Constantes d'équilibre 121
6.1.4 Domaines de prédominance 122
6.2 Étude de différentes réactions 124
6.2.1 Échange du ligand 124
6.2.2 Échange du centre métallique 126
6.2.3 Titrage complexométrique 128

Chapitre 7 Équilibres de Précipitation **130**
7.1 Équilibre de précipitation 130
7.1.1 Mise en évidence expérimentale 130
7.1.2 Produit de solubilité 131

7.1.3 Diagrammes d'existence/absence de précipité 132
7.1.4 Solubilité dans l'eau pure 132
7.2 Facteurs de l'équilibre 133
7.2.1 Influence de la température 133
7.2.2 Effet d'ion commun 133
7.2.3 Influence du pH 134
7.2.4 Précipitations compétitives 135
7.2.5 Titrage par précipitation 136

Chapitre 8 Essentiel en chimie des solutions **138**
8.1 Composés classiques 142

Chapitre 9 Cinétique chimique **143**
9.1 Système fermé en réaction chimique 143
9.1.1 Le système physico-chimique 143
9.1.2 Évolution d'un système 146
9.2 Étude de la cinétique chimique 147
9.2.1 Vitesses d'une réaction dans le cas d'un réacteur fermé 147
9.2.2 Influence des concentrations 148
9.2.3 Influence de la température 150
9.3 Cinétique formelle 151
9.3.1 Un seul réactif 151
9.3.2 Plusieurs réactifs 153
9.4 Détermination expérimentale d'une cinétique 158
9.4.1 Par spectrophotométrie d'absorption 158
9.4.2 Par conductimétrie 160
9.4.3 Par titrage 161
9.4.4 Par pressiométrie 162
9.4.5 Détermination de l'ordre : bilan 164
9.5 Mécanismes réactionnels 165
9.5.1 Actes ou étapes élémentaires 165
9.5.2 Vitesse d'un acte élémentaire 165
9.5.3 Intermédiaire réactionnel 165
9.6 Étude de quelques mécanismes 166
9.6.1 En séquence ouverte ou par stades 166
9.6.2 En séquence fermée ou en chaîne 167

Annexe E Cinétique Chimique **170**
E.1 Histoire 170
E.2 Webographie 171

Chapitre 10 Cristallographie **172**
10.1 Notions de cristallographie 172
10.1.1 Différents types de cristaux 172

10.1.2 Définitions . . . 172
10.2 Empilements de sphères rigides . . . 173
10.2.1 Empilements compacts . . . 173
10.2.2 Empilements non compacts . . . 176
10.3 Existence de sites . . . 177
10.3.1 Structure cfc . . . 178
10.3.2 Structure hc . . . 179
10.4 Les principaux types de cristaux . . . 180
10.4.1 Cristal métallique . . . 180
10.4.2 Cristal ionique . . . 181
10.4.3 Cristal covalent . . . 183
10.4.4 Cristal moléculaire . . . 185

Annexe F Cristallographie **190**
F.1 Histoire . . . 190
F.2 Webographie . . . 191

Chapitre 11 Thermochimie **192**
11.1 Bilan thermodynamique : applications du premier principe . . . 192
11.1.1 Énoncé . . . 192
11.1.2 Expressions du travail . . . 193
11.1.3 Expressions du transfert thermique . . . 193
11.1.4 Rappels . . . 194
11.2 Grandeurs du système . . . 194
11.2.1 État standard . . . 194
11.2.2 Grandeurs standard . . . 195
11.2.3 Transferts thermiques en réacteur isobare . . . 196
11.3 Calculs des enthalpies standard de réaction . . . 200
11.3.1 Enthalpie standard de formation . . . 200
11.3.2 Loi de Hess . . . 201
11.3.3 Loi de Kirchhoff (1858) . . . 202

Annexe G Thermochimie **206**
G.1 Histoire . . . 206

Deuxième partie Exercices **207**

Chapitre 1 Atomistique **209**

Chapitre 2 Molécules **214**

Chapitre 3 Chimie des solutions **218**

Chapitre 4 Équilibres acido-basiques 222

Chapitre 5 Équilibres de complexation 229

Chapitre 6 Équilibres de précipitation 233

Chapitre 7 Cinétique chimique 237
7.1 Cinétique formelle 237
7.2 Mécanismes réactionnels 240

Chapitre 8 Cristallographie 244

Chapitre 9 Thermochimie 250

Première partie

Cours

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com