



四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：化工热力学

授课班级：化学工程与工艺

任课教师：崔益顺

工作部门：化学工程学院

联系方式：13990031496

四川轻化工大学 制

2025 年 08 月

《化工热力学》课程实施大纲

基本信息

课程代码： 16151003

课程名称：化工热力学 (Chemical engineering thermodynamics)

学 分： 3

总 学 时： 48

学 期： 第 5 学期

上课时间： 2025.9-2026.12

上课时间地点：

班级	工艺2023级1、4班
上课	星期三 (1, 2节)
时间	1-12周 N1-113
地点	星期五 (7, 8节)
	1-12周 N1-113

答疑时间和方式： 课间、课余时间、考前集中 (时间)

课间答疑、电话答疑、QQ答疑 (方式)

答疑地点： 上课教室、教研室 (第二实验楼 5090)

授课班级： 2023 级化学工程与工艺 1、4 班

任课教师： 崔益顺

学 院： 化学工程学院

邮 箱： yishuncui@126.com, QQ: 493445756

联系电话： 13990031496 (V 网： 62132)

目录

1 教学理念	1
1.1 学生的发展	1
1.2 教学的有效性	2
1.3 教学的策略	3
2 课程介绍	4
2.1 课程的性质	4
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用	4
2.3 课程的历史与传统文化	5
2.4 课程的前沿及发展趋势	5
2.5 课程与经济社会发展的关系	6
2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题	6
2.7 学习本课程的必要性	7
3 教师简介	7
3.1 教师的职称、学历	7
3.2 教育背景	7
3.3 研究方向、项目、论文	7
3.4 获奖情况	8
4 先修课程	8
5 课程目标	8

6 课程内容	8
6.1 课程的内容概要	8
6.2 教学重点、难点	10
6.3 学时安排	11
6.4 对毕业要求的支撑	12
7 课程实施	12
7.1 教学单元一	13
7.1.1 教学日期	13
7.1.2 教学目标	13
7.1.3 教学内容	14
7.1.4 教学过程	14
7.1.5 教学方法	15
7.1.6 作业安排及课后思考	15
7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	15
7.1.8 参考资料	15
7.2 教学单元二	15
7.2.1 教学日期	15
7.2.2 教学目标	15
7.2.3 教学内容	16
7.2.4 教学过程	16
7.2.5 教学方法	17
7.2.6 作业安排及课后思考	17

7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	17
7.2.8 参考资料	17
7.3 教学单元三	17
7.3.1 教学日期	17
7.3.2 教学目标	18
7.3.3 教学内容	18
7.3.4 教学过程	18
7.3.5 教学方法	19
7.3.6 作业安排及课后思考	19
7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	19
7.3.8 参考资料	19
7.4 教学单元四	19
7.4.1 教学日期	19
7.4.2 教学目标	20
7.4.3 教学内容	20
7.4.4 教学过程	20
7.4.5 教学方法	20
7.4.6 作业安排及课后思考	21
7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	21
7.4.8 参考资料	21
7.5 教学单元五	21
7.5.1 教学日期	21

7.5.2 教学目标.....	21
7.5.3 教学内容.....	22
7.5.4 教学过程.....	22
7.5.5 教学方法.....	23
7.5.6 作业安排及课后思考.....	23
7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	23
7.5.8 参考资料.....	23
7.6 教学单元六.....	23
7.6.1 教学日期.....	23
7.6.2 教学目标.....	24
7.6.3 教学内容.....	24
7.6.4 教学过程.....	24
7.6.5 教学方法.....	24
7.6.6 作业安排及课后思考.....	25
7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	25
7.6.8 参考资料.....	25
7.7 教学单元七.....	25
7.7.1 教学日期.....	25
7.7.2 教学目标.....	25
7.7.3 教学内容.....	25
7.7.4 教学过程.....	26
7.7.5 教学方法.....	26

7.7.6 作业安排及课后思考	26
7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	26
7.7.8 参考资料	26
7.8 教学单元八	27
7.8.1 教学日期	27
7.8.2 教学目标	27
7.8.3 教学内容	27
7.8.4 教学过程	27
7.8.5 教学方法	28
7.8.6 作业安排及课后思考	28
7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	28
7.8.8 参考资料	28
7.9 教学单元九	28
7.9.1 教学日期	28
7.9.2 教学目标	29
7.9.3 教学内容	29
7.9.4 教学过程	29
7.9.5 教学方法	29
7.9.6 作业安排及课后思考	30
7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	30
7.9.8 参考资料	30
7.10 教学单元十	30

7.10.1 教学日期.....	30
7.10.2 教学目标.....	30
7.10.3 教学内容.....	31
7.10.4 教学过程.....	31
7.10.5 教学方法.....	31
7.10.6 作业安排及课后思考	31
7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	31
7.10.8 参考资料.....	32
7.11 教学单元十一.....	32
7.11.1 教学日期.....	32
7.11.2 教学目标.....	32
7.11.3 教学内容.....	32
7.11.4 教学过程.....	32
7.11.5 教学方法.....	33
7.11.6 作业安排及课后思考	33
7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	33
7.11.8 参考资料.....	33
7.12 教学单元十二.....	33
7.12.1 教学日期.....	33
7.12.2 教学目标.....	34
7.12.3 教学内容.....	34
7.12.4 教学过程.....	34

7.12.5 教学方法.....	34
7.12.6 作业安排及课后思考	35
7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	35
7.12.8 参考资料.....	35
7.13 教学单元十三.....	35
7.13.1 教学日期.....	35
7.13.2 教学目标.....	35
7.13.3 教学内容.....	36
7.13.4 教学过程.....	36
7.13.5 教学方法.....	36
7.13.6 作业安排及课后思考	36
7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	37
7.13.8 参考资料.....	37
7.14 教学单元十四.....	37
7.14.1 教学日期.....	37
7.14.2 教学目标.....	37
7.14.3 教学内容.....	37
7.14.4 教学过程.....	38
7.14.5 教学方法.....	38
7.14.6 作业安排及课后思考	38
7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	38
7.14.8 参考资料.....	38

7.15 教学单元十五.....	39
7. 15. 1 教学日期.....	39
7. 15. 2 教学目标.....	39
7. 15. 3 教学内容.....	39
7. 15. 4 教学过程.....	40
7. 15. 5 教学方法.....	40
7. 15. 6 作业安排及课后思考	40
7. 15. 7 课前准备情况及其他相关特殊要求	40
7. 15. 8 参考资料.....	40
7.16 教学单元十六.....	41
7. 16. 1 教学日期.....	41
7. 16. 2 教学目标.....	41
7. 16. 3 教学内容.....	41
7. 16. 4 教学过程.....	41
7. 16. 5 教学方法.....	42
7. 16. 6 作业安排及课后思考	42
7. 16. 7 课前准备情况及其他相关特殊要求	42
7. 16. 8 参考资料.....	42
7.17 教学单元十七.....	43
7. 17. 1 教学日期.....	43
7. 17. 2 教学目标.....	43
7. 17. 3 教学内容.....	43

7.17.4 教学过程.....	43
7.17.5 教学方法.....	44
7.17.6 作业安排及课后思考.....	44
7.17.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	44
7.17.8 参考资料.....	44
7.18 教学单元十八.....	44
7.18.1 教学日期.....	44
7.18.2 教学目标.....	45
7.18.3 教学内容.....	45
7.18.4 教学过程.....	45
7.18.5 教学方法.....	45
7.18.6 作业安排及课后思考.....	45
7.18.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	46
7.18.8 参考资料.....	46
7.19 教学单元十九.....	46
7.19.1 教学日期.....	46
7.19.2 教学目标.....	46
7.19.3 教学内容.....	47
7.19.4 教学过程.....	47
7.19.5 教学方法.....	47
7.19.6 作业安排及课后思考.....	47
7.19.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	48

7. 19. 8 参考资料.....	48
7.20 期中考试单元.....	48
7. 20. 1 教学日期.....	48
7. 20. 2 教学目标.....	48
7. 20. 3 教学过程.....	49
7. 20. 4 教学方法.....	49
8 课程要求.....	49
8.1 学生自学要求.....	49
8.2 课外阅读要求.....	49
8.3 课堂讨论的要求.....	50
9 课程考核.....	50
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业等的要求.....	50
9.2 成绩的构成与评分规则说明.....	50
9.3 考试形式及说明（含补考）.....	51
10 学术诚信规定.....	51
10.1 考试违规与作弊.....	51
10.2 其它诚信规定.....	51
11 课堂规范.....	52
11.1 课堂纪律.....	52
11.2 课堂礼仪.....	52

12 课程资源	53
12.1 教材与参考书	53
12.2 专业刊物	53
12.3 网络课程资源	54
12.4 课外阅读资源	54
13 教学合约	54
13.1 阅读课程实施大纲，理解其内容	54
13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望	54

1 教学理念

1.1 学生的发展

本课程实施大纲结合化学工程与工艺国家级特色专业建设以及工程教育专业认证标准,针对化学工程与工艺专业的培养目标,以化学工程与工艺专业普通高等学校本科工程教育认证为指导,按照“宽口径、重理论、强能力”的总体思路,培养和训练学生的工程意识、创新意识和专业应用能力来制定课程实施大纲,以期对培养具有较宽厚的基础理论和专门知识,能在化工、炼油、冶金、能源、轻工、医药、环保和军工等部门从事工程设计、技术开发、生产技术管理和科学研究等方面工作的应用型工程技术人才的目标作最大贡献。课程的实施对学生的发展给予高度的关注:

1. 培养学生的综合素质

本课程不仅要培养本专业技术技能人才,还要培养学生“平等、民主、自由”的人文社会科学素养;培养学生创新意识、社会责任感、工程职业道德、节能意识,掌握文献资料查询及运用现代信息技术获取相关信息的基本方法,了解与本专业相关的职业和行业的生产、设计、研究与开发、环境保护和可持续发展等方面的方针、政策和法律、法规,能正确认识工程对于客观世界和社会的影响。

2、坚持以现代教育理念为先导,实现“学生中心、教师主体”的大学教育观。

为了最大程度的帮助学生学习,教学过程中师生之间必须形成平等、民主、和谐的情感关系,师生在心理上能够互相包容,在心灵上能够互相接纳,能营造民主、和谐的课堂气氛,与学生一起平等、互动地参与课堂教学,激发学生学习兴趣和求知欲。尊重学生的个性,理解学生的情感,包容学生的缺点和不足,善于发现每一个学生的长处和闪光点,让所有学生都成长为有用之才。教与学的相互作用,就是教师与学生的心灵沟通和碰撞。这种碰撞是点燃学生心灵的火苗,它能让学生在浓厚的学术氛围之中成长,无论学生今后选择什么样的职业,所受的教育都会赐予他们无穷的力量,这种力量会促进学生的发展,让学生的潜能浮出水面、个性得到张扬,为他们未来更有成效的生活奠定坚实的保障。

