



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



新大学化学

(第四版)

周伟红 曲保中 主编



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

新大学化学

(第四版)

周伟红 曲保中 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是高等学校非化学化工、非冶金类专业公共课的化学基础课教材。

全书共十二章，包括化学反应基本规律，溶液与离子平衡，氧化还原反应 电化学，物质结构基础，金属元素与金属材料，非金属元素与无机非金属材料，有机高分子化合物与高分子材料，化学与能源，化学与环境保护，化学与生命，化学与生活，化学与国防。前四章属于化学原理部分，是本书的基础；后八章是在科学技术和社会生活中既重大又贴近现代社会文明的几个独立专题。

在保证教学内容科学性、准确性的基础上，本书向读者提供了化学学科的最新科技信息和 21 世纪初的主要成果。通过“科苑导读”“网络导航”这两个栏目为学习者开辟全新的视野，提供更便捷的信息通道，使读者可以通过网络(课程平台、手机 APP、微信公众号等)进入更广阔的知识海洋。“化学技术”栏目用最简单的方式向读者介绍化学的分离、分析技术，使读者了解化学学科的实验科学水平。全书的关键词用英文标注。

本书可以作为本科生的基础课教材，也可供自学者、工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新大学化学 / 周伟红, 曲保中主编. —4 版. —北京: 科学出版社, 2018.8

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-03-058577-6

I. ①新… II. ①周… III. ①化学-高等学校-教材 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 193790 号

责任编辑: 陈雅娴 孙 曼 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 陈 敬

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 8 月第一版 开本: 787 × 1092 1/16

2007 年 1 月第二版 印张: 23 插页: 1

2012 年 6 月第三版 字数: 589 000

2018 年 8 月第四版 2018 年 8 月第二十六次印刷

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

第四版前言

本书自第一版就坚持贯彻在第一版前言中提出的宗旨：“一方面使大学生们初步了解化学学科最基本的理论和知识,另一方面使大学生们看到化学与他们的生活和他们将要投身的社会之间的某些联系”,让学习者“把那些渗透在生活和工程实际问题中的知识与化学变化的基本理论结合,在化学和社会文明之间架起一座桥梁,使他们走到化学身边,使他们看到自己身边的化学世界”,从而“使他们在自己的工作岗位上能够全方位地发挥其智能”。

《新大学化学(第四版)》仍然保持第一版的结构,即:前四章属于化学原理,是本书的基础部分;第五至七章的内容归属于材料化学范畴;第八至十二章是化学与一些既重大又贴近生活的内容,属于社会文明的几个独立专题。

时代发展迅速,知识更新很快,每一次改版编者都做了大量的增删、改编,第四版同样做了大量改动。除了各章内容结合新的信息适当增删外,全部更新了“网络导航”和“科苑导读”。“网络导航”的题目虽然没有大的变化,但是内容全部重编,使其贴近网络的新局面;“科苑导读”基本重新选题,重新编写。在这里,编者努力让我国的科技成果,特别是最近的成果反映到本书中,使年轻的大学生们能够体会到我国不仅在经济总量方面发展迅速,在科学技术方面同样在飞速提升,从而增强民族自豪感。在这里,编者还特意介绍几位我国科学家的成就,希望他们能够引领青年们奋发、坚定、踏实、刻苦的积极意识。

为利用互联网技术展开教-学互动,编者录制了教材重点、难点讲解视频(在文中以  标记)。在“科苑导读”的基础上,开辟了“扫一扫”栏目。读者只需扫描封底的二维码下载“爱一课”APP,扫描书中相关页码即可观看数字资源。

第四版的主编工作由周伟红和曲保中老师承担。参加本次修编的有:周伟红(吉林大学,第十、十一章,网络导航,全书的英文部分),刘晓丽(吉林大学,第五至七章),权新军(吉林大学,第九、十二章),吕学举(吉林大学,第四、八章),田玉美(吉林大学,第一章,附录),刘松艳(吉林大学,第二章),詹从红(吉林大学,第三章),贾琼(吉林大学,化学技术),黄如丹(北京理工大学,思考题与习题),迟瑛楠(北京理工大学,思考题与习题),贺欢(北京理工大学,思考题与习题)。科苑导读由各章执笔者提供初稿,主编修改定稿。全书由周伟红、曲保中统稿。

