



全国高职高专化学课程
“十一五”规划教材



○○○○

工作过程导向

物理化学

WULI
HUAXUE

● 刘光东 崔宝秋 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



全国高职高专化学课程
“十一五”规划教材



06
1260



工作过程导向

物理化学

- 主 编 刘光东 崔宝秋
● 副主编 傅佃亮 薛金辉 康艳珍 李玉清
● 参 编 王丽芳 石玉冰 李志华 李景侠
钟 飞



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本教材是应当前教学改革的需要而组织编写的,全书共分10章,第1章为气体,第2章为热力学第一定律及应用,第3章为热力学第二定律及应用,第4章为多组分系统热力学,第5章为相律与相图,第6章为化学平衡,第7章为电化学,第8章为化学动力学,第9章为界面现象,第10章为胶体。每章末附有一定数量的思考题、习题和目标检测题,并在介绍主要理论知识后补充了少量的阅读材料,以扩大学生的知识面。

本书可作为高职高专的化学教育、化工、制药、生物工程、环境保护等专业学生的物理化学课程的教材,也可作为工矿企业、实验室技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

物理化学/刘光东 崔宝秋 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5609-6277-1

I. 物… II. ①刘… ②崔… III. 物理化学-高等学校:技术学院-教材 IV. O64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 100965 号

物理化学

刘光东 崔宝秋 主编

责任编辑:熊彦

封面设计:刘卉

责任校对:张琳

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:仙桃市新华印务有限责任公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:21.75

字数:524千字

版次:2010年8月第1版第1次印刷

定价:33.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专化学课程“十一五”规划教材编委会

主任

- 刘 丛 邢台职业技术学院院长,教育部高职高专材料类教指委副主任委员
王纪安 承德石油高等专科学校党委书记,教育部高职高专材料类教指委委员,工程材料与成形工艺基础分委员会主任
吴国玺 辽宁科技学院副院长,教育部高职高专材料类教指委委员

副主任

- 逯国珍 山东大王职业学院,副院长
孙晋东 山东化工技师学院,副院长
郑桂富 蚌埠学院,教育部高职高专食品类教指委委员
刘向东 内蒙古工业大学,教育部高职高专材料类教指委委员
苑忠国 吉林电子信息职业技术学院,教育部高职高专材料类教指委委员
陈 文 四川广播电视大学,教育部高职高专环保与气象类教指委委员
薛巧英 山西工程职业技术学院,教育部高职高专环保与气象类教指委委员
张宝军 徐州建筑职业技术学院,教育部高职高专环保与气象类教指委委员
张 歧 海南大学,教育部高职高专轻化类教指委委员
雷明智 湖南科技职业学院,教育部高职高专轻化类教指委委员,轻化类教指委皮革分委员会副主任
廖湘萍 湖北轻工职业技术学院,教育部高职高专生物技术类教指委委员
王德芝 信阳农业高等专科学校,教育部高职高专生物技术类教指委委员
翁鸿珍 包头轻工职业技术学院,教育部高职高专生物技术类教指委委员
丁安伟 南京中医药大学,教育部高职高专药品类教指委委员
徐建功 国家食品药品监督管理局培训中心,教育部高职高专药品类教指委委员
徐世义 沈阳药科大学,教育部高职高专药品类教指委委员
张俊松 深圳职业技术学院,教育部高职高专药品类教指委委员
张 滨 长沙环境保护职业技术学院,教育部高职高专食品类教指委食品检测分委员会委员
顾宗珠 广东轻工职业技术学院,教育部高职高专食品类教指委食品加工分委员会委员
蔡 健 苏州农业职业技术学院,教育部高职高专食品类教指委食品加工分委员会委员
丁文才 荆州职业技术学院,教育部高职高专轻化类教指委染整分委员会委员

编委 (按姓氏拼音排序)

白月辉	内蒙古通辽医学院	宋建国	牡丹江大学
曹智启	广东岭南职业技术学院	孙彩兰	抚顺职业技术学院
陈斌	湖南中医药高等专科学校	孙琪娟	陕西纺织服装职业技术学院
陈一飞	嘉兴职业技术学院	孙秋香	湖北第二师范学院
崔宝秋	锦州师范高等专科学校	孙玉泉	潍坊教育学院
丁芳林	湖南生物机电职业技术学院	覃显灿	沙市职业大学
丁树谦	营口职业技术学院	唐福兴	三明职业技术学院
杜萍	黑龙江农垦农业职业技术学院	唐利平	四川化工职业技术学院
傅佃亮	山东铝业职业学院	王方坤	德州科技职业学院
高爽	辽宁经济职业技术学院	王宫南	开封大学
高晓灵	江西陶瓷工艺美术职业技术学院	王和才	苏州农业职业技术学院
高晓松	包头轻工职业技术学院	王华丽	山东药品食品职业学院
巩健	淄博职业学院	王亮	温州科技职业学院
姜建辉	四川中医药高等专科学校	王小平	江西中医药高等专科学校
姜莉莉	黄冈职业技术学院	王晓英	吉林工商学院
金贵峻	甘肃林业职业技术学院	肖兰	天津开发区职业技术学院
李炳诗	信阳职业技术学院	熊俊君	江西应用技术职业学院
李峰	信阳职业技术学院	徐惠娟	辽宁科技学院
李少勇	山东大王职业学院	徐康宁	河套大学
李文典	漯河职业技术学院	徐燊	濮阳职业技术学院
李新宇	北京吉利大学	许晖	蚌埠学院
李训仕	揭阳职业技术学院	薛金辉	吕梁学院
李煜	黑龙江生物科技职业学院	杨波	石家庄职业技术学院
李治龙	新疆塔里木大学	杨靖宇	周口职业技术学院
梁玉勇	铜仁职业技术学院	杨玉红	河南鹤壁职业技术学院
刘丹赤	日照职业技术学院	尹显锋	内江职业技术学院
刘兰泉	重庆三峡职业学院	俞慧玲	宜宾职业技术学院
刘庆文	天津渤海职业技术学院	张虹	山西生物应用职业技术学院
刘旭峰	广东纺织职业技术学院	张怀珠	甘肃农业职业技术学院
龙德清	鄱阳师范高等专科学校	张韧	徐州生物工程高等职业学校
卢洪胜	武汉职业技术学院	张荣	大庆职业学院
陆宁宁	常州纺织服装职业技术学院	张绍军	三门峡职业技术学院
吕方军	山东中医药高等专科学校	张淑云	三明职业技术学院
毛小明	安庆医药高等专科学校	张晓继	辽宁中医药大学职业技术学院
倪洪波	荆州职业技术学院	赵斌	中山火炬职业技术学院
彭建兵	顺德职业技术学院	周金彩	湖南永州职业技术学院
乔明晓	郑州职业技术学院	周西臣	中国石油大学胜利学院
沈发治	扬州工业职业技术学院	朱明发	德州职业技术学院

前言

本书是根据教育部、财政部教高[2006]14号《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》、教高[2006]16号《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》、中办发[2006]15号《关于进一步加强高技能人才工作的意见》,在高职高专相关专业教指委委员的指导下组织编写的。

本书力求体现高职高专教育培养技术应用性人才的特点。在编写时,编者以教学基本要求为依据,贯彻基础理论、基本知识和基本技能,以应用为目的,以“必需、够用”为度,并以“掌握概念,强化应用”为原则来组织教材的内容和结构。为了适应不同专业的需要,本书增编有“*”标记的内容,各专业可根据教学需要自行取舍。每章末编有一定数量的思考题、习题和目标检测题。

全书共分10章,具体编写分工如下:濮阳职业技术学院石玉冰(绪论、第1章),山东铝业职业学院李玉清(第2章),山东铝业职业学院傅佃亮(第3章),沙市职业大学钟飞(第4章),吕梁学院康艳珍(第5章),三门峡职业技术学院李景侠(第6章),锦州师范高等专科学校崔宝秋(第7章),吕梁学院薛金辉(第8章),吕梁学院王丽芳(第9章),湖南中医药高等专科学校李志华(第10章),郧阳师范高等专科学校刘光东(附录)。其中,刘光东、崔宝秋、薛金辉、康艳珍、傅佃亮等参加了部分章节的审稿工作。全书最后由刘光东、崔宝秋统稿。

本书的出版得到了华中科技大学出版社的大力支持和帮助,编者在此表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中难免有疏漏和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编者
2010年1月

目录

绪论	/ 1
第1章 气体	/ 4
1.1 理想气体	/ 4
1.1.1 物质聚集状态与相	/ 5
1.1.2 理想气体状态方程	/ 5
1.1.3 混合理想气体性质	/ 8
1.2 真实气体	/ 11
1.2.1 理想气体与真实气体的偏差	/ 11
* 1.2.2 压缩因子	/ 12
1.2.3 真实气体的状态方程——范德华方程	/ 13
1.3 气体液化	/ 16
1.3.1 相变化	/ 16
1.3.2 液化	/ 16
1.3.3 饱和蒸气压	/ 18
第2章 热力学第一定律及应用	/ 22
2.1 热力学基本概念	/ 23
2.1.1 系统与环境	/ 23
2.1.2 状态与状态函数	/ 24
2.1.3 过程与途径	/ 25
2.1.4 热力学平衡	/ 26
2.1.5 热和功	/ 27
2.1.6 热力学能	/ 32
2.2 热力学第一定律	/ 32
2.2.1 热力学第一定律的文字表述	/ 32
2.2.2 热力学第一定律的数学表达式	/ 33



2.2.3 恒容热与恒压热	/ 34
2.3 热力学第一定律的应用	/ 41
2.3.1 热力学第一定律在气体中的应用	/ 41
2.3.2 热力学第一定律在相变中的应用	/ 44
2.3.3 热力学第一定律在化学反应中的应用	/ 45
第3章 热力学第二定律及应用	/ 63
3.1 自发过程与热力学第二定律	/ 63
3.1.1 自发过程	/ 63
3.1.2 热力学第二定律的经典表述	/ 65
3.2 熵	/ 65
3.2.1 卡诺循环与卡诺定理	/ 65
3.2.2 熵与热力学第二定律	/ 68
3.2.3 熵增加原理与熵判据	/ 71
3.2.4 熵变与热力学第三定律	/ 72
3.3 亥姆霍兹函数与吉布斯函数	/ 79
3.3.1 亥姆霍兹函数	/ 79
3.3.2 吉布斯函数	/ 81
3.4 热力学基本方程	/ 84
3.4.1 热力学函数的一些重要关系式	/ 84
3.4.2 纯物质的两相平衡	/ 89
第4章 多组分系统热力学	/ 96
4.1 化学势	/ 97
4.1.1 偏摩尔量	/ 97
4.1.2 化学势	/ 99
4.2 气体的化学势	/ 101
4.2.1 纯理想气体的化学势	/ 102
4.2.2 理想气态混合物中任意组分的化学势	/ 102
4.2.3 真实气体的化学势	/ 102
4.3 溶液与混合物	/ 103
4.3.1 拉乌尔定律	/ 103
4.3.2 亨利定律	/ 104
4.4 理想液态混合物	/ 106
4.4.1 理想液态混合物	/ 106
4.4.2 理想液态混合物的气液平衡	/ 106

4.4.3 理想液态混合物任意组分的化学势	/ 108
4.5 理想稀薄溶液	/ 109
4.5.1 理想稀薄溶液的定义	/ 109
4.5.2 理想稀薄溶液任意组分的化学势	/ 110
4.5.3 稀薄溶液的依数性	/ 112
4.6 真实溶液和液态混合物	/ 115
4.6.1 真实液态混合物	/ 115
4.6.2 真实溶液	/ 117
第5章 相律与相图	/ 122
5.1 相律	/ 122
5.1.1 相与相数	/ 123
5.1.2 物种数与组分数	/ 123
5.1.3 自由度	/ 124
5.1.4 相律	/ 125
5.2 单组分系统相图	/ 125
5.2.1 水的相平衡实验数据	/ 126
5.2.2 水的相图	/ 126
5.3 二组分系统相图	/ 128
5.3.1 二组分理想液态混合物相图	/ 128
5.3.2 二组分实际液态混合物的气液平衡相图	/ 134
5.3.3 二组分液态部分互溶系统相图	/ 137
5.3.4 二组分液态不互溶系统相图	/ 138
5.3.5 二组分液固系统相图	/ 142
* 5.4 三组分系统相图	/ 149
5.4.1 三组分系统相图的等边三角形表示法	/ 150
5.4.2 三组分部分互溶系统的溶解度图	/ 151
第6章 化学平衡	/ 158
6.1 化学平衡热力学	/ 158
6.1.1 化学反应方向与判据	/ 159
6.1.2 化学平衡条件	/ 159
6.2 化学平衡常数	/ 160
6.2.1 理想气体反应等温方程	/ 160
6.2.2 标准平衡常数的表示方法	/ 161



6.3 标准平衡常数的应用	/ 162
6.3.1 化学平衡的判断	/ 162
6.3.2 化学平衡组成的计算	/ 163
6.3.3 转化率计算	/ 166
6.4 影响化学平衡的因素	/ 167
6.4.1 温度对化学平衡的影响	/ 167
6.4.2 压力对化学平衡的影响	/ 168
6.4.3 惰性气体对化学平衡的影响	/ 169
6.4.4 催化剂对化学平衡的影响	/ 169
6.4.5 其他因素对化学平衡的影响	/ 170
第7章 电化学	/ 176
7.1 电解质溶液	/ 177
7.1.1 电导与电导率	/ 177
7.1.2 离子独立运动定律	/ 178
7.1.3 电导测定与应用	/ 180
7.1.4 电解质离子活度	/ 184
7.2 可逆电池	/ 188
7.2.1 电池	/ 188
7.2.2 可逆电池	/ 191
7.2.3 可逆电池电动势	/ 192
7.2.4 原电池电动势的应用	/ 195
7.3 电极极化与电解	/ 202
7.3.1 电极极化	/ 202
7.3.2 超电势	/ 203
7.3.3 电解池与分解电压	/ 204
7.3.4 电极反应的应用	/ 206
7.4 化学电源与电化学防腐	/ 208
7.4.1 化学电源	/ 208
7.4.2 化学电源最大效率	/ 210
7.4.3 电化学腐蚀	/ 211
7.4.4 电化学防腐	/ 212

第8章 化学动力学	/ 218
------------------	-------

8.1 化学反应速率	/ 219
8.1.1 化学反应速率的概念	/ 219

8.1.2	化学反应速率的测定	/ 220
8.2	化学反应速率方程	/ 220
8.2.1	基元反应与质量作用定律	/ 221
8.2.2	简单级数的反应速率及计算	/ 223
8.2.3	速率方程的建立	/ 232
8.2.4	复杂反应的速率方程及近似处理方法	/ 234
8.3	温度对反应速率的影响	/ 243
8.3.1	阿仑尼乌斯方程	/ 244
8.3.2	活化能	/ 246
8.3.3	反应速率与温度的关系	/ 248
8.4	催化剂与反应速率的关系	/ 249
8.4.1	催化剂的基本概念	/ 249
8.4.2	单相催化反应	/ 251
8.4.3	多相催化反应	/ 252
*8.5	光与反应速率的关系	/ 254
8.5.1	光化学反应	/ 255
8.5.2	光化学基本定律	/ 257
8.5.3	量子效率	/ 257
第9章	界面现象	/ 267
9.1	界面现象的原理与表面张力	/ 267
9.1.1	界面现象的原理	/ 267
9.1.2	表面张力	/ 268
9.1.3	弯曲液面压力	/ 270
9.2	润湿与表面活性剂	/ 272
9.2.1	润湿	/ 272
9.2.2	表面活性剂	/ 275
9.3	表面的吸附作用	/ 279
9.3.1	物理吸附与化学吸附	/ 280
9.3.2	吸附量计算经验公式	/ 281
第10章	胶体	/ 290
10.1	分散系统	/ 290
10.2	溶胶	/ 292
10.2.1	溶胶的制备、稳定与聚沉	/ 292
10.2.2	溶胶的基本性质	/ 297



10.3 乳状液	/ 305
10.4 高分子溶液	/ 306
附录	/ 312
附录 A 基本物理常量	/ 312
附录 B 相对原子质量	/ 312
附录 C 拉丁字母	/ 314
附录 D 中华人民共和国法定计量单位	/ 315
附录 E 常用数学公式	/ 318
附录 F 物质的标准摩尔生成焓、标准摩尔生成吉布斯函数、 标准摩尔熵和摩尔定压热容 (100 kPa)	/ 319
附录 G 物质的摩尔定压热容 (100 kPa)	/ 323
附录 H 希腊字母	/ 327
附录 I 某些有机化合物的标准摩尔燃烧焓	/ 328
附录 J 本书所用的主要符号一览表	/ 328
参考文献	/ 334



绪 论

1. 物理化学的研究内容

物理化学是从物质的物理现象与化学现象的联系入手,利用物理学的理论和实验方法来探求化学变化的基本规律的学科。物理化学所探讨和力求解决的主要问题有三个方面。

(1) 化学变化的方向及限度问题。

以热力学的基本原理和方法解决化学变化及相变化的方向和限度问题。比如一个化学变化在指定的条件下能否进行?向什么方向进行?它将达到什么限度?对于一个指定的反应,能量的变化究竟有多少?外界条件(如温度、压力、浓度等因素)的变化对化学变化的方向和限度有何影响?如何控制外界条件使反应向人们所预定的方向进行,从而使化学反应获得的产率最大,提供的能量最多,取得的效率最高?这些问题都属于物理化学的一个分支——化学热力学(chemical thermodynamic)的研究范畴,它主要解决化学反应的方向和限度的问题,研究反应的可能性问题。

(2) 化学反应的速率及机理问题。

一个化学反应进行得快慢即在单位时间内能产生多少产物?化学反应是如何进行的,即反应的机理是什么?外界条件(如温度、压力、浓度、催化剂等)对反应速率有何影响?如何选择最佳途径、控制反应按预期的方式进行?这些问题都属于物理化学的另一个分支——化学动力学(chemical engineering kinetics)的研究范畴,它主要解决化学反应的速率及机理问题,即化学反应的现实性问题。

(3) 物质的结构和性能之间的关系问题。

物质的性质从本质上说是由物质内部的结构所决定的,对于化学反应,无论是热力学问题还是动力学问题,本质上都取决于分子或原子的性质以及它们的相互作用。因此,必须了解物质的内部结构,只有深入了解物质的内部结构,才能真正理解化学变化的内因,且可以预见在适当的外界条件下,物质结构将发生什么样的变化,这些问题都属于物理化学的另一个分支——物质结构(substantial structure)(结构化学)的研究范畴,它主要从微观的角度解决化学反应的本质问题。

以上三个方面的内容往往是相互联系、相互制约而不是孤立的。因此,化学热力学、化学动力学和结构化学一起构成了物理化学的三大支柱。除上述三个分支学科外,物理



化学还包括电化学、表面化学、胶体化学等内容。

对高等职业技术学院,本着“理论以够用为度”的原则,按照物理化学课程的教学基本要求,物理化学课程中不包括量子化学、结构化学和统计热力学等内容。若某些专业对这些内容有特殊需要,则可另外单独设课。

虽然物理化学学科领域中的某些内容不包括在本课程基本内容之内,但学习时对物理化学学科领域的总体发展应该有所了解。现代物理化学发展的新动向、新趋势集中表现在:从平衡态向非平衡态,从静态向动态,从宏观向微观,从体相向表面相,从线性向非线性,从纳秒向飞秒发展,并在材料技术、能源技术、生物技术、海洋技术、空间技术、信息技术、生态环境技术等领域中显示出亮丽的应用前景。

2. 物理化学的研究方法

物理化学是自然科学的一个分支,因而一般的科学研究方法对物理化学也是完全适用的。它大致分为三个步骤。首先是观察客观现象,进行有计划的能重现的实验,搜集有关资料。其次是整理这些资料,进行分析,总结出普遍规律,称为经验定律。最后,为了解释这种定律的内在原因,就须根据已知的实验事实通过归纳思维,提出假说(或模型);根据假说作逻辑性的演绎推理,还可以预测客观事物新的现象和规律。如果这种预测能为多方面的实践所验证,则这种假说就成为理论或学说。理论和实践一样是很重要的东西,但随着人们实践范围的扩大,以及实验工具和实验技术的改进,又会不断提出新的问题和观察到新的现象。如果新的事实与旧理论发生矛盾、不能为旧理论所解释,则必须对旧理论加以修正,甚至抛弃旧理论而另建新的理论。总之,认识来源于实践,实践是检验真理的唯一标准,物理化学的基本原理都是来自于生产实践和科学实验的,实践是第一位的。任何一门科学都是由感性认识、积累经验、总结归纳,提高到理性认识的。理性认识又反过来指导实践,成为推求未知事物的根据。这正是辩证唯物论的认识论。因此,在物理化学的研究中,应当充分重视实验的重要性,任何认为物理化学是专搞理论因而轻视实验的想法都是错误的。

由于学科本身的特殊性,除必须遵循一般的科学方法外,物理化学还有自己的具有学科特征的理论研究方法,这就是热力学方法、量子力学方法、统计热力学方法。本课程中主要应用热力学方法。热力学方法是一种宏观方法,它是以大量质点组成的宏观体系为研究对象,并不涉及质点的结构,并以两个热力学定律为基础的。通过严密的论证和逻辑推理,根据体系始态和终态的宏观性质(如温度、压力、浓度和体积等),应用热力学函数,即可判断变化的方向和找到平衡(即限度)的条件。热力学只要知道系统宏观状态的始终态,不去追究其内部结构,即“知其然,不知其所以然”,并由此得出许多普遍性的结论。热力学方法简单易行,答案肯定,结论十分可靠,因此得到广泛应用,至今还是许多科学的基础。但它的不足之处就是不能深入了解物质的内部结构,因而只知道变化的结果,而不能说明所起变化的内在原因。而统计热力学方法是应用统计的方法和概率规律来研究多质点宏观体系。由于这种体系对外表现的宏观现象,都是其内在质点微观运动的统计平均结果,故可根据构成宏观物体的各个微观质点的运动做出一定的模型;然后按此模型进行统计处理,以解释所观察到的宏观现象,从而认识其微观性质。这一方法的理论根据是统计力学,它是联系宏观和微观的桥梁。量子力学方法是一种微观的方法,是从能量的量子

化发展起来的。它是应用量子力学的原理研究微观粒子的运动行为,在研究微观客体(如分子、原子、原子核等)结构时,量子力学是极其重要的理论工具。

总而言之,物理化学的研究方法可分为两类。一是宏观归纳法,即由大量实验所得实验数据进行分析、归纳,概括为定律或原理,从而得出宏观规律的理论。例如,热力学第一、第二定律就是由前人从实验中总结出来的。二是微观演绎方法,即根据已有的知识,提出假设和模型,再通过数学运算和演绎、推理,提出微观规律的理论。如化学反应速率理论、溶液理论等。这两种方法各具特点和应用范围,自成体系,它们相互联系、相互补充。正是宏观与微观研究方法的结合,使人们对物质世界宏观规律的认识,深入到了微观的本质。

对于高等职业技术学院的学生,依据课程的教学基本要求,学习物理化学时只要求掌握热力学方法。

学习物理化学时,不但要学好物理化学的基本内容,即掌握必要的物理化学基本知识,而且要注意物理化学的研究方法的学习并积极参与实践。可以说无知便无能,但有知不一定有能,只有把知识与方法相结合并应用到实践中才会培养创新能力。

知识+方法+实践=创新能力

教师在讲授物理化学时应当把科学方法的讲授放在重要位置。中国有句俗语,即“授人以鱼,不如授人以渔”。给人一条鱼只能美餐一次,但教给人捕鱼的方法可使人受用终生。

第 1 章

气 体



学习目标

初步了解相和相变化,理解饱和蒸气压的概念和物质的临界状态。能够理解气体混合物中某组分分压的定义及分压定律、分体积的定义及分体积定律,知道实际气体与理想气体的偏差、范德华方程的表达式中压力与体积修正项的意义以及压缩因子。能够运用理想气体状态方程计算理想气体的压力、温度、体积、物质的量、质量以及密度等物理量。

1.1 理想气体

人类赖以生存的世界,是由大量的原子、分子等微观粒子聚集而成的物质世界。气体、液体、固体是我们所熟知的物质的三种主要聚集状态。在这些聚集状态中,微观粒子之间都存在着相互作用力,并处于永不休止的热运动之中。

各种各样的气体广泛存在于人类生活的空间之中,对人类的生存起着重要的影响。在化工生产中,因为气体具有良好的流动性和混合性,所以许多反应物质经常是以气态形式存在。在通常条件下,与液体、固体相比,气体分子之间的距离要大得多,分子之间的相互作用力要小得多,因而描述其宏观性质的规律也简单得多。因此,在学习化学热力学和化学动力学时,总是首先把气体作为研究对象,然后再推广到液体和固体。总之,研究气体既有重大的实际意义,又有重要的理论意义。在本书中,将把气体(特别是理想气体)作为主要的研究对象。

人类在长期实践中总结出来的一些描述气体宏观性质的规律是学习以后各章节的基础。本章将首先从最简单的理想气体入手,介绍描述理想气体性质的理想气体状态方程和分压定律。然后,通过比较真实气体与理想气体的差异,进一步研究描述真实气体性质

的规律与方法。



1.1.1 物质聚集状态与相

世界是由物质组成的。在通常情况下,物质有三种可能的聚集状态,即气态、液态和固态,这些聚集状态的物质就是我们通常所说的宏观实物,相对应地称为气体、液体和固体。物质是由大量分子组成的,分子都在不停地运动着,分子之间存在着相互作用力。固体、液体都具有一定的体积,固体还具有一定的形状,说明分子之间存在着相互作用力,这种作用力使分子聚集在一起而不分开。当对固体或液体施加一定压力时,它们的体积变化很小,表明分子之间的距离很近,存在着很强的相互作用力。在通常情况下,分子之间的相互作用力倾向于使分子聚集在一起,并在空间形成一种较有规律的有序排列。随着温度的升高,分子的热运动加剧。分子的热运动力图破坏固体或液体的有序排列而变成无序状态。当温度升高到一定程度,热运动足以破坏原有的排列秩序时,物质的宏观状态就可能发生突变,即从一种聚集状态变为另一种聚集状态,例如从固态变成液态,液态再变为气态。当温度再继续升高到一定程度,外界所提供的能量足以破坏分子中的原子核和电子的结合时,气体就电离成为自由电子和正离子,即形成物质的第四态——等离子态。气体、液体和等离子态物质都可以在外力场作用下流动,所以也统称为流体。

物质的气、液、固三态中,气体的运动规律最简单,人们对它的认识也较清楚;固体由于其质点排列的周期性,人们对其也有较清楚的认识;而对液体的认识则相对少一些。

相是指体系内部具有相同的物理性质与化学性质的所有均匀部分。对于一切低压及中压下的混合气体,由于各种气体的分子可以任意扩散而最后达到均匀的平衡状态,因而是一相。几种液态物质所组成的体系可以是一相,也可以是几相共存。例如在水中加入少量的酚,或在液态酚中加入少量的水,则前者是酚在水中的溶液,后者是水在酚中的溶液,均分别为一相。在室温下如果将数量大致相等的水与酚放在一起进行振摇,静置后仍能分成两个液层。这两个液层的物理性质,例如相对密度、折光率、黏度等均不相同,并且在两个液层间有一个明显的界面,用机械方法可以将两个液层彼此分离。由于每个液层中具有相同的物理性质与化学性质,所以每个液层就是一相,整个体系便是二相平衡体系。对于含有大小冰块的冰水体系,其中的水当然是一相;而大小不等的所有冰块,其间虽有界面,但是它们具有相同的物理性质与化学性质,因而仍然是一相。对于含有两种物质的固态混合物,不论将它们研磨得如何细,拌得如何匀,仍然是二相混合物。有些混旋物质,例如左旋与右旋的酒石酸混合物,由于它们的分子结构不同,具有不同的旋光性,也属于不同的相。



1.1.2 理想气体状态方程

气体有各种各样的性质。对一定量的纯气体而言,压力、温度和体积是三个最基本的性质。对于气体混合物来说,除上述物理量外,其基本性质还应包括混合物的组成。

由于气体分子不停地作无规则的热运动,气体分子不断地与容器壁碰撞,对器壁产生