3、明确学生主体,改革传统授课模式。

授课的目的是帮助学生真正理解并掌握相关知识。改变传统教学模式，内容包括：计划的理论教学、解答学生自学存在的问题、课堂提问、课堂讨论等；安排课外阅读，并鼓励学生参加与课程相关的各种竞赛、大学生创新项目和聆听与专业相关的学术报告；考核方式也多种多样，可以更科学合理的考查学生的能力。多元化的教学模式，旨在调动学生的学习兴趣和，培养学生查阅文献能力、工程运用能力和创新能力等。

4、课程内容及时更新，始终注意把教改教研成果或学科最新发展成果引入教学。

作为教师，不仅必须精心准备课程内容，还应领会本课程应培养学生的哪些能力和素质，以便设计课程。了解学生的前修课程，帮助学生理解问题，解决问题，并鼓励学生自主学习，相互讨论，合作学习。同时要积极地调动学生的学习兴趣和热情，启迪学生，通过对学生引导和督促，变被动学习为主动学习。同时，要紧跟社会形势的发展变化，及时更新教学内容，将新知识、新理论和新技术以及科学研究的成果充实到教学内容中，补充工厂实际案例，提高学生学习兴趣，为学生提供符合时代需要的课程体系和教学内容。

1.2 教学的有效性

《化工热力学》是高等学校化学工程学科的一个重要分支，是化学工程与工艺类专业的专业基础课之一，是化工过程研究、开发和设计的理论基础，在科研和生产领域具有不可缺少的地位

课程的教学目标是：

1.通过本课程的学习，使学生能系统地应用化工热力学的基本知识和基本方法对化工过程进行热力学分析，为化工过程开发与设计、化学反应器、分离装置和过程控制的设计研究提供流体的热力学性质和平衡数据。

2.通过本课程的学习，培养学生运用经典热力学的原理，结合反映系统特征的数学模型，解决工业过程(特别是化工过程)中热力学性质的计算和预测、能量的相互转化和有效利用等问题。培养学生分析问题、解决问题的能力，使学生学会运用热力学基本原理去分析工程问题和处理化学工程中的实际问题。

3.通过本课程学习，使得学生具备正确的世界观和价值观，具有良好的职业道德、行业责任感和社会责任感；培养学生的自学能力和独立工作能力，例如，寻找、阅读有关手册、参考书、文献资料并理解其内容。

为达到此目标：

1、教师素质要求

任课教师具有足够的教学能力、专业水平、工程经验、沟通能力、职业发展能力，并且能够开展工程实践问题研究，参与学术交流。教师的教育背景和工程背景都能满足专业教学的要求；教师有足够时间和精力投入到本科教学和学生指导中，并积极参与教学研究与改革；教师能为学生提供指导、咨询、服务，并对学生职业生涯规划、职业从教育教育有足够的指导。

任课教师明确在教学质量提升过程中的责任，并能不断改进工作，满足培养目标要求。教师有强烈的教学责任意识和对教学的投入；拥有积极的教学态度；丰富的教学知识；能认真组织每一教学单元的教学。丰富的教学内容，并配以行之有效的教学方法，最大限度达到预期教学目标，让学生获得良好的发展。

2、更新教学观念，改革教学模式，提升教学效果

本课程的教学完全遵照课程实施大纲的要求进行，并注重课前准备和授课的针对性，让学生带着问题听课，课后能解决问题，并充分利用学校资源，注重培养学生主动的工程实践能力，强调理论与实践的结合。

加强课前预习、课堂讨论和课后思考，培养学生的自学能力、文献检索能力，掌握资料查询及运用现代信息技术获取相关信息的基本方法。

改革考核方式。将平时成绩在总成绩中的比例提高到 40%。平时自学、预习情况的考察、课堂讨论表现、出勤情况、作业情况等作为平时成绩的考核重点。在激发学生自主学习热情的同时，也培养了学生的自学能力和创新能力。

加大课后辅导答疑的时间和方式。每周至少 1 次教研室答疑，同时，还鼓励学生电话答疑和电子邮件答疑等多种形式，以期最快解决学生在学习过程中遇到的问题。

1.3 教学的策略

人才的培养依赖于学校的良好氛围，教学理念体现“学生中心、教师主体”的大学教育观，构建交互合作的师生实践共同体。本课程教学灵活，使用讲授、自学、预习、课堂讨论、答疑、课后练习等多种方式，根据各教学单元内容的特点采用不同的教学方式，在课程的学习中留给学生思考的时间和空时。课程讲授重点在引导学生把握该课程的思维方式和研究方法，讲授核心的知识点，对重点、难点讲深讲透；浅显的内容，课

前布置学生自学，课堂上讨论；教师在教学过程中突出重点、分散难点，使学生对于主要的内容有清晰、深刻的印象，牢固掌握所学知识。

教学中主要采用下面一些教学方法与手段：

1、教学方法

1) 启发式教学：在教学过程中，要求学生预习，结合师生提问和分析的方法，循序渐进地引导，调动学生学习的主动性、积极性，以使学生更好地掌握知识、发展智力、提高分析问题和解决问题的能力。

2) 讨论式教学：在教学过程中师生共同讨论问题，以激发学生积极思维，加深学生对知识的理解掌握，从而激发学生的学习热情，活跃课堂气氛，达到教学互动的目的。

2、教学手段

课程的设计必须考虑到学生的兴趣与需要。作为教师，鼓励或激发学习兴趣是最好的教学方式。本课程实践性较强，概念多而抽象、公式繁而复杂、理论性强且难以理解的特点，采用多媒体的教学方式，丰富教学手段，加大授课信息量，通过图片、过程示意等方式分解热力学过程，使得学生对知识掌握得更加透彻，更加形象，更加容易理解与记忆。课程讲授重点在引导学生把握该课程的思维方式和研究方法，讲授核心的知识点，以突出重点，精讲多练为原则，对重点、难点讲深讲透，引导学生多角度、深层次地理解基本原理；部分章节学生自学，课堂讨论，老师再分析点评；同时融入化工热力学科学研究的相关成果，加强理论与实际相结合，通过工厂实际案例的分析、讲解，培养学生创新意识、工程观点以及节能降耗意识，提高学生综合能力和创新能力。

2 课程介绍

2.1 课程的性质

《《化工热力学》》是化学工程与工艺学生的专业学位课、专业核心课程之一，必修课程，课程学时 48，学分 3，考核形式为考试。

2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

化工热力学是化学工程的重要分支和基础学科，是由化学热力学与工程热力学派生

的一门学科，是化工过程开发、设计和生产的重要理论依据。国家教委将其列为化学工程与工艺专业的主干专业基础课之一。化工热力学是化学工程与工艺专业的其它专业基础课和专业课的重要基础，又与前修课程物理化学有着十分密切的关系，因此它在化学工程与工艺专业的课程体系中有承上启下的重要作用。牢固掌握本课程的内容不仅对学生顺利完成专业课的学习起到关键作用，而且对毕业后从事化工研究、产品开发、过程设计的学生也是重要的工具和基础，热力学原理在解决化工实际问题中起着非常重要的作用。该课程的基本任务就是运用经典热力学的原理，结合反映系统特征的数学模型，解决工业过程（特别是化工过程）中热力学性质的计算和预测、相平衡和化学平衡的计算、能量的相互转化和有效利用等问题。通过本课程的学习，使学生学会运用热力学基本原理去分析工程问题和处理化学工程中的实际问题。

2.3 课程的历史与文化传统

《化工热力学》是化学工程与工艺类专业的专业基础课之一，高等学校化学工程学科的一个重要分支，是化工过程研究、开发和设计的理论基础，在科研和生产领域具有不可缺少的地位。国内老牌化工院校早在 50 年代就开设了这门课程。我校从 1984 年开始设置化工专业以来，就把化工热力学作为一门重要的专业基础课开设起来，在多年的教学发展中形成了具有自身特色的教学体系，强调基础，拓宽适用面，引入新兴领域的发展等。

2.4 课程的前沿及发展趋势

《化工热力学》是高等学校化学工程学科的一个重要分支，是化学工程与工艺类专业的专业基础课之一，是化工过程研究、开发和设计的理论基础，在科研和生产领域具有不可缺少的地位。化工热力学在化学工程领域的重要地位始终是无法动摇的，19 世纪八十年代初加拿大教授陆志禹回国主持了两次化工热力学讲习班后，我国的化工热力学领域迎来了第一个春天。之后，时钧院士等老一辈科学家们大力倡导进行化工热力学的研究，形成了一支素质较好的研究队伍。为促进国际交流，1988 年，中国化工学会主办了首届北京国际化工热力学讨论会，著名学者如美国教授 Gubbins、赵广绪和 Teja，日本教授小岛和夫，创建 PR 状态方程的加拿大教授 Robinson 和 Peng 等都出席了会议，会议的成功召开标志着我国这方面的研究已登上了国际交流大舞台，在相平衡方面开展

的热力学研究对我国化学工业发挥了重要作用。进入新世纪，化学工程向能源、环境等新领域渗透，国家自然科学基金委再次重视化工热力学的基础研究，先后与美国科学基金会等共同组织了多次高层次的国际会议，提炼科研中的新问题，促进学科发展。同时老一辈科学家们培养出大批新人才，他们中很多出国深造后又归国，逐渐形成了一股强大的新生力量。此时，热力学已悄悄地迈进了第二个春天，化工热力学就是为“节能减排”而生的。近年来化工热力学领域获国家自然科学基金项目近百项。这些均表明我国化工热力学领域正在蓬勃发展。化工热力学课程最大的特点是严谨，能培养学生推理、演绎能力。

2.5 课程与经济社会发展的关系

2007年6月3日，国务院印发了发展改革委员会同有关部门制定的《节能减排综合性工作方案》，2007年9月1日，由发展改革委、中宣部等17部门联合举办的“节能减排全民行动”系列活动在北京人民大会堂举行启动仪式。节能减排关系到经济社会可持续发展，关系到广大人民群众切身利益。为了推动全社会节约能源，提高能源利用效率，保护和改善环境，促进经济社会全面协调可持续发展，2007年10月28日十届全国人大常委会第三十次会议修订通过《中华人民共和国节约能源法》，自2008年4月1日起施行。经济发展与节能降耗二者是对立统一的。资源是人类赖以生存和发展的基础，是经济发展的物质保证，资源的承载能力制约着经济发展。节约资源，使有限资源实现效益最大化，有利于经济的长远发展；反之，单纯依靠物质资源的高消耗实现经济发展是不能持久的。经济的健康发展，有助于促使资源的合理开发和利用，也能提高节能的投入，从而促使资源得到节约和保护。化工热力学就是为“节能减排”而生的，运用经典热力学的原理，结合反映系统特征的数学模型，解决工业过程中热力学性质的计算和预测、能量的相互转化和有效利用等问题。