朱炳林教授(北京理工大学)是本书原主编之一,为本书的出版做出过创造性的重要贡献。编者借第四版的出版向他表示诚挚的敬意。

本书编写组愿意重申:新版教材既能体现《新大学化学》的一贯思想,也大胆融入某些新的创意。编者希望它能一如既往地受到师生们的欢迎。但是,毋庸讳言,编者的学识水平和良好的愿望未必相符,书中疏漏和不妥之处在所难免。恳望读者不吝赐教!

编 者

2018年2月于长春



第一版前言(节录)

(一)

当我们从 20 世纪跨入 21 世纪的时候，人们看到：在人类历史的长河中，刚刚过去的短短百年，把上几个世纪的许多梦想变成了现实。科学技术的重大成就极大地改变了人类的生存条件，改善了人类的生活状况。从宏观的宇宙到微观的“夸克”，在浩如烟海的科学研究领域中，化学不仅是众多学科之一，而且是极为重要的关键学科。在不断运动着的物质世界里，化学变化是无所不在的。它的纷繁复杂是构成大千世界姹紫嫣红的要素之一。是它为人类提供了最初走向文明的基础，也是它给今天人类文明的发展以动力。我们应该赞赏和感谢化学为我们创造了如此多彩的生活，展示了更加美好的前景。

当然，化学变化也曾给人类带来过灾难，那是因为人们违背了它的规律。如若对于化学变化的存在仍然视而不见，它还会给人类以更严厉的报复。

然而，在人类历史的长河中，面对化学变化束手无策的时期实在太长了。只是到了公元前几个世纪，人类才开始利用化学变化为自己服务。今天，人们已经掌握了相当丰富的关于化学变化的知识、规律，并且已经能够预测、控制和设计许多化学变化。但是，自由王国还未真正到来，人类在进入 21 世纪的时候，又对化学提出了更多、更高的要求。

高等教育在化学学科方面的任务之一，就是要使受教育者认识到化学变化的普遍性、重要性，而且还要认识到，如果不做化学变化的奴隶，就要主动地了解它，掌握它的规律，进而学会驾驭它为人类服务。这个任务对于非化学化工、非冶金类专业尤其重要。因为在我国，长期以来非化学化工、非冶金类专业都误认为学了化学而在专业技术方面没有具体的应用是一种浪费，因而没有认识到化学课程是对所有大学生进行素质教育的重要组成部分。尤其是面对信息技术、生命科学和材料科学的迅猛发展，即使人文、管理类人才，化学素质也是不可缺少的。在科学技术日新月异、学科交叉已经成为一大特征的时代，将化学课程作为普通高等教育的基础之一，改善高级专业技术和管理人员的知识和能力结构，提高他们的素质，开发他们的创新精神，其必要性是不言而喻的。

(二)

在学科领域方面，化学的思维、化学的方法、化学的能力与大多数非化学课程有着明显差别。使大学生们了解在他们未来从事的技术领域和社会生活中存在着一个化学世界，是高等教育中其他学科的课程所不能替代的。把那些渗透在生活和工程实际问题中的知识，与化学变化的基本理论相结合，在化学和社会文明之间架起一座桥梁，会使大学生们走到化学身边，使他们看到自己身边的化学世界，这是使他们在自己的工作岗位上能够全方位地发挥其智能的基础之一。

本书是为高等院校(非化学化工、非冶金类专业)大学生们编写的化学基础课教材。它的任务一方面是使大学生们初步了解化学学科最基本的理论和知识，另一方面是使大学生们

看到化学与他们的生活和他们将要投身的社会之间的某些联系。由于化学学科的社会覆盖面很大，而且化学发展到今天，它的理论基础已经相当深厚，大学生在学校里可能完成的学业又十分有限，本书尽可能为学习者进一步了解和掌握化学奠定最必要的、科学的基础，特别是为未来的专业技术人员在自己的技术领域中摆脱在化学面前的被动局面奠定化学思维的基础。