2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

通过本课程教学，不仅让学生掌握相应的专业知识，具有专业技能；还要培养学生“平等、民主、自由”的人文社会科学素养；培养学生高度的社会担当、持续的进取心、创新意识和批判思维；培养学生严谨的工作作风，良好的职业道德，较强的工程技术与自然、社会可持续发展的意识、节能降耗意识；坚定的科学信念，坚韧的毅力，奋发的精神。

2.7 学习本课程的必要性

《化工热力学》是化学工程与工艺专业学生的专业基础课之一，已成为化学工程的分支学科之一，是一门应用性强的学科，是分离工程、化学反应工程、化工工艺学、化工设计等后续课程的重要基础，因此对该课程的充分掌握和具体运用是对化工类学生的必须要求。通过本课程的学习，使学生能系统地应用化工热力学的基本知识和基本方法对化工过程进行热力学分析，为化工过程开发与设计、化学反应器、分离装置和过程控制的设计研究提供流体的热力学性质和平衡数据。培养学生分析问题、解决问题的能力，使学生学会运用热力学基本原理去分析工程问题和处理化学工程中的实际问题。

3 教师简介

3.1 教师的职称、学历

崔益顺，女，教授，工学硕士。

3.2 教育背景

1998 年 9 月---2001 年 6 月 四川大学 化学工艺 硕士研究生 工学硕士

1989 年 9 月---1993 年 6 月 四川轻化工学院 无机化工 大学本科 工学学士

3.3 研究方向、项目、论文

主要从事无机精细化工工艺、废弃物资源化利用、化工矿物加工工艺等方面的研究。主持完成地厅级项目 5 项，主研省级、地厅级、校级、横向等项目 20 余项，发表学术论文 90 余篇，其中 SCI、EI 收录 9 篇，外文期刊 10 篇，中文核心 30 余篇。主持完成校级教改项目 3 项，主持《化工热力学》精品课程建设，主研省级、校级等教改项目 20 余项。

3.4 获奖情况

获自贡市科技进步“二等奖”1项，“三等奖”1项，自贡市优秀学术论文“三等奖”3篇，获四川省教学成果“二等奖”1项，获四川理工学院“教学十佳”3次、“优秀教师”8次，获四川省高校“先进女教职工”1次。

4 先修课程

高等数学、专业导论、无机化学、有机化学、分析化学、物理化学、化工原理（上）。

5 课程目标

1. 通过本课程的学习，使学生能系统地应用化工热力学的基本知识和基本方法对化工过程进行热力学分析，为化工过程开发与设计、化学反应器、分离装置和过程控制的设计研究提供流体的热力学性质和平衡数据。

2. 通过本课程的学习，培养学生运用经典热力学的原理，结合反映系统特征的数学模型，解决工业过程（特别是化工过程）中热力学性质的计算和预测、能量的相互转化和有效利用等问题。培养学生分析问题、解决问题的能力，使学生学会运用热力学基本原理去分析工程问题和处理化学工程中的实际问题。

3. 通过本课程学习，使得学生具备正确的世界观和价值观，具有良好的职业道德、行业责任感和社会责任感；培养学生的自学能力和独立工作能力，例如，寻找、阅读有关手册、参考书、文献资料并理解其内容。

6 课程内容

6.1 课程的内容概要

第一章 绪论

通过热力学的概念，热力学的分类，化工热力学研究的对象和范畴，化工热力学在过程开发中的作用，学习化工热力学的意义等内容的讲解，使学生了解课程的重要性和在过程开发中的作用。

第二章 流体的压力，体积，温度关系：状态方程

通过纯物质 PVT 行为，流体的状态方程式，PVT 关系的普遍化计算，真实气体混合物的状态方程式，混合规则，阿玛格定律，液体的容积性质等内容的讲解，让学生理解和掌握 PVT 关系的普遍化计算。

第三章 纯流体的热力学性质

通过纯流体的热力学基本关系式，剩余性质，真实气体焓和熵的计算，两相系统等内容的讲解，培养学生通过热力学函数表和计算等手段获取相关热力学数据的能力，能够计算剩余性质，真实气体焓和熵等。

第四章 热力学第一定律及其应用

通过闭系非流动过程的能量平衡，开系流动过程的能量平衡，稳流过程的能量平衡，开系稳流过程的热力学第一定律及其应用，可逆轴功的概念和计算式，热量衡算，等温、绝热、多变气体压缩过程功的计算等内容的讲解，让学生理解和掌握热力学第一定律的具体应用以及稳流过程的能量平衡。

第五章 热力循环-热力学第二定律及其应用

通过热力学第二定律的三种表述，熵的概念，三种体系（开系、闭系、孤立体系）的熵平衡式，三种热力学图表及应用，蒸汽动力循环（卡诺循环，朗肯循环），制冷，热泵等内容的讲解，让学生掌握和理解熵的概念，热力学图表及其应用，蒸汽动力循环、制冷循环过程的计算，开系熵平衡计算，培养学生分析问题和解决问题的能力。

第六章 化工过程热力学分析

通过能量的级别，理想功、损耗功、热力学效率的概念和计算，化工单元过程（流体流动过程、传热过程、分离过程、化学反应过程）热力学分析，焓（有效能）和熵（无效能）的概念，焓（有效能）的组成和计算，两种效率（第一定律效率和第二定律效率），热力学分析的三种方法（能量衡算法、熵分析法、焓分析法），合理用能原则等内容的讲解，使学生理解和掌握热力学分析的方法，理想功、损耗功和各种效率的计算，使学生能系统地应用化工热力学的基本知识和基本方法对化工过程进行热力学分析。

第七章 溶液热力学基础

通过变组成体系的热力学性质，开系热力学关系式，化学位，偏摩尔性质，纯组分的逸度和逸度系数的定义式和计算，混合物中组分的逸度和逸度系数的定义和计算，理想溶液和标准态，混合性质的定义，均相液体混合体积变化和混合焓变，过量热力学性质，活度和活度系数的定义，吉布斯—杜亥姆方程、活度系数模型等内容的讲解，使得学生掌握和理解偏摩尔量、逸度和活度、混合性质、过量热力学性质的计算以及理想溶液的性质。

6.2 教学重点、难点

第一章 绪论

重点：热力学的分类及研究方法，化工热力学在过程开发中的作用。

难点：热力学的研究方法。

第二章 流体的压力，体积，温度关系：状态方程

重点：状态方程应用，PVT 关系普遍化计算，混合规则，真实气体混合物 PVT 关系计算。

难点：真实气体混合物 PVT 关系计算。

第三章 纯流体的热力学性质计算

重点：剩余性质，真实气体焓和熵的计算。

难点：真实气体焓和熵的计算。

第四章 热力学第一定律及其应用

重点：热力学第一定律的具体应用。

难点：稳流过程的能量平衡。

第五章 热力循环 —— 热力学第二定律及其应用

重点：熵的概念，热力学图表及其应用，蒸汽动力循环、制冷循环过程的计算。

难点：熵的概念、开系熵平衡和蒸汽动力循环、蒸汽压缩制冷循环过程。

第六章 化工过程热力学分析

重点：热力学分析的方法，理想功、损耗功和各种效率的计算。

难点：焓（有效能）的概念、组成和平衡计算。

第七章 溶液热力学基础

重点：偏摩尔量、逸度、逸度系数和活度、活度系数的定义，过量热力学性质、混合性

质的计算，理想溶液的性质，吉布斯—杜亥姆方程的应用，活度系数模型。

难点：偏摩尔量和标准态。

6.3 学时安排

第一章 绪论（2 学时）

第二章 流体的压力，体积，温度关系：状态方程（7 学时）

§ 2.1 纯物质 PVT 行为（1 学时）

§ 2.2 流体的状态方程式（2 学时）

§ 2.3 对应态原理的应用（1.5 学时+自学）

§ 2.4 液体的 PVT 关系（0.5 学时+自学）

§ 2.5 真实气体混合物（2 学时）

§ 2.6 立方型方程的剖析（自学）

第三章 纯流体的热力学性质（7 学时）

§ 3.1 热力学关系式（1 学时）

§ 3.2 焓变和熵变的计算（1 学时）

§ 3.3 剩余性质（1 学时）

§ 3.4 用剩余性质计算气体热力学性质（1 学时）

§ 3.5 液体的热力学性质（1 学时）

§ 3.6 两相系统（2 学时+自学）

第四章 热力学第一定律及其应用（6 学时）

§ 4.1 闭系非流动过程的能量平衡（1 学时）

§ 4.2 开系流动过程的能量平衡（1 学时）

§ 4.3 流动过程的能量平衡（2 学时）

§ 4.4 气体压缩过程（2 学时）

第五章 热力循环-热力学第二定律及其应用（8 学时）

§ 5.1 热力学第二定律（1 学时）

§ 5.2 熵（1 学时）

§ 5.3 热力学图表及其应用（2 学时）

§ 5.4 水蒸气动力循环（2 学时）

§ 5.5 制冷（1.5 学时）

§ 5.6 热泵（0.5 学时）

第六章 化工过程热力学分析（10 学时）

§ 6.1 基本理论（3 学时）

§ 6.2 化工单元过程热力学分析（2 学时）

§ 6.3 三种常规的过程热力学分析法（4 学时）

§ 6.4 节能理论进展和合理用能（1 学时+自学）

第七章 溶液热力学基础（8 学时）

§ 7.1 溶液的热力学性质（1 学时）

§ 7.2 逸度和逸度系数（1 学时）

§ 7.3 理想溶液和标准态（2 学时）

§ 7.4 流体均相混合时的性质变化（1 学时）

§ 7.5 活度和活度系数（1 学时）

§ 7.6 吉布斯—杜亥姆方程（1 学时）

§ 7.7 活度系数模型（1 学时）

§ 7.8 电解质溶液热力学简介（自学）

6.4 对毕业要求的支撑

能够将化工工程知识和数学模型方法用于化工及相关领域的复杂工程问题的分析和推演（毕业要求指标点-工程知识 2.3）；能够基于相关科学原理、数学模型方法正确表达化工及相关领域的复杂工程问题（毕业要求指标点-问题分析 3.2）；能够基于化工及相关过程科学原理，结合文献，采用科学方法对化工及相关领域的复杂工程问题的解决方案进行调研和分析（毕业要求指标点-研究 5.1）；理解个人与社会的关系，维护国家利益，具有推动民族复兴和社会进步的责任感，掌握辩证唯物主义方法论，践行社会主义核心价值观（毕业要求指标点-品德修养 1.2）。