这本书的内容有较大的专业覆盖面，但是，编者无意让各专业的学生在课堂上无遗漏地学习所有的章节。我们提供给各专业可以从中挑选适合于自己的最需要的内容，以便有针对性地进行教学，而其他内容则可作为大学生们进一步拓宽知识的参考。书中的下述“非规定”内容对于有一定自学能力的大学生可能更有趣、更有启发性：

(1) 书中用小号字印刷的部分。它们是与正文有密切联系的稍加扩展的知识和信息。

(2) 本书开辟的“科苑导读”栏目。此栏目意在让大学生了解一些化学领域的最新成果、最新理念和最有趣的故事。

(3) 每章之后开列的“网络导航”专栏。表明网络真的离我们很近。在信息时代，任何课程都不应该回避 Internet。大学生们可以从网上看到比在教科书中和课堂上展现给他们的更大、更生动的化学世界。我们也希望大学生们不仅能藉此开阔化学视野，也能据此举一反三，遨游于更广阔的信息海洋之中。

(4) 章节标题及化学名词后附上了英文。英文的标注是为了便于使用本教材的老师进行双语教学。

这本教材采取这些措施的目的在于努力开发大学生们的创造思维并充分体现化学基础课程素质教育的本质。

编 者

2001 年 10 月

目 录

第四版前言	
第一版前言(节录)	
第一章 化学反应基本规律	1
第一节 几个基本概念	1
一、系统和环境	1
二、相	1
第二节 化学反应中的质量守恒和能量守恒	2
一、化学反应质量守恒定律	2
二、热力学第一定律	3
三、化学反应的反应热	5
四、化学反应反应热的计算	6
第三节 化学反应进行的方向	11
一、化学反应的自发性	11
二、吉布斯函数变与化学反应进行的方向	13
第四节 化学反应进行的程度——化学平衡	17
一、化学平衡	17
二、化学平衡的移动	22
第五节 化学反应速率	25
一、化学反应速率的表示方法	25
二、反应速率理论和活化能	27
三、影响化学反应速率的因素	28
 扫一扫：观测分子运动的“大连光源”	17
 科苑导读：大显身手的催化剂	34
 网络导航：“网络导航”开航前的话——课程资源共享平台	35
思考题与习题	36
第二章 溶液与离子平衡	40
第一节 溶液浓度的表示方法	40
第二节 稀溶液的依数性	42
一、溶液的蒸气压下降	42
二、溶液的沸点升高和凝固点降低	44
三、溶液的渗透压	46

第三节 酸碱质子理论	49
一、酸、碱的定义	50
二、酸碱反应的实质	51
三、酸、碱的强度	51
第四节 酸和碱的质子转移平衡	52
一、水的质子自递平衡	52
二、一元弱酸的质子转移平衡	52
三、多元弱酸的质子转移平衡	53
四、同离子效应	54
五、缓冲溶液	55
第五节 难溶电解质的沉淀溶解平衡	59
一、溶度积	59
二、沉淀溶解平衡的移动	61
第六节 配位平衡	65
一、配位化合物的概念、组成和命名	66
二、配位平衡	68
三、配离子的稳定常数	68
四、配位平衡的移动	69
五、配位化合物的应用	71
 科苑导读：乙二醇-水型防冻液	49
 扫一扫：走近一位获得国家科学技术进步奖特等奖的化学专家	65
 网络导航：在网上查出所需的化学数据	73
 化学技术：现代分离分析技术——色谱法	77
思考题与习题	74
第三章 氧化还原反应 电化学	79
第一节 氧化还原反应	79
一、氧化与还原	79
二、氧化数	79
第二节 原电池和电极电势	80
一、原电池	80
二、电极电势	82
三、影响电极电势的因素	84
四、原电池电动势与吉布斯函数变的关系	86
五、电极电势的应用	87
第三节 电解	91
一、电解池	91
二、分解电压	91

三、电解的产物	93
第四节 金属的腐蚀与防护	93
一、化学腐蚀	94
二、电化学腐蚀	94
三、金属腐蚀的防止	96
 科苑导读：现代电池新技术点滴	89
 扫一扫：初识搞笑诺贝尔奖	99
 网络导航：如何检索科技文章和论文	99
思考题与习题	100
第四章 物质结构基础	104
第一节 原子结构与周期系	104
一、核外电子运动的特殊性	104
二、原子轨道和电子云	106
三、核外电子分布与周期系	112
四、元素性质的周期性	117
第二节 化学键	120
一、离子键	120
二、共价键	122
三、分子的空间构型	127
第三节 分子间力与氢键	134
一、分子的极性和电偶极矩	134
二、分子间力	135
三、氢键	137
四、分子间力与氢键对物质性质的影响	137
第四节 晶体结构	138
一、晶体与非晶体	138
二、晶体的基本类型	139
三、液晶	141
四、晶体的缺陷	142
五、非化学计量化合物	142
六、单质的晶体类型	143
 扫一扫：我国的原子钟	120
 科苑导读：世界首颗量子卫星——墨子号	133
 网络导航：周期表探趣	144
 化学技术：基于原子中电子跃迁的技术——原子发射和原子吸收光谱法	147
思考题与习题	144

第五章 金属元素与金属材料	150
第一节 金属元素概述	150
一、金属的物理性质及分类	150
二、金属元素的化学性质	151
三、过渡金属元素	156
第二节 几种重要的金属元素及其重要化合物	159
一、钛及其重要化合物	159
二、铬及其重要化合物	160
三、锰及其重要化合物	161
四、稀土元素	162
五、合金材料	163
第三节 金属材料的化学与电化学加工	166
一、化学镀	166
二、化学蚀刻	166
三、电镀与电铸	167
四、化学抛光与电解抛光	168
五、电解加工	168
 科苑导读：纳米金属强度或可大幅度调控	158
 扫一扫：铼(Re)，飞机发动机！	165
 网络导航：探访研究材料的科研机构	169
思考题与习题	169
第六章 非金属元素与无机非金属材料	172
第一节 非金属元素概述	172
一、周期系中的非金属元素	172
二、非金属元素单质的物理性质	172
三、非金属元素单质的化学性质	173
第二节 非金属元素的重要化合物	174
一、卤化物	174
二、氧化物	176
三、含氧酸及其盐	178
第三节 耐火、保温与陶瓷材料	183
一、耐火材料	183
二、保温材料	184
三、陶瓷材料	185
第四节 新型无机非金属材料	188
一、半导体材料	188

二、超导材料	191
三、激光材料	192
四、光导材料	195
 扫一扫：看看材料可以轻到什么程度？	183
 科苑导读：“黑金”石墨烯	187
 网络导航：进入材料科学大世界	196
 化学技术：基于分子振动及转动能级跃迁的技术——红外吸收光谱法	198
思考题与习题	196
第七章 有机高分子化合物与高分子材料	200
第一节 高分子化合物的基本概念	200
一、高分子化合物	200
二、高分子化合物的制备	203
三、高聚物的性能	205
第二节 有机高分子材料	208
一、塑料	208
二、合成橡胶	210
三、合成纤维	213
四、高分子材料的老化与防老化	214
第三节 功能高分子材料	215
一、吸附分离高分子	216
二、导电高分子	217
三、医用高分子	219
第四节 复合材料	220
一、复合材料概述	220
二、高分子结构复合材料	220
三、高分子功能复合材料	223
 科苑导读：二氧化碳共聚物	207
 扫一扫：想知道“分子机器”怎样运动吗？	220
 网络导航：通向专利的便车道	223
思考题与习题	224
第八章 化学与能源	226
第一节 能源概述	226
一、能量的形态与能量的转换	226
二、能源的概念与分类	226
第二节 燃料能源	227
一、燃料概述	227
二、几种常见的传统燃料	228