7 课程实施

为了有效的安排具体的教学实施过程，结合化工热力学的教学内容，并考虑知识的

连贯性和授课时间，将课程内容分为 19 个相对独立的教学单元和 1 个期中考试单元，并进行详细的教学进度安排，大部分单元都包括独立的教学日期、教学目标和教学内容、教学过程、教学方法、作业安排及课后思考、课前准备情况及其他相关特殊要求、参考资料等 8 项内容，详细地对教学单元的相关内容进描述，旨在能为同学们的学习提供最有效的支持。

表 1 《化工热力学》教学单元划分

章节	教学单元划分	参考学时
第 1 章 绪论	第 1 教学单元 (2 学时)	2 学时
第 2 章 流体的压力，体积，温度关系：状态方程	第 2 教学单元 (3 学时) 第 3 教学单元 (2 学时) 第 4 教学单元 (2 学时+自学)	7 学时
第 3 章 纯流体的热力学性质	第 5 教学单元 (4 学时) 第 6 教学单元 (3 学时+自学)	7 学时
第 4 章 热力学第一定律及其应用	第 7 教学单元 (4 学时) 第 8 教学单元 (2 学时)	6 学时
第 5 章 热力循环-热力学第二定律及其应用	第 9 教学单元 (2 学时) 第 10 教学单元 (2 学时) 第 11 教学单元 (2 学时) 第 12 教学单元 (2 学时)	8 学时
第 6 章 化工过程热力学分析	第 13 教学单元 (3 学时) 第 14 教学单元 (2 学时) 第 15 教学单元 (5 学时+自学)	10 学时
第 7 章 溶液热力学基础	第 16 教学单元 (2 学时) 第 17 教学单元 (2 学时) 第 18 教学单元 (2 学时) 第 19 教学单元 (2 学时+自学)	8 学时
期中考试	课外安排	2 学时

7.1 教学单元一

7.1.1 教学日期

教学单元	1 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	绪论
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 1 章

7.1.2 教学目标

本教学单元内容为课程的绪论，包括第 1 章 1、2、3 节的内容，属于综述性内容。

通过教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 熟悉课程实施大纲；
2. 了解化工热力学在过程开发中的地位和作用；
3. 掌握热力学的研究方法；
4. 了解化工热力学的发展和研究范畴、方法、特点；
5. 明确课程学习的目的和用途。

7.1.3 教学内容

1. 课程实施大纲
2. 介绍热力学的分类及发展
3. 化工热力学在过程开发中的作用
4. 化工热力学的研究范畴、方法及特点
5. 学习化工热力学的意义
6. 复习前修课程（物理化学）与本课程相关的名词和定义

重点：

1. 热力学的分类及研究方法；
2. 课程学习的目的和用途（化工热力学在过程开发中的作用）。

7.1.4 教学过程

1. 用约 15 分钟组织学生学习 and 了解课程实施大纲的作用和重要性；要求每个学生要在课前预习和课后阅读课程实施大纲的相关内容，以最大程度的帮助自己的学习过程；明确要求学生认真阅读课程设施大纲，并同意遵守课程实施大纲当中所确定的责任与义务。

2. 通过介绍教学实施大纲和绪论的学习，让同学们了解课程内容的设置，清楚课程体系，明确课程教学目标和学习本课程的方法，掌握化工热力学的三要素（原理-模型-应用）。

3. 本单元结束前简要介绍第 2 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。
4. 为了加深学生印象，以板书+PPT 形式讲解，同时增大绪论部分信息量。

7.1.5 教学方法

本单元内容属于综述性内容，内容多、范围广，只能通过教师课前组织大量的典型素材，制作的 PPT 课件，通过现代多媒体教学技术进行演示，教师课堂教学，通过讲授法、提问法和案例分析，让学生对本专业和课程有一定的了解。本单元的教学方法以**教师讲解+课堂提问**的方法完成。

7.1.6 作业安排及课后思考

课后思考：

- 1、怎么才能学好本课程？
- 2、在先修课程中那些是自己的薄弱环节？
- 3、课程在化学工业过程中处于什么环节，对以后的学习和职业生涯有何帮助？

7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，笔记本，U 盘。

7.1.8 参考资料

- 1.张浩勤、章亚东、陈卫航.化工过程开发与设计.北京：化学工业出版社。
- 2.李淑芬.现代化工导论.北京：化学工业出版社。

7.2 教学单元二

7.2.1 教学日期

教学单元	2 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	纯流体的 PVT 行为和状态方程式
授课时数	3 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 2 章

7.2.2 教学目标

本教学单元 3 学时，包括第 2 章 1、2 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 熟悉纯物质 PVT 关系的几种表达方式（图、表、状态方程式）；
2. 掌握纯物质的 P-T 图、P-V 图的构成及各点、线、面的意义；
3. 了解纯流体状态方程式（EOS 法）的 3 种类型（理想气体方程、立方型方程、多参数方程）以及各方程的适用范围和参数物理意义；
4. 能够熟练运用 RK 方程和维里方程进行真实气体 PVT 关系计算。

7.2.3 教学内容

1. 纯物质 PVT 行为

PVT 图、P-T 图、P-V 图。

2. 纯流体状态方程式（EOS）

理想气体状态方程，范德瓦尔斯方程、R-K 方程，SRK 方程、PR 方程，维里方程、BWR 方程、M-H 方程等。

重点：

1. P-V 图的构成和各点线面的意义；
2. 各状态方程的适用范围和参数的物理意义；
3. RK 方程和维里方程的计算 PVT 关系。

难点：

RK 方程计算流体的体积 V 的迭代方法。

7.2.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右时间提问，内容为与相图有关的基本知识，让学生掌握阅读相图的要点，了解相图的作用；
2. 讲解纯物质 PVT 行为的几种表达方式；
3. 以板书+PPT 结合形式讲解，以示意图和立体图等形式分析 PVT 关系图的构成及各点线面的意义，让学生对 P-T 图、P-V 图有深刻认识，并掌握其用途；
4. 对于各种状态方程式，直接提出其数学模型，重点讲解其适用范围和参数的物理意义，要求学生熟练掌握 RK 方程和维里方程的计算，同时熟悉 RK 方程迭代计算过程，可以用计算机编程软件完成迭代计算；
5. 本单元结束时简要介绍第 3 教学单元的主要内容，提出预习和自学的相关要求。

7.2.5 教学方法

本单元内容偏理论型，涉及数学、物理化学、计算机编程等基础知识，有较多公式和迭代计算。教师除了参考教材的内容作教学讲解，还要巩固和复习相关的基础知识，要求理解困难的同学重新复习物理化学和微积分等相关基础知识，通过讲解基础知识的综合应用，使学生初步了解数学、计算机在工程上的应用方法和手段。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+课堂提问**的形式完成。

7.2.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 2 章习题 2-1（1）（2），2-2，2-4（1）（教材第 58 页）

课后思考：

- 1.建议数学基础较好的同学试做第 2 章习题 2-3（数学推导过程）。
- 2.在先修课程中与本课程有关的知识哪些是自己的薄弱环节？进一步复习巩固。
- 3.归纳各状态方程的适用条件，如何根据具体情况选择合适的状态方程计算流体的 PVT 关系？

7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.2.8 参考资料

1. 刘斌，卢荣. 物理化学. 武汉：华中科技大学出版社，2009，第 6 章，第 148-156 页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 2 章，第 4-13 页。

7.3 教学单元三

7.3.1 教学日期

教学单元	3 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	对应态原理和液体 PVT 关系
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+提问+自学+辅导答疑
授课地点				备注	第 2 章

7.3.2 教学目标

本教学单元 3 学时，包括第 2 章 3、4 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 掌握对应态原理的应用；
2. 熟悉 PVT 关系的普遍化计算方法；
3. 熟练掌握两参数、三参数压缩因子图的应用和查阅方法；
4. 了解液体的 PVT 关系。

7.3.3 教学内容

1. 对应态原理的应用

普遍化状态方程式，两参数、三参数普遍化压缩因子图以及偏心因子，普遍化第二维里系数关联式。

2. 液体的 PVT 关系

重点：

1. 两参数、三参数普遍化压缩因子图及应用。
2. 普遍化第二维里系数法。

难点：

普遍化状态方程迭代计算。

7.3.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问，内容为第 2 教学单元的要点以及与本教学单元的关系，让学生进一步掌握相关内容要点；

2. 以板书+PPT 形式，介绍 RK 方程和 SRK 方程普遍化迭代计算过程，让学生了解可以用计算机编程软件完成迭代计算；；

3. 详细讲解对应态原理的应用，引出两参数、三参数普遍化压缩因子法、普遍化第二维里系数法，提出偏心因子的概念、物理意义、计算公式，让学生掌握压缩因子图的查阅和应用，掌握偏心因子的计算，掌握纯气体 PVT 关系的普遍化计算方法；

4. 简要讲解液体的 PVT 关系，让学生了解液体 PVT 关系的计算方法。

5. 本单元结束前简要介绍第 4 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.3.5 教学方法

本单元内容涉及数学迭代计算、计算机编程等相关知识，有较多经验公式和迭代计算。教师除了参考教材的内容作教学讲解，还要多从工程角度出发引入相关的思路，帮助学生理解重点和难点。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+课堂提问+学生自学+教师答疑辅导**的形式完成。

7.3.6 作业安排及课后思考

作业安排：第2章习题 2-1（4），2-4（4）（教材第58页）

课后思考：

1. 纯物质的压缩因子可以采用哪些方法计算？各有何优缺点？
2. 如何准确查阅压缩因子图，获取热力学数据？
3. 两参数、三参数法对应的参数分别是哪些？
4. 偏心因子的物理意义，其计算公式根据什么推出的？

7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.3.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第2章第13-19页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第2章，第4-21, 180-184页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第1章，第3-12页。

7.4 教学单元四

7.4.1 教学日期

教学单元	4 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	真实气体混合物+立方型方程的剖析
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+提问+自学+辅导答疑
授课地点				备注	第2章

7.4.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 2 章 5、6 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.掌握混合规则；
- 2.熟悉真实气体混合物 PVT 关系的计算方法；
- 3.了解临界参数和偏心因子的估算方法、基团贡献法等。

7.4.3 教学内容

1. 真实气体混合物

混合规则、阿玛格定律，真实气体混合物的状态方程式。

2. 临界参数和偏心因子的估算、基团贡献法、立方型状态方程的剖析（学生自学）

重点：

混合规则，真实气体混合物 PVT 关系的计算方法。

难点：

真实气体混合物 PVT 关系的计算和混合规则。

7.4.4 教学过程

1.用 5 分钟左右提问，内容为第 3 教学单元的要点以及与本教学单元的关系，让学生进一步掌握相关内容要点；

2.以板书+PPT 形式，详细讲解几种混合规则和真实气体混合物状态方程，让学生掌握混合规则，并能够计算真实气体混合物 PVT 关系，掌握计算方法和过程思路；

3.临界参数和偏心因子的估算、基团贡献法、立方型状态方程的剖析等部分内容安排学生课后自学，然后辅导答疑；

4.本单元结束前对第 2 章要点进行归纳，并简要介绍第 5 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.4.5 教学方法

本单元内容涉较多经验公式和计算。教师除了参考教材的内容作教学讲解，还要多从工程角度出发引入相关的思路，帮助学生理解重点和难点。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+课堂提问+学生自学+教师答疑辅导**的形式完成。

7.4.6 作业安排及课后思考

作业安排：第2章习题 2-11（1）（2）（3），2-12（教材第58页）

课后思考：

1. 真实气体混合物 PVT 关系有哪些表达方式？
2. 通过自学思考第2章习题 2-8，2-9，了解偏心因子估算方法和基团贡献法计算思路。

7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。
学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.4.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第2章，第19-25页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第2章，第4-21, 180-184页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第1章，第3-12页。

7.5 教学单元五

7.5.1 教学日期

教学单元	5 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	热力学关系式、焓熵计算、剩余性质
授课时数	4 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第3章

7.5.2 教学目标

本教学单元 4 学时，包括第3章 1、2、3、4 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 掌握纯流体的热力学基本关系式
2. 掌握以 T、P 为变量的焓变和熵变的计算

3.熟练掌握剩余性质的概念和计算

4.掌握真实气体焓和熵的计算

7.5.3 教学内容

1. 热力学关系式

四个热力学基本方程式，四个 Maxwell 关系式

2. 以 T 、 P 为变量的焓变和熵变的计算

三对 dH 方程、 dS 方程

3. 剩余性质概念及计算

4. 用剩余性质计算气体热力学性质（真实气体焓、熵）

重点：

1.剩余性质的计算；

2.以 T 、 P 为变量的真实气体焓变和熵变的计算。

难点：

热力学关系式及 dH 、 dS 方程的推导。

7.5.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问，内容为与本教学单元有关的物理化学知识（封闭体系热力学关系式），让学生进一步巩固相关内容，同时掌握与本节内容的关系，进而引入第 3 章学习的目的；

2. 以板书+PPT 形式讲解，四个热力学基本方程式，四个 Maxwell 关系式部分内容在物理化学相关部分已经学习过了，此部分就略讲， dH 、 dS 方程的推导过程较多数学知识，稍微详细且慢些；

3. 详细讲解剩余性质及真实气体焓变和熵变的计算方法，让学生掌握引入剩余性质的作用，并通过例题分析讲解，让学生熟悉利用剩余性质计算真实气体焓变和熵变的思路；

4. 本单元课程结束前简要介绍第 6 教学单元的主要内容，提出预习和自学的相关要求。

7.5.5 教学方法

本单元内容涉及数学微积分、物理化学等相关知识，有大量公式。教师除了参考教材的内容作教学讲解，还要从应用角度出发引入相关的思路，帮助学生理解重点和难点。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+课堂提问**的形式完成。

7.5.6 作业安排及课后思考

作业安排：第3章习题3-4（教材第92页）

课后思考：

1. 引入剩余性质的作用？剩余性质可以采用哪些方法计算？
2. 思考焓变、熵变计算的作用，归纳有哪些计算方法？与后续课程的关联？

7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U盘等。

7.5.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第3章，第28-39页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第3章，第22-40页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第2章，第19-22, 26-30页。

7.6 教学单元六

7.6.1 教学日期

教学单元	6单元	授课教师	崔益顺	授课题目	液体热力学性质、两相系统
授课时数	3学时	授课日期		授课方式	教师讲解+学生自学+辅导答疑
授课地点				备注	第3章

7.6.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 3 章 5、6 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 理解液体的热力学性质及计算；
2. 理解两相系统；
3. 了解蒸汽压和汽化焓估算方法。

7.6.3 教学内容

1. 液体的热力学性质

以 T 、 P 为变量表达焓变和熵变，以 T 、 V 为变量表达内能和熵变。

2. 两相系统

Clapeyron 方程式，蒸汽压和汽化焓的估算。

3. 第 2.3 章作业（习题）点评

7.6.4 教学过程

1. 结合多媒体课件，引入液体的体积膨胀系数、等温压缩率等特征参数，推导以 T 、 P 为变量表达的焓变和熵变，以 T 、 V 为变量表达的内能和熵变，得出液体的 dH 、 dS 、 dU 方程；

2. 从物理化学两相系统相平衡判据出发，推导得出 Clapeyron 方程式，从而引入蒸汽压和汽化焓的估算方法，同时安排学生课后进一步自学此部分内容，让学生熟悉蒸汽压和汽化焓的估算思路；

3. 本单元课程结束前对第 3 章知识进行归纳总结，同时简要介绍第 7 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求；

4. 安排 30 分钟左右点评 2、3 章习题作业存在的共性问题，并分析提出参考答案。

7.6.5 教学方法

本单元内容涉及数学微积分、物理化学等相关知识，公式繁多。教师除了参考教材的内容作教学讲解，还要多从应用角度出发引导学生，帮助学生理解和掌握要点。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+学生自学+教师辅导答疑**的形式完成。

7.6.6 作业安排及课后思考

课后思考：

1.通过自学思考蒸汽压和汽化焓估算的计算过程和思路，归纳有哪些计算方法？与后续课程和以后职业生涯的关联？

7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.6.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 3 章，第 58-62 页。

7.7 教学单元七

7.7.1 教学日期

教学单元	7 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	热力学第一定律及应用
授课时数	4 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 4 章

7.7.2 教学目标

本教学单元 4 学时，包括第 4 章 1、2、3 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.掌握闭系非流动过程的能量平衡；
- 2.熟练掌握开系稳流过程的能量平衡（热力学第一定律）及应用。

7.7.3 教学内容

闭系非流动过程的能量平衡，开系流动过程的能量平衡，稳流过程的能量平衡，开系稳流过程的热力学第一定律各种简化形式及其应用，可逆轴功的概念和计算式，热量衡算。

重点：开系稳流过程的热力学第一定律及其应用。

7.7.4 教学过程

1.用 5 分钟左右提问，内容为与本教学单元有关的物理化学知识（封闭体系能量平衡），让学生进一步巩固相关内容，同时掌握与本节内容的关系，从而引入第 4 章学习的目的；

2. 以 PPT 形式讲解，重点讲分析思路和方法，数学推导过程不作要求，只要求掌握推导结果及其工程应用。对于闭系非流动过程的能量平衡在物理化学相关部分已经学习过了，此部分就略讲；推导得出开系稳流过程的热力学第一定律的数学表达式，详细讲解开系稳流过程的热力学第一定律各种简化形式及其应用；推导可逆轴功的公式；讲解热量衡算的计算步骤，并通过图示、实例分析开系稳流过程能量衡算，让学生掌握计算思路和方法，为化工设计和化工原理课程设计等课程的能量衡算打下基础。

3.本单元课程结束前简要归纳开系能量衡算的注意事项，并介绍第 8 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.7.5 教学方法

本单元内容偏工程应用，涉及物理化学相关知识，除运用多媒体手段直观演示外，配合板书、图示和例题分析，让学生提高工程应用意识。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+课堂提问**的形式完成。

7.7.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 4 章习题 4-1，4-2，4-8（教材第 117 页）

课后思考：

- 1.能量衡算的基本思路和注意事项？
- 2.能量衡算与后续课程和毕业设计的关联？

7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.7.8 参考资料

1. 刘斌，卢荣. 物理化学. 武汉：华中科技大学出版社，2009，第 2 章，第 20-28

页。

2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京: 化学工业出版社, 2002, 第 4 章, 第 44-47 页。

3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海: 华东理工大学出版社, 2007, 第 5 章, 第 63-67 页。

7.8 教学单元八

7.8.1 教学日期

教学单元	8 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	气体压缩过程
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问+课堂练习
授课地点				备注	第 4 章

7.8.2 教学目标

本教学单元 2 学时, 包括第 4 章 4 节的内容。通过此教学单元的学习, 应达到以下教学目标:

1. 掌握压缩过程热力学分析;
2. 熟悉可逆等温压缩、绝热压缩、多变压缩过程轴功的计算;
3. 了解压缩机类型。

7.8.3 教学内容

气体压缩过程: 压缩过程热力学分析; 等温压缩、绝热压缩、多变压缩过程可逆轴功的计算; 多级压缩功的计算; 气体压缩实际功耗。

重点: 压缩过程热力学分析。

7.8.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问, 内容为与本教学单元有关的化工原理知识 (流体输送), 让学生进一步巩固相关内容, 同时掌握与本节内容的关系, 从而引入气体压缩过程学习的目的;

2. 以 PPT 动画示意图形式演示往复式压缩机运行过程, 重点进行压缩过程热力学分析, 要求掌握几种压缩过程可逆轴功的计算及能耗比较分析。为化工工艺设计过程流

体输送的能耗分析打下基础。

3.课堂练习 15 分钟：选择课本外的热力学第一定律应用的习题做随堂练习，考察学生对热力学第一定律的掌握情况。

4.本单元课程结束前归纳第 4 章要点，简要介绍第 9 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.8.5 教学方法

本单元内容偏工程应用，涉及化工原理相关知识，运用多媒体手段直观演示，配合板书、图示和例题分析，让学生提高工程应用能力。本单元采用**教师讲解+ 课堂提问+ 课堂练习**的形式完成。

7.8.6 作业安排及课后思考

课堂作业：补充课本外的习题，课堂练习

课后思考：

1.流体输送形式有哪些？气体输送装置有哪些？如何根据具体输送情况选用合适的装置？

2.何种方式输送气体（气体压缩）最节能（即功耗最低）？

7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.8.8 参考资料

1. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 5 章，第 65-67 页。

7.9 教学单元九

7.9.1 教学日期

教学单元	9 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	热力学第二定律，熵
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问

授课地点		备注	第 5 章
------	--	----	-------

7.9.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 5 章 1、2 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 掌握热力学第二定律的三种表达；
2. 理解熵的概念及物理意义；
3. 熟练掌握三种体系的熵平衡式。

7.9.3 教学内容

1. 热力学第二定律的三种表述

有关热流方向的表述（克劳修斯说法）；有关循环过程的表述（开尔文说法）；有关熵的表述（熵增原理）。

2. 熵的概念

熵的物理意义，可逆热机效率的提出；熵流、熵产和熵变的概念；闭系、开系、孤立体系热力学第二定律表达式和熵平衡式。

重点：熵的概念，三种体系熵平衡式。

难点：熵的概念。

7.9.4 教学过程

1. 用 10 分钟左右提问，内容为与本教学单元有关的物理化学知识（热力学第二定律，可逆热机），介绍热源、功源、热机、热机效率的概念，同时引入第 5 章学习的目的；