第三节 化学电源	231
一、原电池	231
二、蓄电池	232
三、燃料电池	234
第四节 新能源	235
一、氢能	235
二、核能	239
三、太阳能	242
四、生物质能	244
 科苑导读：续说可燃冰——百慕大“魔鬼三角”释疑	229
 扫一扫：小小锂电池怎样驱动特斯拉？	244
 网络导航：能源发展的目标	245
 化学技术：基于元素质荷比的分析技术——质谱法	246
思考题与习题	245
第九章 化学与环境保护	249
第一节 人类与环境	249
一、环境	249
二、人类与环境的关系	249
第二节 环境污染	250
一、大气污染	251
二、水污染	258
三、土壤污染	261
第三节 环境污染的防治	262
一、大气污染的防治	263
二、水污染的防治	264
三、土壤污染的防治	268
第四节 废弃物的综合利用	268
一、烟尘的综合利用	269
二、废气的综合利用	269
三、废水的综合利用	269
四、垃圾的综合利用	270
五、废渣的综合利用	270
 科苑导读：室内的空气污染也很严重！	257
 扫一扫：你自己也是甲醛的发生器！	262
 网络导航：关心我们的环境	271
思考题与习题	271

第十章 化学与生命	273
第一节 核酸、DNA 与遗传	273
一、核酸	273
二、DNA 的结构	275
三、DNA 的复制	276
第二节 蛋白质的结构与合成	276
一、蛋白质的构成	276
二、蛋白质的结构	279
三、蛋白质的合成	282
第三节 基因工程	282
一、基因工程的应用范围	283
二、DNA 的重组技术——克隆	283
三、转基因作物与食品	283
四、基因诊断与基因疗法	284
 科苑导读：葡萄糖转运蛋白如何工作?	281
 网络导航：了解生命科学的最新进展	285
 化学技术：基于质子磁矩共振的技术——核磁共振波谱法	286
思考题与习题	285
第十一章 化学与生活	289
第一节 膳食营养	289
一、七大营养素	289
二、膳食营养平衡	297
第二节 安全用药	299
一、药物的一般概念	299
二、常用药物举例	299
三、处方药和非处方药	304
第三节 常用化学品	304
一、表面活性剂	304
二、洗涤剂	308
三、牙膏	310
第四节 常用油品	311
一、车用汽油的使用性能	311
二、车用柴油的使用性能	312
三、润滑油(脂)	313
 扫一扫：可救命的红薯	299
 科苑导读：青蒿有效成分提取与分子结构测定	303
 网络导航：五彩缤纷的化学网站	314

思考题与习题	315
第十二章 化学与国防	317
第一节 火药和“军事四弹”	317
一、火药与炸药	317
二、“军事四弹”	320
第二节 化学武器	322
一、化学武器及其危害	322
二、化学武器的特点	324
三、化学武器的防护	325
四、禁止化学武器公约	326
第三节 核武器	327
一、核武器的主要杀伤因素	327
二、原子弹	328
三、氢弹	328
四、中子弹	329
第四节 现代武器装备与化学	330
一、高能炸药	330
二、反装备武器	330
三、军用新材料	332
 科苑导读：中国重新攀上世界火炸药研究最高峰	318
 扫一扫：防弹车的化学因素	333
 网络导航：国防高科技与化学	333
思考题与习题	333
部分习题参考答案	335
参考书目	337
附录	338
附录一 100.000kPa 时一些物质的热力学性质	338
附录二 一些弱电解质的解离常数	346
附录三 配离子的稳定常数	347
附录四 标准电极电势	348
附录五 一些物质的溶度积	351
附录六 常用符号表	352

第一章 化学反应基本规律

(Basic Principles of Chemical Reactions)