2. 以 PPT + 板书形式讲解，通过例题讲解和分析推导提出可逆热机效率的表达式，同时引出三种体系热力学第二定律表达式及熵平衡应用。

3. 本单元课程结束前简要介绍第 10 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.9.5 教学方法

本单元内容偏工程热力学，涉及物理化学相关知识，除运用多媒体手段直观演示外，配合板书和例题分析，让学生提高工程应用能力，理解概念。本单元采用**教师讲解+ 学生预习+课堂提问**的形式完成。

7.9.6 作业安排及课后思考

作业安排：第5章习题 5-1, 5-2, 5-4, 5-5, 5-6（教材第 146 页）

课后思考：

- 1.热力学第二定律的三种不同表达方式所阐明的客观规律是否相同，是否等效？
- 2.熵流、熵产和熵变是否为同一概念？
- 3.如何将热力学第二定律不等式形式转化为等式？

7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.9.8 参考资料

1. 刘斌, 卢荣. 物理化学. 武汉：华中科技大学出版社，2009，第 3 章，第 50-56 页。
2. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 5 章，第 67-69 页。

7.10 教学单元十

7.10.1 教学日期

教学单元	10 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	热力学图表及应用
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+图表查阅训练
授课地点				备注	第 5 章

7.10.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 5 章 3 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.掌握热力学性质图（T-S 图、h-S 图、p-h 图）的构成和各点线面的物理意义；
- 2.能够熟练应用 T-S 图描述物系状态变化过程；
- 3.能够熟练查阅氨的 T-S 图 5-6 (b)、水蒸气的 h-S 图 5-12(b)以及热力学性质表（水蒸汽性质表附表 3），获得热力学数据。
- 4.能够利用杠杆规则计算干度和相关热力学变量（h 和 S）

7.10.3 教学内容

热力学图表及其应用：T-S 图、h-S 图、p-h 图；水蒸气性质表。

重点：T-S 图的应用。

难点：T-S 图的应用。

7.10.4 教学过程

1.以 PPT + 板书形式讲解，通过图示讲解热力学性质图（T-S 图、h-S 图、p-h 图）的构成，分析各点线面的物理意义，并介绍杠杆规则、连线规则的应用，以及干度的概念和计算。

2.利用多媒体动画在 T-S 图上演示等压加热、等压冷却、节流膨胀、等熵膨胀或压缩等化工过程，并分析相关过程的功和热计算方法；

3.让学生查阅热力学图、表获取相关热力学数据，让学生掌握内插和外推法查阅图、表的方法；

4.本单元课程结束前简要介绍第 11 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.10.5 教学方法

本单元内容注重工程应用，重点是通过热力学图表获得热力学数据，并能够用于工程计算。运用多媒体手段直观演示，配合例题分析阐明热力学图表的工程应用，让学生提高工程应用能力，并具备获取热力学数据的能力，能够利用热力学图进行化工过程计算。本单元采用**教师讲解+学生预习+图表查阅训练**的形式完成。

7.10.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 5 章习题 5-8（教材第 146 页）

课后思考：

- 1.热力学数据的获得方式有哪些？比较其方便性、准确性？
- 2.如何减少查图法获得数据的误差？

7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.10.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京: 化学工业出版社, 2006, 第3章, 第58-62页。

7.11 教学单元十一

7.11.1 教学日期

教学单元	11 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	水蒸汽动力循环
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第5章

7.11.2 教学目标

本教学单元2学时, 包括第5章4节的内容。通过此教学单元的学习, 应达到以下教学目标:

1. 掌握水蒸气动力循环(朗肯循环)原理、过程及其T-S图的表示、热效率的计算。
2. 朗肯循环的改进(提高热效率的办法)。

7.11.3 教学内容

1. 水蒸气动力循环

卡诺循环, 朗肯循环及改进, 热效率。

重点: 朗肯循环过程原理和相关计算, 提高热效率的办法。

难点: 水蒸气动力循环原理。

7.11.4 教学过程

1. 用10分钟左右提问, 内容为卡诺循环包括的几个过程及目的意义, 实际应用存在的问题, 复习物理化学相关内容, 从而引出朗肯循环过程。

2. 以PPT+板书形式, 利用多媒体动画演示水蒸气动力循环装置(朗肯循环)及在T-S图上的过程, 并通过例题分析, 阐明热力学第一、第二定律的应用及循环过程各步骤热和功的计算。

3. 通过影响热效率因素的分析, 提出提高朗肯循环热效率的措施和具体应用。

4. 本单元课程结束前, 归纳正循环过程的要点, 简要介绍第12教学单元逆循环的主要内容, 提出预习的相关要求。

7.11.5 教学方法

本单元内容注重循环过程的工程实际应用，通过课前组织大量素材制作的 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书讲解，使学生容易理解。本单元的教学方法是**预习+教师讲解+提问**等形式。

7.11.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 5 章习题 5-11，5-12（教材第 147 页）

课后思考：

- 1.卡诺循环不能够实现的原因？
- 2.提高热效率的关键是什么？朗肯循环如何提高热效率？
- 3.卡诺循环的热效率与工质是否有关？与哪些因素有关？

7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.11.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 6 章，第 134-143 页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第 5 章，第 59-68 页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 6 章，第 84-86 页。

7.12 教学单元十二

7.12.1 教学日期

教学单元	12 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	制冷、热泵
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 5 章

7.12.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 5 章 5、6 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.掌握制冷原理、蒸汽压缩制冷循环；
- 2.掌握热泵的应用。

7.12.3 教学内容

1.制冷

制冷原理与逆卡诺循环、蒸汽压缩制冷循环、制冷系数、吸收式制冷循环、制冷工质的选择。

2.热泵

制热原理，制热系数。

重点：蒸汽压缩制冷循环原理及相关计算，热泵原理及应用。

难点：实际蒸汽压缩制冷原理。

7.12.4 教学过程

1. 用 10 分钟左右提问，内容为逆卡诺循环包括的几个过程及目的意义，实际应用存在的问题，复习物理化学相关内容，从而引出蒸汽压缩制冷循环过程。

2. 以 PPT + 板书形式，利用多媒体动画演示蒸汽压缩制冷循环过程，并分析影响制冷系数的因素，从而提出改进办法。

3. 对于制冷工质的选择，阐明经济、实用、可靠性。

4. 与制冷过程对比，提出另一个逆循环过程（热泵），通过工厂实例分析热泵技术的应用。

5. 本单元课程结束前，归纳第 5 章要点，简要介绍第 13 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.12.5 教学方法

本单元内容注重循环过程的工程实际应用，通过课前组织大量素材制作的 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书讲解，使学生容易理解。本单元的教学方法是**预习+教师讲解+提问**等形式。

7.12.6 作业安排及课后思考

作业安排：第5章习题 5-14（教材第 147 页）

课后思考：

1. 制冷与制热原理是否相同？
2. 影响制冷系数的主要因素是什么？如何提高制冷系数？
3. 可逆循环性能参数与工质是否有关？

7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.12.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 6 章，第 144-153 页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第 5 章，第 69-79 页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 6 章，第 87-90 页。

7.13 教学单元十三

7.13.1 教学日期

教学单元	13 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	基本理论
授课时数	3 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 6 章

7.13.2 教学目标

本教学单元 3 学时，包括第 6 章 1 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 了解能量的级别和品位；
2. 掌握理想功、损耗功、热力学效率的概念和计算。

7.13.3 教学内容

能量的级别与形式；稳流过程的理想功；稳定流动化学反应过程的理想功的计算；热力学效率；不可逆过程的损耗功。

重点：

理想功、损耗功、热力学效率的计算。

难点：

理想功、损耗功、热力学效率的概念。

7.13.4 教学过程

1. 用 10 分钟左右提问，回顾第 4 章关于能量的分类，提出进行过程热力学分析的目的，从而引出节能降耗的经济观点以及国家重视节能降耗的迫切性，让学生有节能的工程意识，掌握化工节能分析的重要性。

2. 以 PPT + 板书形式，利用多媒体推出理想功的计算公式，并通过例子说明影响理想功的因素。提出热力学效率的公式，同时阐明过程的不可逆程度直接影响热力学效率的大小，进而引出不可逆过程的损耗功的概念与计算公式，通过例题分析讲解几种不同情况下损耗功的计算，阐明化工生产过程管道、设备保温的重要性。

3. 本单元课程结束前，简要介绍第 14 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.13.5 教学方法

本单元内容注重工程实际应用，通过课前组织大量实例制作 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书讲解，使学生容易理解，同时培养学生节能降耗的工程意识。本单元的教学方法是**预习+教师讲解+提问**等形式。

7.13.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 6 章习题 6-1，6-2，6-4（教材第 194-195 页）

课后思考：

1. 我国目前是否存在能源危机？能源资源有哪些？有哪些能源获得方式？化学工业的能耗情况如何？

2. 为什么要进行过程热力学分析？目的意义是什么？

3. 合理用能指的什么？

4.理想功是状态函数还是过程函数？

7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.13.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 5 章，第 114-118 页。

2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第 5 章，第 49-52 页。

3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 5 章，第 69-71 页。

7.14 教学单元十四

7.14.1 教学日期

教学单元	14 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	化工单元过程热力学分析
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 6 章

7.14.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 6 章 2 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.掌握化工单元过程产生损耗功的原因及影响因素；
- 2.掌握化工单元过程降低能耗、提高热力学效率可以采用的办法。

7.14.3 教学内容

流体流动过程、传热过程、分离过程、化学反应过程的热力学分析。

重点：流体流动过程、传热过程热力学分析。

难点：化工单元过程影响能耗的因素分析。

7.14.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问,回顾化工原理课程讲述了哪些单元过程?为什么化工单元过程存在能耗问题?产生原因是什么?提出单元过程热力学分析的目的;

2. 以 PPT+板书形式,利用多媒体推出各单元过程损耗功的具体表达式,并分析影响因素,提出改进措施。通过例题分析讲解传热过程几种不同情况下理想功、损耗功、热力学效率的计算,精馏过程如何利用低温位能量(热泵技术的利用),化学反应过程如何利用反应热。

3. 本单元课程结束前,简要介绍第 15 教学单元的主要内容,提出预习的相关要求。

7.14.5 教学方法

本单元内容注重化工实际过程应用,通过课前组织大量实例制作 PPT 课件,利用现代多媒体教学技术进行演示,结合课堂板书分析讲解,使学生理解和掌握,同时培养学生节能降耗的工程意识。本单元采用**教师讲解+学生预习+课堂提问**等形式完成。

7.14.6 作业安排及课后思考

作业安排: 第 6 章习题 6-7, 6-8 (教材第 195 页)

课后思考:

1. 流体流动过程降低与哪些因素有关?是否管径越大越好?如何选择合适的管径和流速?

2. 传热过程设备为什么要保温处理?如何提高热力学效率?