研究化学反应(化学变化)主要是要研究反应过程中物质性质的改变、物质间量的变化、能量的交换和传递等方面的问题。在生活和生产实践中,人们更关心物质发生变化的可能性和现实性。事实上,虽然化学变化纷繁复杂,但是其基本规律却是十分简单而清晰的。掌握这些最基本的规律,许多化学反应都是可以认识、利用,甚至是可以控制和设计的。本章介绍了几个基本规律,包括反应的质量和能量守恒、反应的方向、限度和速率。这些基本规律在一些重要反应(如离子反应、氧化还原反应、有机高分子反应等)中的应用,将在后面的章节中陆续介绍。

第一节 几个基本概念

(Some Fundamental Concepts)

为了便于讨论,先介绍几个基本概念。

一、系统和环境

化学是研究物质变化的科学。物质世界是无限的,物质之间又是相互联系的。为了研究的方便,我们把作为研究对象的那一部分物质称为**系统(system)**。例如,研究烧杯中盐酸和氢氧化钠溶液的反应,烧杯中的盐酸和氢氧化钠溶液以及反应产物就可作为一个系统。

人们把系统之外与系统有密切联系的其他物质称为**环境(surroundings)**。

系统和环境之间常进行着物质或能量的交换,按交换的情况不同,热力学系统可分为三类:

敞开系统 系统与环境之间既有物质的交换,又有能量的交换;

封闭系统 系统与环境之间没有物质的交换,只有能量的交换;

孤立系统 系统与环境之间既没有物质的交换,也没有能量的交换。

例如,把一个盛有一定量热水的广口瓶选作系统,则此系统为敞开系统。因为这时在瓶内外除有热量交换外,还不断产生水的蒸发和气体的溶解。如果在广口瓶上加上一个塞子,此系统就成为封闭系统,因为这时系统与环境只有能量的交换。如果再把广口瓶改为保温瓶,则此系统就接近是孤立系统了。当然,绝对的孤立系统是不存在的。

二、相

系统中的任何物理和化学性质完全相同的部分称为**相(phase)**。相与相之间有明确的界面,常以此为特征来区分不同的相。对于相这个概念,要分清以下几种情况:

(1) 一个相不一定是一种物质。例如,气体混合物是由几种物质混合成的,各成分都是

以分子状态均匀分布的, 没有界面存在。这样的系统只有一个相, 称**均相系统**(homogenous system)。溶液和气体混合物都是均相系统。

(2) 要注意“相”和“态”的区别。聚集状态相同的物质在一起, 并不一定是均相系统。例如, 一个油水分层的系统, 虽然都是液态, 但却含有两个相(油相和水相), 油-水界面是很清楚的。又如, 由铁粉和石墨粉混合在一起的固态混合物, 即使肉眼看来很均匀, 但在显微镜下还是可以观察到相的界面, 这样的系统就有两个相。含有两个相或多于两个相的系统称**非均相系统**(heterogeneous system)或复相系统。

(3) 同一种物质可因聚集状态不同而形成复相系统。例如, 水和水面上的水蒸气就是两个相。如果系统中还有冰存在, 就构成了三相系统。

第二节 化学反应中的质量守恒和能量守恒

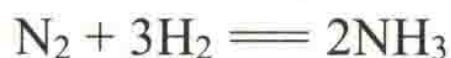
(Laws of Conservation of Matter and Energy in Chemical Reactions)

通过化学反应可以获得不同性质的产物并提供能量。化学反应中新物质的生成总是伴随着能量的变化。本节只讨论化学反应中所遵循的两个基本定律, 即质量守恒定律和能量守恒定律, 这对于科学实验和生产实践有重要指导意义。

一、化学反应质量守恒定律

1748 年, 罗蒙诺索夫(M. B. Ломоносов, 俄)首先提出了物质的**质量守恒定律**(law of conservation of matter): “参加反应的全部物质的质量等于全部反应生成物的质量。”这就是说, 在化学变化中, 物质的性质发生了改变, 但其总质量不会改变。他的结论后来被拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 法)通过一系列实验所证实。这个定律也可表述为**物质不灭定律**: “在化学反应中, 质量既不能创造, 也不能毁灭, 只能由一种形式转变为另一种形式。”

以合成氨的反应为例:



此反应方程式表述了反应物与生成物之间的原子数目和质量的平衡关系, 称为**化学反应计量方程式**(stoichiometric equation)。它是质量守恒定律在化学变化中的具体体现。在化学计量方程式中, 各物质的化学式前的系数称为**化学计量数**(stoichiometric number), 用符号 ν_B 表示, 是量纲为 1 的量。根据反应式所描述的变化, 将反应物(如 N_2 、 H_2)的计量数定为负值, 而生成物(如 NH_3)的计量数定为正值。若以 B 表示物质(反应物或生成物), 则化学计量方程式即可表示为如下的通式:

$$0 = \sum_B \nu_B B \quad (1-1)$$

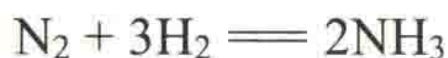
按式(1-1), 合成氨的反应可写为

$$0 = (+2)\text{NH}_3 + (-1)\text{N}_2 + (-3)\text{H}_2$$

即

$$0 = 2\text{NH}_3 - \text{N}_2 - 3\text{H}_2$$

通常的写法是



二、热力学第一定律

人们经过长期的生产实践和科学实验证明：在任何过程中，能量既不能创造，也不能消灭，只能从一种形式转化为另一种形式。在转化过程中，能量的总值不变。这个规律就是能量守恒定律(law of conservation of energy)，而热力学第一定律(the first law of thermodynamics)就是能量守恒定律在热力学过程中的具体表述形式。

要理解热力学第一定律，必须先掌握状态、状态函数和热力学能的概念以及系统与环境进行能量交换的两种形式——热和功。

1. 状态和状态函数

要研究系统的能量变化，就要确定它的状态。系统的状态是由它的性质确定的。例如，要描述一系统中二氧化碳气体的状态，通常可用给定的压力 p 、体积 V 、温度 T 和物质的量 n 来描述。这些性质都有确定值时，二氧化碳气体的“状态”就确定了。所谓系统的状态(state)，就是指用来描述这个系统的性质(如压力、体积、温度、物质的量等)的综合。可见，系统的性质确定，其状态也就确定了。反过来，系统的状态确定，表述其性质的物理量也就有确定的量值。

如果系统中某一个或几个性质发生了变化，系统的状态也就随之发生变化。当然，如果一个系统前后处于两种状态，则其性质必有所不同。这些用于确定系统状态性质的物理量，如压力、体积、温度、物质的量等都称为状态函数(state function)。

系统的各个状态函数之间是互相制约的。例如，对于理想气体来说，如果知道了它的压力、体积、温度、物质的量这四个状态函数中的任意三个，就能用理想气体状态方程式($pV=nRT$)确定第四个状态函数。

状态函数有两个主要性质：

- (1) 系统的状态一定，状态函数就具有确定值。
- (2) 当系统的状态发生变化时，状态函数的改变量只取决于系统的始态和终态，而与变化的途径无关。

现以水的状态变化为例。它由始态(298K, 0.1MPa)变成终态(308K, 0.1MPa)，可以有两种不同的途径，如图 1-1 所示。然而，不管是直接加热一步达到终态，还是经过冷却先到中间态(283K, 0.1MPa)，然后再加热，经两步达到终态，只要始态和终态一定，则其状态函数(如温度 T)的改变量(ΔT)就是定值，即



图 1-1 水的状态变化

$$\Delta T_1 = T_2 - T_1 = 308\text{K} - 298\text{K} = 10\text{K}$$

$$\Delta T_2 = (T_2 - T') + (T' - T_1) = (308 - 283)\text{K} + (283 - 298)\text{K} = 10\text{K}$$

掌握状态函数的性质和特点，对于学习化学热力学是很重要的。因为，状态函数的特性是热力学研究问题的重要基础，也是进行热力学计算的依据。