3. 精馏过程是否只追求产品纯度,不考虑能耗,如何利用低温位能量?

7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师:认真备课,提前做好 PPT;携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生:准备教材,预习笔记、笔记本,U 盘等。

7.14.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京: 化学工业出版社, 2006, 第 5 章, 第 114-118 页。

2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京: 化学工业出版社, 2002, 第 5 章,

第 49–52 页。

3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海: 华东理工大学出版社, 2007, 第 5 章, 第 79–83 页。

7.15 教学单元十五

7.15.1 教学日期

教学单元	15 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	三种热力学分析方法、合理用能
授课时数	5 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 6 章

7.15.2 教学目标

本教学单元 5 学时, 包括第 6 章 3、4 节的内容。通过此教学单元的学习, 应达到以下教学目标:

1. 理解焓 (有效能) 的概念、组成;
2. 掌握焓 (有效能) 的计算;
3. 熟悉热力学分析的三种方法, 并灵活应用;
4. 掌握化工过程用能的基本原则。

7.15.3 教学内容

1. 热力学分析的三种方法

焓 (有效能) 和焓 (无效能) 的概念, 焓 (有效能) 和焓 (无效能) 的组成和计算, 两种效率 (第一定律效率和第二定律效率), 热力学分析的三种方法 (能量衡算法、熵分析法、焓分析法)。

2. 节能理论进展与合理用能

重点: 热力学分析的三种方法。

难点: 焓 (有效能) 的概念、组成和计算。

7.15.4 教学过程

1. 以 PPT + 板书形式, 利用多媒体从能量品质及其利用程度的角度出发, 引出焓(有效能)和焓(无效能)的概念, 以及焓(有效能)的组成和计算, 阐明理想功与焓的关系;
2. 结合各种能量利用率不同, 提出两种损失和两种效率, 同时归纳前面课程内容所学的有关效率或性能参数分别属于哪种效率范畴, 让学生理解和掌握其应用;
3. 通过例题分析阐明三种热力学分析方法的基本思路、要点以及不同之处, 让学生能够深刻理解三种热力学分析方法的精髓; 并说明合理用能的基本原则;
4. 本单元课程结束前, 对第 6 章要点进行归纳, 并简要介绍第 16 教学单元的主要内容, 提出预习的相关要求。

7.15.5 教学方法

本单元内容注重实际过程的应用, 通过课前组织大量实例制作 PPT 课件, 利用现代多媒体教学技术进行演示, 结合课堂板书分析讲解, 使学生理解和掌握, 同时培养学生节能分析的工程能力。本单元采用**教师讲解+学生预习+课堂提问**等形式完成。

7.15.6 作业安排及课后思考

作业安排: 第 6 章习题 6-11 (教材第 195 页)

课后思考:

1. 比较三种热力学分析方法的异同?
2. 合理用能的基本原则是什么?

7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师: 认真备课, 提前做好 PPT; 携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生: 准备教材, 预习笔记、笔记本, U 盘等。

7.15.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京: 化学工业出版社, 2006, 第 5 章, 第 118-133 页。

2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京: 化学工业出版社, 2002, 第 5 章, 第 50-54 页。

3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海: 华东理工大学出版社, 2007, 第 5 章, 第 79-83 页。

7.16 教学单元十六

7.16.1 教学日期

教学单元	16 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	溶液热力学性质、逸度和逸度系数
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 7 章

7.16.2 教学目标

本教学单元 2 学时, 包括第 7 章 1、2 节的内容。通过此教学单元的学习, 应达到以下教学目标:

1. 了解变组成体系的热力学性质, 熟练掌握偏摩尔量的概念;
2. 掌握逸度和逸度系数的定义和计算方法。

7.16.3 教学内容

1. 变组成体系的热力学性质

开系热力学关系式; 化学位; 偏摩尔性质。

2. 逸度和逸度系数

纯组分的逸度和逸度系数的定义式和计算; 混合物中组分的逸度和逸度系数的定义和计算。

重点: 偏摩尔性质, 逸度和逸度系数的定义。

难点: 偏摩尔性质。

7.16.4 教学过程

1. 用 10 分钟左右提问, 回顾物理化学中与本单元有关的概念, 以及第 3 章封闭体系定组成热力学关系式, 从而引出本单元开系变组成热力学关系式, 由此提出化学位和偏摩尔性质的概念, 以及第 7 章学习的目的。

2. 以 PPT+板书形式，推导截距法计算偏摩尔性质的公式，例题分析计算过程。

3. 本单元公式较多，利用多媒体方式结合热力学基本关系式和流体的 PVT 关系，从理想气体性质推出真实气体性质（逸度和逸度系数的定义）及计算方法。

4. 本单元课程结束前，简要介绍第 17 教学单元的主要内容，提出预习的相关要求。

7.16.5 教学方法

本单元内容偏理论，概念、定义、符号繁多，有大量公式，推导过程多，通过课前认真组织制作 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书分析讲解，使学生理解和掌握重点和难点。本单元采用教师讲解+学生预习+课堂提问等形式完成。

7.16.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 7 章习题 7-3（教材第 241 页）

课后思考：

1. 化学位与偏摩尔量的关系？

2. 计算纯物质逸度或逸度系数的方法有哪些？

3. 用下列截项的维里方程公式

$$\ln \phi = \frac{P_r}{T_r} \left[0.083 - \frac{0.422}{T_r^{1.6}} + \omega \left(0.139 - \frac{0.172}{T_r^{4.2}} \right) \right]$$

是否可以计算混合物中组分的逸度或逸度系数？

4. $\hat{f}_i, \hat{\phi}_i$ 是不是偏摩尔量？ $\ln \frac{\hat{f}_i}{N_i}, \ln \hat{\phi}_i$ 呢？

7.16.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.16.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 4 章，第 62-77

页。

2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京: 化学工业出版社, 2002, 第 6 章, 第 81-85 页。

3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海: 华东理工大学出版社, 2007, 第 3 章, 第 34-37 页。

7.17 教学单元十七

7.17.1 教学日期

教学单元	17 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	理想溶液和标准态
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 7 章

7.17.2 教学目标

本教学单元 2 学时, 包括第 7 章 3 节的内容。通过此教学单元的学习, 应达到以下教学目标:

1. 掌握理想溶液性质和两种标准态。

7.17.3 教学内容

1. 理想溶液和标准态

理想溶液的定义、性质, 两种标准态的确定。

重点: 理想溶液的性质。

难点: 两种标准态。

7.17.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问, 回顾物理化学中与本单元有关的概念;

2. 对于复杂对象, 可先研究其理想模型, 然后将其加以适当修正, 就可以得出某些特征和规律, 为此引入理想溶液的性质, 以及以理想溶液和理想稀溶液为基础的两种标准态。讲解理想溶液的定义、化学位、偏摩尔性质、摩尔性质、混合性质。

3. 用 30 分钟左右点评第 4、5、6 章作业存在的共性问题, 并分析提出参考答案。

4. 本单元课程结束前, 简要介绍第 19 教学单元的主要内容, 提出预习的相关要求。

7.17.5 教学方法

本单元内容偏理论，概念、定义、符号繁多，有大量公式，推导过程多，通过课前认真组织制作 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书分析讲解，使学生理解和掌握重点和难点。本单元采用**教师讲解+学生预习+课堂提问**等形式完成。

7.17.6 作业安排及课后思考

作业安排：第 7 章习题 7-17(1)、(2)、(3)（教材第 242 页）

课后思考：

- 1.理想溶液有哪些特征？哪些性质等于零，哪些不等于零？
- 2.两种标准态有什么不同？

7.17.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.17.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 4 章，第 77-79 页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第 6 章，第 81-85 页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 3 章，第 37-38 页。

7.18 教学单元十八

7.18.1 教学日期

教学单元	18 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	混合性质，活度和活度系数
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问
授课地点				备注	第 7 章

7.18.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 7 章 4、5 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.掌握均相液体混合时的性质变化；
- 2.掌握活度和活度系数的定义和计算。

7.18.3 教学内容

1. 液体均相混合时的性质变化

混合性质的定义，混合体积变化和混合焓变，过量热力学性质。

2. 活度和活度系数

活度和活度系数的定义，两种归一化。

重点：活度和活度系数的定义，混合性质和过量热力学性质的定义与计算。

难点：归一化。

7.18.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问，回顾物理化学中与本单元有关的概念活度，以及第 17 单元关于理想溶液的性质。

2. 提出真实溶液混合性质和过量热力学性质定义，以及不同标准态下混合体积变化和混合焓变的表达式。

3. 提出活度和活度系数的定义。

4. 通过例题讲解和分析计算思路。

5. 本单元课程结束前，提出第 19 教学单元预习要求。

7.18.5 教学方法

本单元内容偏理论，概念、定义、符号繁多，有大量公式，通过课前认真组织制作 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书和例题分析讲解，使学生理解和掌握重点和难点。本单元采用**教师讲解+课堂提问**等形式完成。

7.18.6 作业安排及课后思考

作业安排：课外作业第 7 章习题 7-16，7-17（4）（教材第 242 页）

课后思考：

1. 二元系的混合体积有哪些表达方式？
2. $\ln \gamma_i$ 是不是偏摩尔量？
3. 活度系数的表达式与标准态（基准）的选择是否有关？

7.18.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.18.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 4 章，第 80-90 页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第 6 章，第 86-99 页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 3 章，第 38-45 页。

7.19 教学单元十九

7.19.1 教学日期

教学单元	19 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	吉布斯—杜亥姆方程，活度系数模型
授课时数	2 学时	授课日期		授课方式	教师讲解+课堂提问+学生自学+课堂练习
授课地点				备注	第 7 章

7.19.2 教学目标

本教学单元 2 学时，包括第 7 章 6、7、8 节的内容。通过此教学单元的学习，应达到以下教学目标：

1. 熟练应用吉布斯—杜亥姆方程；
2. 熟悉活度系数模型。

7.19.3 教学内容

1. 吉布斯—杜亥姆方程

2. 活度系数模型

过量自由焓与活度系数模型，正规溶液，无热溶液，Wohl 型方程，似晶格理论，局部组成型方程。

3. 电解质溶液热力学简介（学生自学）

重点：吉布斯—杜亥姆方程的应用，正规溶液和无热溶液的特征。

难点：活度系数模型。

7.19.4 教学过程

1. 用 5 分钟左右提问，回顾物理化学中与本单元有关的概念，结合物理化学有关知识，提出吉布斯—杜亥姆方程，例题分析其应用过程。

2. 活度系数模型部分公式繁而多，用多媒体方式演示讲解，不推导过程，目的是让学生了解模型的用途。

3. 电解质溶液热力学简介部分安排学生自学，然后辅导答疑。

4. 课堂练习 15 分钟：安排学生随堂独立完成课本第 243 页习题 7-19，此题属于综合性题，有一定难度，考查学生对本章知识点的掌握程度。

5. 本单元课程结束前，归纳总结第 7 章要点，并提出期末课程总复习的相关要求和考试注意事项、考前答疑安排等。

7.19.5 教学方法

本单元内容偏理论，概念、定义、符号繁多，有大量公式，通过课前认真组织制作 PPT 课件，利用现代多媒体教学技术进行演示，结合课堂板书和例题分析讲解，使学生理解和掌握重点和难点，部分内容安排学生自学，通过教师辅导答疑方式解决问题。本单元采用**教师讲解+课堂提问+学生自学+课堂练习**等形式完成。

7.19.6 作业安排及课后思考

作业安排：课外作业第 7 章习题 7-4，7-17（5）（6）（教材第 241-242 页）

课堂作业第 7 章习题 7-19（教材第 243 页）

课后思考：

- 1.吉布斯—杜亥姆方程的主要用途？
- 2.活度系数模型的用途？
- 3.正规溶液、无热溶液有哪些特征？
- 4.如何利用活度系数与组成的函数表达式求过量自由焓的表达式？

7.19.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

教师：认真备课，提前做好 PPT；携带教案、平时成绩册、教材和其它教辅资料等。

学生：准备教材，预习笔记、笔记本，U 盘等。

7.19.8 参考资料

1. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006，第 4 章，第 89-104 页。
2. 陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002，第 6 章，第 86-99 页。
3. 施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2007，第 3 章，第 38-45 页。

7.20 期中考试单元

7.20.1 教学日期

教学单元	20 单元	授课教师	崔益顺	授课题目	化工热力学期中考试
授课时数	2 学时	授课日期	机动	授课方式	开卷考试
授课地点	机动（课外安排）			备注	第 1-5 章内容

7.20.2 教学目标

此教学单元安排 2 学时，是课程的综合训练内容。通过教学单元的学习，应达到以下教学目标：

- 1.考察学生对前 5 章内容的学习情况；
- 2.考察学生对教学方法的适应情况；
- 3.考察学生的自学情况；
- 4.巩固知识。

7.20.3 教学过程

1.教师准备考卷，题型有填空题、判断题、选择题、简答题、计算题等，考核内容和题量符合开卷考试形式；

2.以课外单独找时间和地点的形式进行。

7.20.4 教学方法

本单元教学方法是学生独立完成。

8 课程要求

8.1 学生自学要求

第一遍，预习，每次课上课前，学生应参照教学单元的详细要求，积极进行课前预习，形成印象；第二遍，学习，详细的教与学；第三遍，复习，重点掌握，每次课后及时复习，再做作业和思考题。每章结束后，要归纳总结。

- 掌握化工热力学处理问题的方法之特点。
- 着重于基本概念和理论的理解，对重要的公式加以推导。
- 特别注意计算技能。因为我们是搞工程的，不是搞理论研究的，对于理论研究，只要思路明了，概念清晰，结论正确，即使计算结果有些误差，也不妨碍大局。但是，对于工程研究者，决不能马虎大意，除了理论研究者具有的能力外，还必须要求计算正确。
- 作业独立完成，思路明确，步骤清晰，计算基准、单位要妥当。

8.2 课外阅读要求

对重点、难点部分，自学部分，能够阅读相关课外文献资料（具体见课程资源部分），会查阅相关热力学数据手册，有问题应及时整理，在答疑时间找老师辅导答疑，共同解决问题。

8.3 课堂讨论的要求

进行课堂讨论前，老师会根据要讨论的题目布置相应的资料查阅要求，学生可在图书馆或利用其它不同的途径根据老师的要求进行资料的查阅。课堂讨论时围绕问题进行讨论，发挥学习的主动性。回答问题起立回答，尊重老师和同学。

9 课程考核

9.1 出勤（迟到、早退等）、作业等的要求

按照每章的基本要求和重点布置，教师至少批改所有学生作业的二分之一。

学生应遵守课堂纪律，不得迟到、早退、旷课等，如有，将按下面的“9.2 出勤情况”处理。学生原则上不请事假或病假，如请假需按学校或学院相关规定办理书面手续。

学生应按照任课教师的要求，独立完成作业，不得有篡改或抄袭他人作业等行为，如果有，将按下面的“10.2 其它诚信规定”处理。

9.2 成绩的构成与评分规则说明

A、成绩评定依据

1) 平时成绩以 100 分计算，由以下内容构成：

平时成绩=作业*60%+期中考试*20%+课堂表现（含考勤）*20%

a) 课堂表现（含考勤）情况：

满分为 100 分，旷课一次扣 5 分，迟到、早退一次扣 2 分，累计超过总课时的 1/3 者，取消考核资格。

b) 作业完成情况：

单次作业评分标准：

分为 A, A⁻, B⁺, B, B⁻, C, C⁻, D, D⁻, E, E⁻等级；（分别对应百分制中 100, 95, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50）

作业完成情况评分标准：

作业得分，应为各次作业得分之和除以作业的相应次数，再减去缺作业扣分。

缺作业一次扣 10 分。

c) 期中考试:

满分为 100 分, 开卷, 独立完成。

2) 期末考试成绩:

满分为 100 分。闭卷考试, 重点测试学生的基础知识、实际应用知识和解决实际问题的能力。

B、成绩评定

总成绩计算公式: 最终成绩=平时成绩×40%+期末考试成绩×60%

9.3 考试形式及说明 (含补考)

本课程为考试, 重点测试学生的基础知识和实际应用能力。主要题型为判断题、选择题、填空题、简答题和计算题。其中三基型(基础知识, 基本理论, 基本技能) 70 %; 综合运用型 20%, 提高扩展型 10%。

10 学术诚信规定

10.1 考试违规与作弊

学生必须遵守考试纪律, 严禁考试违纪或考试作弊, 考试违规与作弊按照四川轻化工大学学生考试违纪和作弊处理办法处理。

10.2 其它诚信规定

学生在作业环节中应按照任课教师的要求完成作业; 学生作业的不诚信行为包括:

1. 篡改或抄袭他人作业;
2. 由他人代替或代替他人完成作业;
3. 违反上述规定者, 本次作业记为 0 分。

11 课堂规范

11.1 课堂纪律

教师要求：

1. 教师不得在上课时间接听私人电话或是做与课堂教学无关之行为；
2. 按计划完成授课内容，不得早退或是拖延；
3. 配合学校进行的教学效果评估及调查等工作；
4. 不断提升自我的教学技能，以适应现代化教学模式。

学生要求：

1. 上课时不得随意走动、大声喧哗、嬉笑打闹、聊天、打瞌睡、玩手机等行为。
2. 上课时不得接听和拨打电话，须自觉将手机关闭或设置为静音状态。
3. 上课时禁止离开教室（上洗手间、喝水及特殊情况除外）。

11.2 课堂礼仪

师生共同遵守：

1. 每次上课铃响后，由学生干部喊“起立”，学生起立后喊“老师好”，老师还礼，并说“同学们好，请坐下”。
2. 学生回答问题起立回答，教师应仔细倾听，必要时可靠近回答问题的学生。

教师要求：

1. 教师应做好课前的所有准备工作。课堂教学仪表要端庄大方；
2. 教师应注意检查学生的课前准备，稳定学生情绪，调整好课堂纪律；
3. 教师要设法调动学生的学习积极性和学习兴趣，增加课堂互动性；
4. 教师组织课堂要严密，按时上、下课；
5. 不得在上课时间接听私人电话或是做与课堂教学无关之行为；
6. 教师应在课堂教学中不断试行改革，不断提升自我的教学技能，在某一方面形成自己的特色，做到精益求精。

学生要求：

1. 上课时不得随意走动、大声喧哗、嬉笑打闹、聊天、打瞌睡、玩手机等行为；

2. 上课时不得接听和拨打电话，须自觉将手机关闭或设置为静音状态；
3. 服从老师调整学生座位的安排。

12 课程资源

12.1 教材与参考书

1. 建议教材：朱自强主编，化工热力学（第三版），北京：化学工业出版社。
2. 主要参考书：
 - [1]陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学. 北京：化学工业出版社，2006。
 - [2]陈钟秀、顾飞燕. 化工热力学例题与习题. 北京：化学工业出版社，2002。
 - [3]施云海. 化工热力学学习指导及模拟试题集萃. 上海：华东理工大学出版社，2006。
 - [4]J. M. Smith, H. C. Van Ness. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7th Ed, 2006.
 - [5]陈新志. 化工热力学，北京：化学工业出版社，2009。
 - [6]陈新志，蔡振云，夏薇. 化工热力学学习题精解，北京：科学出版社，2005。
 - [7]冯新，宣爱国，周彩荣. 化工热力学（第二版），北京：化学工业出版社，2019。

12.2 专业刊物

- [1] 化学工程，中文核心期刊，主办：全国化工化学工程设计技术中心站。
- [2] 高校化学工程学报（Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities），中文核心期刊，主办：浙江大学。
- [3] 化工学报（Journal of Chemical Industry and Engineering），中文核心期刊，主办：中国化工学会。
- [4] 化工进展 (Chemical Industry and Engineering Progress)，中文核心期刊，主办：中国化工学会，化学工业出版社。
- [5] 化学工业与工程 (Chemical Industry and Engineering)，主办：天津大学和天津化工学会共同主办的化工类学术期刊。

12.3 网络课程资源

[1] 国家精品课程资源网: <http://www.jingpinke.com/>

[2] 超星学术视频: <http://ssvideo.chaoxing.com/>

[3] 各大化工院校(清华大学、南昌大学、华东理工、华南理工、浙江大学、石油大学等)《化工热力学》精品课程共享资源平台;图书馆资源等。

12.4 课外阅读资源

[1] 高光华,于养信.化工热力学-基本内容、习题详解和计算程序.北京:清华大学出版社,2000。

[2] 马沛生,李永红.化工热力学 通用型.北京:化学工业出版社,2009。

[3] 骆赞椿,徐汛.化工节能热力学原理.北京:烃加工出版社,1990。

[4] 王季陶,现代热力学 基于扩展卡诺定理.上海:复旦大学出版社,2010。

[5] 全苏热工研究所编,刘纪聪译.水及水蒸汽的热力学性质表.北京:水利电力出版社,1959。

[6] 胡英.近代化工热力学 应用研究的新进展.上海:上海科学技术文献出版社,1994。

[7] 刘长俊.相律及相图热力学.北京:高等教育出版社,1995。

[8] 张浩勤、章亚东、陈卫航.化工过程开发与设计.北京:化学工业出版社,2002。

[9] 李淑芬.现代化工导论.北京:化学工业出版社,2004。

13 教学合约

13.1 阅读课程实施大纲,理解其内容

学生签字:

13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

学生签字: