



四川理工学院课程实施大纲

课程名称：化工原理（下）

授课班级：食品科学与工程 2016 级卓越班

任课教师：郝世雄

工作部门：化工学院

联系方式：62133

四川理工学院 制

2018 年 09 月

《化工原理（下）》课程实施大纲

基本信息

课程代码：16331001

课程名称：化工原理（下）Principles of Chemical Engineering
(Volume II)

学 分：3.5

总 学 时：56

学 期：第 6 学期

上课时间：周 2 第 3、4 节；周 4 第 3、4 节

上课地点：LA4-402

答疑时间和方式：课前、课间或考前集中答疑；课前、课间答疑，
电话答疑，邮件答疑或 QQ 群答疑

答疑地点：授课教室或第二实验楼 215（化学工程教研室）

授课班级：食品科学与工程 2016 级卓越班

任课教师：郝世雄

学 院：化学工程学院

邮 箱：shxionghao@qq.com

联系电话：62133

目 录

1. 教学理念	1
2. 课程描述	2
2.1 课程的性质.....	2
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用.....	2
2.3 课程的历史与传统文化.....	2
2.4 课程的前沿及发展趋势.....	3
2.5 课程与经济社会发展的关系.....	3
2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题.....	3
2.7 学习本课程的必要性.....	4
3. 教师简介	5
3.1 教师的职称、学历.....	5
3.2 教育背景.....	5
3.3 研究方向（兴趣）.....	5
4. 先修课程	6
5. 课程目标	7
6. 课程内容	8
6.1 教学要求、重点和难点.....	8
6.1.1 第7章 传质与分离过程概论.....	8
6.1.2 第8章 气体吸收.....	8
6.1.3 第9章 蒸馏.....	9
6.1.4 第10章 塔设备.....	10
6.1.5 第11章 固体物料的干燥.....	10
6.2 学时安排.....	11
7. 课程教学实施	12
7.1 教学单元一.....	12

7.1.1 教学日期.....	12
7.1.2 教学目标.....	12
7.1.3 教学内容（含重点、难点）.....	12
7.1.4 教学过程.....	12
7.1.5 教学方法.....	13
7.1.6 作业安排及课后反思.....	13
7.2 教学单元二.....	13
7.2.1 教学日期.....	13
7.2.2 教学目标.....	13
7.2.3 教学内容（含重点、难点）.....	13
7.2.4 教学过程.....	13
7.2.5 教学方法.....	14
7.3 教学单元三.....	14
7.3.1 教学日期.....	14
7.3.2 教学目标.....	14
7.3.3 教学内容（含重点、难点）.....	14
7.3.4 教学过程.....	14
7.3.5 教学方法.....	15
7.3.6 作业安排及课后反思.....	16
7.4 教学单元四.....	16
7.4.1 教学日期.....	16
7.4.2 教学目标.....	16
7.4.3 教学内容（含重点、难点）.....	16
7.4.4 教学过程.....	16
7.4.5 教学方法.....	17
7.4.6 作业安排及课后反思.....	17
7.5 教学单元五.....	17
7.5.1 教学日期.....	17
7.5.2 教学目标.....	17
7.5.3 教学内容（含重点、难点）.....	17

7.5.4	教学过程	18
7.5.5	教学方法	18
7.5.6	作业安排及课后反思	18
7.6	教学单元六	18
7.6.1	教学日期	18
7.6.2	教学目标	18
7.6.3	教学内容（含重点、难点）	18
7.6.4	教学过程	19
7.6.5	教学方法	20
7.6.6	作业安排及课后反思	20
7.7	教学单元七	20
7.7.1	教学日期	20
7.7.2	教学目标	20
7.7.3	教学内容（含重点、难点）	20
7.7.4	教学过程	21
7.7.5	教学方法	22
7.7.6	作业安排及课后反思	22
7.8	教学单元八	22
7.8.1	教学日期	22
7.8.2	教学目标	22
7.8.3	教学内容（含重点、难点）	22
7.8.4	教学过程	22
7.8.5	教学方法	23
7.8.6	作业安排及课后反思	23
7.8.7	课前准备情况及其他相关特殊要求	23
7.9	教学单元九	24
7.9.1	教学日期	24
7.9.2	教学目标	24
7.9.3	教学内容（含重点、难点）	24
7.9.4	教学过程	24

7.9.5 教学方法.....	24
7.9.6 作业安排及课后反思.....	24
7.10 教学单元十.....	25
7.10.1 教学日期.....	25
7.10.2 教学目标.....	25
7.10.3 教学内容（含重点、难点）.....	25
7.10.4 教学过程.....	25
7.10.5 作业安排及课后反思.....	25
7.11 教学单元十一.....	26
7.11.1 教学日期.....	26
7.11.2 教学目标.....	26
7.11.3 教学内容（含重点、难点）.....	26
7.11.4 教学过程.....	26
7.11.5 教学方法.....	26
7.11.6 作业安排及课后反思.....	27
7.12 教学单元十二.....	27
7.12.1 教学日期.....	27
7.12.2 教学目标.....	27
7.12.3 教学内容（含重点、难点）.....	27
7.12.4 教学过程.....	27
7.12.5 教学方法.....	27
7.12.6 作业安排及课后反思.....	27
7.13 教学单元十三.....	28
7.13.1 教学日期.....	28
7.13.2 教学目标.....	28
7.13.3 教学内容（含重点、难点）.....	28
7.13.4 教学过程.....	28
7.13.5 教学方法.....	28
7.13.6 作业安排及课后反思.....	28
7.14 教学单元十四.....	29

7.14.1 教学日期.....	29
7.14.2 教学目标.....	29
7.14.3 教学内容（含重点、难点）.....	29
7.14.4 教学过程.....	29
7.14.5 教学方法.....	29
7.14.6 作业安排及课后反思.....	29
7.15 教学单元十五.....	30
7.15.1 教学日期.....	30
7.15.2 教学目标.....	30
7.15.3 教学内容（含重点、难点）.....	30
7.15.4 教学过程.....	30
7.15.5 教学方法.....	30
7.15.6 作业安排及课后反思.....	30
7.16 教学单元十六.....	31
7.16.1 教学日期.....	31
7.16.2 教学目标.....	31
7.16.3 教学内容（含重点、难点）.....	31
7.16.4 教学过程.....	31
7.16.5 教学方法.....	31
7.16.6 作业安排及课后反思.....	31
7.17 教学单元十七.....	32
7.17.1 教学日期.....	32
7.17.2 教学目标.....	32
7.17.3 教学内容（含重点、难点）.....	32
7.17.4 教学过程.....	32
7.17.5 教学方法.....	32
7.17.6 作业安排及课后反思.....	33
7.18 教学单元十八.....	33
7.18.1 教学日期.....	33
7.18.2 教学目标.....	33

7.18.3 教学内容（含重点、难点）	33
7.18.4 教学过程.....	34
7.18.5 教学方法.....	34
7.18.6 作业安排及课后反思.....	34
7.19 教学单元十九.....	34
7.19.1 教学日期.....	34
7.19.2 教学目标.....	34
7.19.3 教学内容（含重点、难点）	35
7.19.4 教学过程.....	35
7.19.5 教学方法.....	35
7.19.6 作业安排及课后反思.....	35
7.20 教学单元二十.....	36
7.20.1 教学日期.....	36
7.20.2 教学目标.....	36
7.20.3 教学内容（含重点、难点）	36
7.20.4 教学过程.....	36
7.20.5 教学方法.....	36
7.20.6 作业安排及课后反思.....	36
7.21 教学单元二十一.....	36
7.21.1 教学日期.....	36
7.21.2 教学目标.....	37
7.21.3 教学内容（含重点、难点）	37
7.21.4 教学过程.....	37
7.21.5 教学方法.....	37
7.22 教学单元二十二.....	37
7.22.1 教学日期.....	37
7.22.2 教学目标.....	37
7.22.3 教学内容（含重点、难点）	38
7.22.4 教学过程.....	38
7.22.5 教学方法.....	38

7.22.6 作业安排及课后反思	38
7.23 教学单元二十三	38
7.23.1 教学日期	38
7.23.2 教学目标	38
7.23.3 教学内容（含重点、难点）	39
7.23.4 教学过程	39
7.23.5 教学方法	39
7.23.6 作业安排及课后反思	39
7.24 教学单元二十四	39
7.24.1 教学日期	39
7.24.2 教学目标	39
7.24.3 教学内容（含重点、难点）	40
7.24.4 教学过程	40
7.24.5 教学方法	40
7.24.6 作业安排及课后反思	40
7.25 教学单元二十五	40
7.25.1 教学日期	40
7.25.2 教学目标	40
7.25.3 教学内容（含重点、难点）	40
7.25.4 教学过程	41
7.25.5 教学方法	41
7.25.6 作业安排及课后反思	41
7.26 教学单元二十六	41
7.26.1 教学日期	41
7.26.2 教学目标	41
7.26.3 教学内容（含重点、难点）	41
7.26.4 教学过程	42
7.26.5 教学方法	42
7.26.6 作业安排及课后反思	42
7.27 教学单元二十七	42

7.27.1 教学日期.....	42
7.27.2 教学目标.....	42
7.27.3 教学内容（含重点、难点）.....	42
7.27.4 教学过程.....	43
7.27.5 教学方法.....	43
7.27.6 作业安排及课后反思.....	43
7.28 教学单元二十八.....	43
7.28.1 教学日期.....	43
7.28.2 教学目标.....	43
7.28.3 教学内容（含重点、难点）.....	44
7.28.4 教学过程.....	44
7.28.5 教学方法.....	44
7.28.6 作业安排及课后反思.....	44
8. 课程要求.....	45
8.1 学生自学要求.....	45
8.2 课外阅读要求.....	45
8.3 课堂讨论要求.....	45
8.4 课后复习要求.....	45
9. 课程考核.....	46
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求.....	46
9.1.1 出勤.....	46
9.1.2 迟到与早退.....	46
9.2 成绩的构成与评分规则说明.....	46
9.3 考试形式及说明.....	46
10. 学术诚信.....	47
10.1 考试违规与作弊处理.....	47
10.2 杜撰数据、信息处理等.....	47
10.3 学术剽窃处理等.....	47

11. 课堂规范	48
11.1 课堂纪律	48
11.2 课堂礼仪	48
12. 课程资源	49
12.1 教材与参考书	49
12.2 专业学术著作	49
12.3 专业刊物	49
12.4 网络课程资源	49
13. 教学合约	50
14. 其他说明	51

1. 教学理念

教育是在一定社会条件下促进个体社会化和社会个性化的实践活动。教育是以人的全面发展为最高的目的。大学教育围绕一个“育人目标”核心，着眼于人的全面发展需要，重点培养学生的自学能力、实践能力和创新能力。

《化工原理》课程是化工类专业的一门主要专业(技术)基础课，该课程担负着由基础到专业、由理论到工程的桥梁作用，是综合运用数学、物理和化学等基础知识，分析和解决化工类型生产中各种物理过程(或单元操作)问题的工程学科。课程的主要任务是(1)掌握三传(动量传递、热量传递和质量传递)的基本原理；(2)掌握各单元操作过程的基本原理、计算方法和设备构造与选型；(3)培养学生运用基础理论分析和解决化工单元操作中各种工程实际问题的能力，即选择单元操作和设备的能力、操作和调节生产过程的能力和获取数据和工程设计的能力。

基于我校培养应用型工程技术人才的培养目标，结合化工原理课程的主要任务，并考虑到我校学生高等数学、大学物理、物理化学等基础知识掌握一般的实际，在化工原理的教学过程中，本人将重点强调基本概念、课程的研究方法和培养学生的工程观念，强调公式的适用范围，弱化公式的推导过程。课程实施主要采用讲授、提问、讨论、练习、课堂小测验、以及案例分析法等多种教学方法，同时结合教师自身的研究，以基于研究的学习亦作为教学方法的重要方面，充分调动学生的学习热情，使学生通过积极的思维、演练，主动地获取知识，确保学生学有所得。在上课形式上，运用多媒体教学手段，尤其是动画、视频等，以实现良好的教学效果。

整个教学实施过程中，我将秉承以下的教学风格：

(1)以学生为中心，公平对待每一位学生。在教学过程中，本人将对不同出身、性别、智力、相貌、年龄、个性以及关系密切程度不同的学生尽量做到一视同仁，同等对待，对每一位学生都关心、爱护、无偏袒、不以个人的私利和好恶作标准；

(2)在教学过程中，尽量多举与实际生活息息相关的例子，用最浅显易懂、幽默的语言表达课程中比较复杂抽象的概念；

(3)积极引导学生的自主学习。通过案例分析、知识点对比、归纳等多种讲授方式引导学生积极主动的学习，使学生深刻体会所学知识、研究方法和思维方式对工程实际、科研道路或职场工作的价值。

2. 课程描述

2.1 课程的性质

本课程属工科科学，用自然科学的原理（主要为动量、热量与质量传递理论）考察、解释和处理工程实际问题，研究方法主要是理论解析和在理论指导下的实验研究，本课程强调工程观点、定量运算和设计能力的训练、强调理论与实际相结合，提高分析问题、解决问题的能力。学生通过本课程学习，应能够解决流体流动、流体输送、沉降分离、过滤分离、过程传热、蒸发、蒸馏、吸收、萃取和干燥等单元操作过程的计算及设备选择等问题，并为后续专业课程的学习奠定基础。课程的主要特点是：（1）兼有“科学”与“技术”的双重特点；（2）实验科学，强调理论课与实验课相结合；（3）实践性强，辅以多种实践环节。

2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

《化工原理》课程是化工类及相近专业的一门主要技术基础课，它是综合运用数学、物理、化学等基础知识，分析和解决化工类型生产中各种物理过程（或单元操作）问题的工程学科，本课程担负着由理论到工程、由基础到专业的桥梁作用。该课程教学水平的高低，对化工类及相近专业学生的业务素质 and 工程能力的培养起着至关重要的作用。

2.3 课程的历史与文化传统

化工原理这门课程经历了工艺学阶段、单元操作阶段和传递过程阶段。

1923 年 Walker W. H. 出版了第一部以单元操作为线索而编写的化工原理教材《Principles of Chemical Engineering》。该著作从以产品来划分的化工生产工艺中，抽象出各种单元操作，即从特殊性中总结出普遍性，是认识上的一个飞跃，对化学工程学的形成和发展起了重要的推动作用。

1960 年 Bird R. B. 出版了第一部基于以传递过程为线索而编写的化工原理传递教材《Transport Phenomena》。教材提出三传遵循的“唯象现象”：物理量的传递速率 \propto 传递过程的推动力/阻力，是化学工程发展史的又一里程碑。

20 世纪 70 年代以后，随着计算机技术的快速发展，推动了化学工程向“过程优化集

成”、“分子模拟”等新阶段。

2.4 课程的前沿及发展趋势

当前，课程的发展从单元操作向过程更新和过程强化两个方向发展。过程更新包括理论更新，如平衡分离分子学、膜基气体吸收理论等和技术更新，如计算机模拟计算技术、超临界流体萃取技术；过程强化包括设备强化，如新型塔内件开发、换热器传热强化等和过程集成，如精馏节能的热偶技术系统优化的窄点技术等发展。

随着科学技术的高速发展，化学工程与相邻学科相融合逐渐形成了若干新的分支与生长点，如：生物化学工程、分子化学工程、环境化学工程、能源化学工程、计算机化学工程、软化学工程、微电子化学工程等。同时，上述新兴产业与学科的发展也推动了特殊领域化学工程的进步。

2.5 课程与经济社会发展的关系

随着社会分工和生产社会化的不断发展，国民经济的结构也在不断变化，各国都面临着不同的机遇与挑战，提高自己国家的经济实力，提高国家的文化软实力，提高国家的综合实力等都需要和国家民族工业相联系。而化学工业在又是国家基础工业之一，所以化学工业与国民经济有着不可分割的关系。中国如今已成为世界上第三大化学工业国家。而化工又是一个污染极其大的产业，化工产业对国民生活和国民经济的影响的研究的重要性便突显出来了。

化学工业是国民经济基础产业之一，化学工业在国民经济中是工业革命的助手，发展农业的支持，工农业生产提供重要的原料保障，其质量、数量以及价格上的相对稳定，对农业生产的稳定与发展至关重要，化学工业肩负着为国防生产配套高技术材料的任务，并提供常规战略物资，与衣、食、住、行密切相关。

化工原理是化学工程学科的基础,是一门专业基础课程。化工原理课程从自然科学领域的基础课向工程科学的专业课过渡的入门课程。

2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

无

2.7 学习本课程的必要性

化工原理是化学工程学科的基础,是一门专业基础课程。化工原理课程从自然科学领域的基础课向工程科学的专业课过渡的入门课程。它在基础课(数学、物理、化学、物理化学)与专业课(化工工艺学、化工工艺设计与设备设计等)之间,起着承前启后、由理及工的“桥梁”作用。化工原理研究的对象是实际工程问题。其讲述各种化工单元操作的基本原理,典型化工设备的结构原理、操作性能,工艺过程设计和设备设计的计算方法。

3. 教师简介

3.1 教师的职称、学历

任课教师：郝世雄；职称：教授；最终学历/学位：博士研究生/工学博士

3.2 教育背景

2010.09-2013.12 四川大学化学工程学院 化学工艺专业 工学博士；

2001.09-2004.06 四川大学化学工程学院 化学工程专业 工学硕士；

1987.09-1991.07 济南大学（原山东建筑材料工业学院） 高分子材料专业 工学学士。

3.3 研究方向（兴趣）

（1）绿色化学工程与清洁工艺；（2）催化新材料。

4. 先修课程

本课程的先修课程有：高等数学、大学物理、物理化学。

5. 课程目标

本课程教育目标如下：

- 1、掌握流体流动及传热等化工过程的基本原理和典型设备的构造及性能；
- 2、通过本课程知识的系统学习，培养学生的工程观点和解决工程实际问题的能力，包括对化工单元操作进行工程计算的能力、正确运用工程图表的能力以及运用技术经济观点分析、解决工程实际问题的能力；
- 3、通过学习一些处理工程问题的基本方法，如因次分析法、数学模型法、过程分解法、试差计算法和图解计算法等，使学生具备在不同场合选用不同方法处理工程问题的能力；
- 4、通过对基本原理、工程计算和典型设备的讲授，培养学生从过程的基本原理出发，观察、分析、综合、归纳众多影响因素，从中找出问题的主要方面，运用所学知识解决工程问题的科学思维能力和创新思维能力；
- 5、通过本课程学习，培养学生的自学能力和独立工作能力，能根据所处理问题的需要，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

化工原理（下）课程授课内容包括：第 7 章 传质与分离过程概论，第 8 章 气体吸收，第 9 章 蒸馏，第 10 章 塔设备和第 11 章 固体物料的干燥共 5 部分内容。各部分教学内容及教学要求如下：

6.1 教学要求、重点和难点

6.1.1 第 7 章 传质与分离过程概论

掌握的内容：

- 1、相组成的常用表示方法和换算；
- 2、分子扩散与菲克定律、扩散系数及其影响因素、等分子反向扩散与单相扩散、漂流因子；
- 3、对流传质、双膜模型要点、总传质速率方程表达式、总传质系数与膜传质系数、传质阻力分析、气膜控制与液膜控制。

本章重点：相际间的传质速率。

本章难点：总体流动对传质速率的影响。

6.1.2 第 8 章 气体吸收

掌握的内容：

- 1、气体在液体中的溶解度、亨利定律表达式及相互关系、相平衡与吸收、解吸的关系；
- 2、吸收塔的操作线方程、物理意义、图示方法及应用，最小掖气比、吸收剂用量确定；
- 3、填料层高度计算、传质单元高度与传质单元数的定义与物理意义、传质单元数的计算（平均推动力法、解吸因数法）；
- 4、吸收塔操作分析、设计型计算和操作型计算。

熟悉的内容：

- 1、均相物系分离的分类与特征、吸收的分类、吸收剂选用的基本原则；
- 2、理论板的概念，理论板数的计算；
- 3、吸收与解吸的比较；

4、传质单元数的图解积分法和梯级图解法。

了解的内容：

- 1、填料塔基本结构、两相接触方式，板式塔基本结构、两相接触方式；
- 2、吸收基本方程式推导；
- 3、解吸、非等温吸收、高浓度吸收等特点和计算步骤。

本章重点：传质速率方程，低浓吸收填料层高度的计算。

本章难点：操作型问题定性分析。

6.1.3 第9章 蒸馏

掌握的内容：

- 1、双组分理想体系的汽液平衡：拉乌尔定律、泡点方程、露点方程、汽液平衡图、挥发度与相对挥发度定义及应用、相平衡方程及应用；
- 2、精馏原理与流程；
- 3、精馏塔的物料衡算、操作线方程和 q 线方程及物理意义、图示及应用；
- 4、双组分连续精馏塔计算及操作调节、分析：恒摩尔流假设、理论板、等板高度、汽液两相的摩尔流率、回流比选用与最小回流比、加料热状况影响及选择、全塔效率、单板效率、理论板数的确定。

熟悉的内容：

- 1、平衡蒸馏与简单蒸馏的流程、特点、计算；
- 2、精馏装置的热量衡算；
- 3、非常见的二元连续精馏塔计算：直接蒸汽加热、多股进料与多股出料、提馏塔、塔顶采用分凝器、冷液回流；
- 4、Fenske 方程、Gilliland 关联图，捷算法。

了解的内容：

- 1、非理想物系的汽液平衡；
- 2、间歇精馏的特点、计算步骤及应用；
- 3、恒沸精馏、萃取精馏的特点及应用；
- 4、精馏节能技术进展。

本章重点：两组分的相平衡关系；两组分联系精馏的计算；影响精馏过程的主要因素。

本章难点：单板效率，确定回流比，间歇精馏。

6.1.4 第 10 章 塔设备

掌握的内容：

- 1、工业上评价塔设备性能的主要指标；
- 2、板式塔和填料塔的典型结构、性能、特征和选用原则。

熟悉的内容：

- 1、板式塔水力学性能、不正常操作状况、塔板结构参数的影响与选择；
- 2、填料塔水力学性能、不正常操作状况、填料特性的影响与选用；
- 3、常用塔板和填料的类型、特点及使用场合。

了解的内容：

- 1、塔板上气液两相接触工况、塔板负荷性能图、板式塔工艺计算方法；
- 2、填料塔内气、液两相流动的相互作用、填料塔的工艺计算方法。

重点：板式塔与填料塔的特点，板式塔与填料塔的设计原则。

难点：塔的不正常操作显现及排除。

6.1.5 第 11 章 固体物料的干燥

掌握的内容：

- 1、空气性质及计算、湿焓图构成及应用、干燥过程中空气状态的确定
- 2、干燥过程的物料衡算
- 3、干燥过程的热量衡算
- 4、恒定干燥条件下干燥速率与干燥时间

熟悉的内容：

- 1、物料中所含水分的性质及干燥机理；
- 2、结合水分、自由水分、临界水分的概念及相互关系；
- 3、恒速干燥与降速干燥的特点及强化途径；
- 4、干燥器的热效率及提高干燥过程经济型的途径。

了解内容：

- 1、过程的原理、目的及实施；
- 2、常用干燥器的性能特点及应用场合；

3、种干燥方法的基本原理、特点及应用。

重点：干燥介质的性质，干燥过程的物、热衡算，干燥过程的平衡及速率关系。

难点：平衡关系；绝热饱和温度。

6.2 学时安排

各教学章节的学时安排如下：

第7章 传质与分离过程概论：6 学时

第8章 气体吸收：18 学时

第9章 蒸馏：18 学时

第10章 塔设备：4 学时

第11章 固体物料的干燥：14 学时

7. 课程教学实施

《化工原理（下）》课程教学实施如下：

7.1 教学单元一

7.1.1 教学日期

课次/学时：1/2

7.1.2 教学目标

掌握相组成的表示方法，以及各种表示方法间的换算关系和适用场合。

7.1.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：浓度的不同表示法及其关系

重点：浓度的不同表示法及其换算关系，引入质量比和摩尔比的意义。

难点：无

7.1.4 教学过程

1、介绍传质分离过程；

本讲师生互动：请学生举例，列举出到目前为止自己做过的试验中哪些实验存在分离过程？

2、分离过程在化工中的应用；

举例：三氯甲烷的制备、石油的炼制

3、相际传质过程与分离：（1）非均相物系分离的特点；（2）均相物系分离特点。

4、均相物系的分离方法；

示例：空气和氨分离。

5、简单介绍常见传质分离方法以及分离方法选择的原则；

6、相组成的表示方法：质量浓度；物质的量浓度；质量分数；摩尔分数；质量比；摩尔比；分压和总压。

7.1.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

提问：1、相组成有哪些表示方法，引出质量比和摩尔比有何意义？

7.1.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.2 教学单元二

7.2.1 教学日期

课次/学时：2/4

7.2.2 教学目标

掌握分子扩散与菲克定律、等分子反向扩散与单向扩散传质速率、漂流因子。

7.2.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：分子扩散的概念，菲克定律，一维定常分子扩散速率，等分子反向扩散，单向扩散，总体流动；

重点：等分子反向扩散，单向扩散速率。

难点：总体流动对传质速率的影响。

7.2.4 教学过程

1、分子扩散现象与费克定律

(1) 播放动画：分子扩散现象；(2) 费克(Fick)定律

2、气体中的稳态分子扩散

(1) 等分子反方向扩散；(2) 一组分通过另一停滞组分的扩散（单向扩散）

3、液体中的稳态分子扩散

7.2.5 教学方法

本节主要采用讲授法、图例讲授法、案例分析法、提问法。

提问：“漂流因子”与总体流动有何关系？

例题：在一常压、298 K 的吸收塔内，用水吸收混合气中的 SO_2 。已知混合气体中含 SO_2 的体积分数为 20%，其余组分可看作惰性气体，出塔气体中含 SO_2 体积分数为 2%，试分别用摩尔分数、摩尔比和摩尔浓度表示出塔气体中 SO_2 的组成。

7.2.6 作业安排及课后反思

作业：第 148 页 习题 4、5

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.3 教学单元三

7.3.1 教学日期

课次/学时：3/6

7.3.2 教学目标

掌握扩散系数及其影响因素、获取方法；双膜理论。

7.3.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：双膜模型及传质理论简介；相内传质速率式。

重点：双膜模型，传质速率方程。

难点：总传质系数，总传质推动力，总传质速率方程

7.3.4 教学过程

1、扩散系数

1) 组分在气相中的分子扩散系数；2) 液体中的扩散系数

2、涡流扩散现象

3、对流传质

- 1) 对流传质的类型;
- 2) 对流传质的机理;
- 3) 对流传质速率方程。

(1) 现象方程所描述的物理量传递的共性规律:

$$\text{过程速率} = \text{过程推动力} / \text{过程阻力} = \text{系数} \times \text{推动力}$$

引导: 学生回忆初中物理学习的欧姆定律、化工原理上册传热速率的表达式

(2) 一维稳态单向传递速率

组成的表示方法, 推动力的表示方法, 系数的多样性。

一维稳态单向传递速率与牛顿冷却定律比较

(3) 传质系数的定义

传质系数间的换算关系, 传质系数与推动力的一一对应。

4、相际间的传质

- 1) 相际间的对流传质过程
- 2) 相际间对流传质模型

注意双膜理论的 3 个要点、系数与模型参数的关系, 即

$$k_G = \frac{D_{AB}P}{RTz_G p_{Bm}}, \quad k_L = \frac{D_{AS}'c_M}{z_L c_{Sm}}$$

提问:

- 1、气体扩散系数与哪些因素有关?
- 2、如何获得气体扩散系数与液体扩散系数?
- 3、停滞膜模型, 溶质渗透模型和表面更新模型的要点是什么, 各模型求得的传

5、传质设备简介

- 1) 传质设备的分类与性能要求
- 2) 典型的传质设备

7.3.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、练习法。

7.3.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.4 教学单元四

7.4.1 教学日期

课次/学时：4/8

7.4.2 教学目标

掌握气体在液体中的溶解度、亨利定律表达式及相互关系、相平衡与吸收、解吸的关系。

7.4.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：吸收过程的相平衡关系（溶解度曲线，亨利定律），影响平衡的主要因素。

重点：亨利定律表达式及相互关系。

难点：无

7.4.4 教学过程

- 1、本章主要内容简介
- 2、吸收的原理与流程
 - 1) 气体吸收的原理
 - 2) 气体吸收的流程
- 3、气体吸收的分类与应用
- 4、吸收剂选择的原则
- 5、吸收过程的相平衡关系
 - 1) 溶解度曲线
 - 2) 温度和压力对溶解度的影响
- 6、亨利定律
 - 1) 亨利定律的表达式

例题：已知 SO_2 水溶液在三个温度 t_1, t_2, t_3 下的亨利系数分别为 $E_1=0.0035 \text{ atm}$, $E_2=0.011 \text{ atm}$, $E_3=0.00652 \text{ atm}$, 则__。

A). t_1 小于 t_2 B). t_3 大于 t_2 C). t_1 大于 t_2 D). t_3 小于 t_1

2) 各系数的换算关系

例题：某系统温度为 10°C , 总压 101.3 kPa , 试求此条件下在与空气充分接触后的水中, 每立方米水溶解了多少克氧气?

7.4.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、练习法。

7.4.6 作业安排及课后反思

作业：第 148 页 习题 1、2

反思：反思教材相关内容, 以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.5 教学单元五

7.5.1 教学日期

课次/学时：5/10

7.5.2 教学目标

掌握相平衡关系在吸收中的应用, 即传质的方向、限度和推动力

7.5.3 教学内容 (含重点、难点)

知识点：质的方向、限度和推动力。

重点：传质推动力表达式。

难点：传质推动力表达式

7.5.4 教学过程

1、相平衡关系在吸收中的应用

1) 判断传质进行的方向

2) 确定传质的推动力

3) 指明传质过程进行的极限

例题：在总压 101.3 kPa，温度 30°C 的条件下，SO₂ 摩尔分数为 0.3 的混合气体与 SO₂ 摩尔分数为 0.01 的水溶液相接触，试问：

1) 从液相分析 SO₂ 的传质方向；

2) 从气相分析，其它条件不变，温度降到 0 °C 时 SO₂ 的传质方向；

3) 其它条件不变，从气相分析，总压提高到 202.6 kPa 时 SO₂ 的传质方向，并计算以液相摩尔分数差及气相摩尔率差表示的传质推动力。

7.5.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、练习法。

7.5.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.6 教学单元六

7.6.1 教学日期

课次/学时：6/12

7.6.2 教学目标

掌握相际间传质速率式，传质阻力，气膜控制、液膜控制

7.6.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：相际传质速率式，传质阻力，气膜控制、液膜控制

重点：相际传质速率式，传质阻力，气膜控制、液膜控制；

难点：传质系数间的关系

7.6.4 教学过程

1、膜吸收速率方程

引导：过程速率=过程推动力/过程阻力=系数×推动力

1) 气膜吸收速率方程

2) 液膜吸收速率方程

注意：

- 1) 不同形式的传质速率方程物理意义一样，都代表单位时间内通过单位面积传递的溶质 A 的量；
- 2) 传质系数与传质推动力的表达方式有关，其倒数表达的是气相传质阻力；
- 3) 不同单位的传质系数数值不同，但可根据组成表示法的相互关系进行换算。

3) 界面组成的确定

2、总吸收速率方程

引导：回顾间壁传热速率中如何避开难于测定的壁温的处理方法。

1) 以 $p-p^*$ 表示总推动力的总传质速率方程

2) 以 (c^*-c) 表示的总吸收速率方程

3) 以 $(y-y^*)$ 表示的总吸收速率方程

4) 以 (x^*-x) 表示的总吸收速率方程

5) 以 $(Y-Y^*)$ 表示的总吸收速率方程

6) 以 (X^*-X) 表示的总吸收速率方程

7) 总传质系数与单相传质系数之间的关系

3、吸收速率方程小结

例题：在总压为 100 kPa、温度为 30 °C 时，用清水吸收混合气体中的氨，气相传质系数为 $3.84 \times 10^{-6} \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kPa})$ ，液相传质系数为 $1.83 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ，假设此操作条件下的平衡关系服从亨利定律，测得当液相溶质摩尔分数为 0.05，其气相平衡分压为 6.7 kPa。求当塔内某截面上气、液组成分别为 $y=0.05$ ， $x=0.01$ 时，1) 以 $p-p$ 、 $c-c$ 表示的传质总推动力及相应的总传质系数和传质速率；2) 分析该过程的控制因素。

7.6.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、练习法。

7.6.6 作业安排及课后反思

作业 1：第 148 页 习题 1、2

作业 2：填空题：对极易溶的气体，气相一侧的界面浓度 y_i 接近于 ()，而液相一侧的界面浓度 x_i 接近于 ()。

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.7 教学单元七

7.7.1 教学日期

课次/学时：7/14

7.7.2 教学目标

掌握吸收剂用量的确定。

7.7.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：吸收过程的物料衡算，操作线方程，吸收剂的选择及用量的确定，最小溶剂用量的概念；

重点：吸收剂用量的确定（实质是最小液气比计算）

难点：最小液气比

7.7.4 教学过程

- 1、化工单元设备的计算；设计型；操作型
- 2、填料层有两个特点
- 3、设计步骤
- 4、全塔物料衡算
- 5、操作线方程与操作线
- 6、吸收塔内流向的选择
- 7、吸收剂用量的确定
- 8、液气比 L/V 的确定方法
- 9、最小液气比， $(L/V)_{\min}$
- 10、适宜的液气比

例题：某矿石焙烧炉排出含 SO_2 的混合气体，除 SO_2 外其余组分可看作惰性气体。冷却后送入填料吸收塔中，用清水洗涤以除去其中的 SO_2 。吸收塔的操作温度为 20°C ，压力为 101.3 kPa 。混合气的流量为 $1000\text{ m}^3/\text{h}$ ，其中含 SO_2 体积百分数为 9% ，要求 SO_2 的回收率为 90% 。若吸收剂用量为理论最小用量的 1.2 倍，试计算：

- 1) 吸收剂用量及塔底吸收液的组成 X_1 ；
- 2) 当用含 $\text{SO}_2=0.0003$ （摩尔比）的水溶液作吸收剂时，保持二氧化硫回收率不变，吸收剂用量比原情况增加还是减少？塔底吸收液组成变为多少？

已知 101.3 kPa ， 20°C 条件下 SO_2 在水中的平衡数据如下表所示。

提问：

- 1、如何判断吸收过程是属于哪种过程控制？
- 2、总吸收速率方程与膜吸收速率方程有何不同？
- 3、何为吸收过程的操作线，操作线如何获得？
- 4、吸收剂的用量如何确定？

7.7.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、练习法。

7.7.6 作业安排及课后反思

作业 1：第 149 页 习题 9

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.8 教学单元八

7.8.1 教学日期

课次/学时：8/16

7.8.2 教学目标

掌握低浓度吸收中填料层高度的计算。

7.8.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：传质单元数及传质单元高度的概念，吸收因子（解吸因子）的概念，低浓度吸收填料层高度的计算（平衡线为直线及曲线两种情况）。

重点：填料层高度计算式

难点：料层高度计算式的多样性及选择

7.8.4 教学过程

1、由吸收速率方程式引出填料层高度计算通式，分析、讨论如何选择速率方程得出相应计算式；

2、低浓度气体吸收填料层高度的计算

3、分析、讨论传质单元数、传质单元高度工程意义和影响因素；

例：空气中含有丙酮 2%（体积百分数）的混合气以 $0.024 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$ 的流速进入一填料塔，今用流速为 $0.065 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$ 的清水逆流吸收混合气中的丙酮，要求丙酮的回收率为 98.8%。已知操作压力为 100 kPa，操作温度下的亨利系数为 177 kPa，气相总体积吸收系数为 $0.0231 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{s}$ ，试用解吸因数法求填料层高度。

7.8.5 教学方法

本节主要采用提问法、讲授法、引导法、练习法。

7.8.6 作业安排及课后反思

作业 1：第 150 页 习题 14

作业 2：某填料吸收塔内装有 5 m 高，比表面积为 $221 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 的金属阶梯环填料。在该填料塔中，用清水逆流吸收某混合气体中的溶质 A。已知混合气的流量为 50 kmol/h ，溶质 A 的含量为 vol. 5%；进塔清水流量为 200 kmol/h ，其用量为最小用量的 1.6 倍；操作条件下的气液平衡关系为 $Y^*=2.75X$ ；气相总吸收系数为 $3 \times 10^{-4} \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；填料的有效比表面积 a 近似取为填料比表面积的 90%。试计算（1）填料塔的吸收率；（2）填料塔的直径。

作业 3：某厂在生产工艺中的氨吸收塔，其直径为 0.6 m、内部装填 3.8 m 高的 DN38 金属环短鞍填料，在常压和 $22 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下，用纯水吸收气体中的氨。现场测得一组组成数据为 $Y_1=0.023$ 、 $Y_2=0.0002$ 、 $X_1=0.006$ ，操作条件下的气液平衡关系为 $Y^*=0.846X$ 。现因环保要求的提高，要求出塔气体组成低于 0.00005（以上浓度均为摩尔比），试通过计算，提出 2 种不同的改造方案。

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

复习前面传质速率部分内容，理解 Z 计算式的多样性；预习教材相关内容。

7.9 教学单元九

7.9.1 教学日期

课次/学时：9/18

7.9.2 教学目标

- 1、理解理论板概念、理论板数求取方法；
- 2、掌握传质系数的计算与测定；
- 3、培养能设计实验测定传质系数的能力。

7.9.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：理解理论板概念、理论板数求取方法；传质系数的准数关联式；如何组织实施实验测定传质系数；不同研究方法的比较。

重点：理论板的概念、理论板数求取

难点：理论板数与传质单元数的区别与联系

7.9.4 教学过程

- 1、抽问，复习上节课核心内容；
- 2、给出理论板概念，比较 Z 的不同处理方法的特点；
- 3、推导板式塔操作线，解释其物理意义；
- 4、逐板算法、图解法、解析法计算理论板数；
- 5、布置自学传质系数的计算，引导开展工程实验组织实施的思路；
- 6、提示下节课要讲解的内容，预习相关部分。

7.9.5 教学方法

本讲师生互动：1、通过填料层高度的计算式，引导学生进行实验设计。

7.9.6 作业安排及课后反思

作业：第 150 页 习题 15

反思：课后要求阅读参考教材相关内容，自学传质系数计算方法，要求搞清楚各准数的意义。

7.10 教学单元十

7.10.1 教学日期

课次/学时：10/20

7.10.2 教学目标

- 1、其他情况吸收简介；
- 2、解吸计算。

7.10.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：高浓吸收特点及计算。

重点：解吸计算

难点：非等温吸收平衡关系求取

7.10.4 教学过程

- 1、抽问，复习上节课核心内容；
- 2、非等温吸收特点，随温度变化平衡关系的求取；
- 3、解吸计算。列举法，强调吸收与解吸是完整过程，解吸效果成本决定吸收的效果；
- 4、提示下节课要讲解的内容，预习相关部分。

7.10.5 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.11 教学单元十一

7.11.1 教学日期

课次/学时：11/22

7.11.2 教学目标

- 1、了解蒸馏的概念及分类；
- 2、掌握相平衡关系。

7.11.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：两组分物系的汽液平衡关系， t - x - y 图， x - y 图，拉乌尔定律，泡点方程、露点方程、相对挥发度及其影响因素。

重点：两组分相平衡关系

难点：相平衡关系的应用

7.11.4 教学过程

- 1、蒸馏过程的原理；
- 2、蒸馏过程的应用；
- 3、蒸馏的特点及其分类
- 4、相律、拉乌尔定律
- 5、两组分溶液的气液平衡
- 6、函数式、图形表达的相平衡关系。
- 7、引出下节课的主要内容，预习相关内容

7.11.5 教学方法

本讲师生互动：1、学生在蒸馏过程中可以独立变化的量有哪些？

例题：某二元混合物，其中 A 为易挥发组分，液相组成 $x_A=0.4$ ，相应泡点为 t_1 ，气相组成为 $y_A=0.4$ ，相应露点为 t_2 ，则

- A). $t_1=t_2$ B). $t_1<t_2$ C). $t_1>t_2$ D). 不能判定

7.11.6 作业安排及课后反思

作业：第 73 页 第 1 题

7.12 教学单元十二

7.12.1 教学日期

课次/学时：13/26

7.12.2 教学目标

1、平衡蒸馏、简单蒸馏特点及计算；

7.12.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：平衡蒸馏、简单蒸馏的特点及计算，间歇精馏的特点及计算步骤。

重点：蒸馏计算

难点：非定态过程计算方法

7.12.4 教学过程

- 1、平衡蒸馏的装置与流程
- 2、平衡蒸馏过程的计算
- 3、简单蒸馏的装置与流程
- 4、简单蒸馏过程的计算

7.12.5 教学方法

本讲师生互动：请举 1 例你做过的要用到简单蒸馏的实验。

7.12.6 作业安排及课后反思

作业：第 73 页 习题 4

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.13 教学单元十三

7.13.1 教学日期

课次/学时：14/28

7.13.2 教学目标

- 1、精馏原理；
- 2、精馏操作流程。

7.13.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：精馏原理；精馏操作流程。

重点：精馏原理

难点：精馏原理

7.13.4 教学过程

- 1、复习上一节课内容；
- 2、精馏原理；
- 3、精馏原理的装置与流程

7.13.5 教学方法

讲解法

7.13.6 作业安排及课后反思

反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.14 教学单元十四

7.14.1 教学日期

课次/学时：15/30

7.14.2 教学目标

- 1、理解理论板的假定；
- 2、理解恒摩尔流假定；
- 3、掌握精馏塔的操作线方程获取、物理意义和特点。

7.14.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：双组分连续精馏塔的物质衡算，恒摩尔流假设，理论板的概念，操作线方程。

重点：操作线方程获取和物理意义

难点：提馏段操作线方程

7.14.4 教学过程

- 1、复习上一节课内容；
- 2、理论板的假定；
- 3、恒摩尔流假定；
- 4、精馏段操作线方程获得、特点、意义；
- 5、提馏段操作线方程获得、特点、意义；

7.14.5 教学方法

讲解法

7.14.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.15 教学单元十五

7.15.1 教学日期

课次/学时：16/32

7.15.2 教学目标

- 1、进料热状况参数；
- 2、精馏段、提馏段汽、液流量计算。

7.15.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：进料热状况参数 q 的物理意义及计算。

重点：进料热状况参数 q 的物理意义及计算

难点：进料热状况

7.15.4 教学过程

- 1、复习上一节课内容；
- 2、精馏塔 5 种进料热状况；
- 3、进料热状况参数定义；
- 4、进料热状况参数的物理意义；
- 5、进料热状况参数的计算和对操作线的影响。

7.15.5 教学方法

讲解法

7.15.6 作业安排及课后反思

作业：第 73 页 习题 6、7

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.16 教学单元十六

7.16.1 教学日期

课次/学时：17/34

7.16.2 教学目标

- 1、理论板数的求取；
- 2、精馏塔的适宜进料位置确定；
- 3、进料热状况对理论板层数的影响。

7.16.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：逐板计算法求解理论板数、图解法求解理论板数；精馏塔的适宜进料位置确定；进料热状况对理论板层数的影响。

重点：逐板计算法求解理论板数、图解法求解理论板数

难点：进料热状况方程

7.16.4 教学过程

- 1、复习上一节课内容；
- 2、讲解逐板计算法求解理论板数方法；
- 3、演示梯级图解法求取理论板数方法，进料位置确定，对比逐板计算法加深理解；
- 4、适宜进料位置的讨论。

7.16.5 教学方法

讲解法

7.16.6 作业安排及课后反思

作业：第74页 习题8、9

思考题：

- 1、 q 线方程或进料方程是如何获得的？
- 2、进料量对理论板层数有无影响，为什么？
- 3、在分离任务一定时，进料热状况对所需的理论板层数有无影响？为什么？

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.17 教学单元十七

7.17.1 教学日期

课次/学时：18/36

7.17.2 教学目标

- 1、回流比的确定；
- 2、精馏过程经济性讨论。

7.17.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：全回流、最小回流比、回流比对精馏过程经济性的影响；回流比对精馏产品质量的影响；回流比的确定；最小理论板数、捷算法求取理论板数。

重点：回流比对精馏过程的影响、回流比的确定。

难点：最小回流比的理解

7.17.4 教学过程

- 1、复习上一节课内容；
- 2、动画演示回流比对精馏过程的影响，引出全回流、最小回流比概念；
- 3、推导全回流情况下，最小理论板数计算芬斯克方程；
- 4、不同情况最小回流比的求解；
- 5、吉利兰图（捷算法）求解理论板数。

7.17.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.17.6 作业安排及课后反思

作业 1：第 74 页 第 11 题

作业 2：在常压精馏塔中分离两组分理想混合物，泡点进料，进料量 $F=100$ kmol/h，进料组成 $x_F=0.5$ 。塔顶产品中轻组分含量 $x_D=0.95$ ，塔顶采出流量 $D=50$ kmol/h，回流比 $R=1.5R_{\min}$ 。设全塔均为理论板，以上组成均为摩尔分数。相对挥发度 $\alpha=3.0$ 。

求：1) R_{\min} ；

2) 精馏段第二块理论板（从上向下数）上升气相组成；

3) 提馏段最下一层理论板上升气相组成。

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.18 教学单元十八

7.18.1 教学日期

课次/学时：19/38

7.18.2 教学目标

1、特殊情况理论板数的求取。

7.18.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：冷回流对精馏的影响及冷回流下理论板数的求取；塔顶采用分凝器时理论板数的求取；提馏塔塔理论板数的求取；直接蒸汽加热精馏问题讨论及计算；多侧线塔理论板数求取。

重点：冷回流对精馏的影响及冷回流下理论板数的求取；塔顶采用分凝器时理论板数的求取；提馏塔塔理论板数的求取。

难点：各种特殊情况操作线方程的建立

7.18.4 教学过程

- 1、冷回流对精馏的影响及冷回流下理论板数的求取；
- 2、塔顶采用分凝器时理论板数的求取；
- 3、提馏塔理论板数的求取；
- 4、比较法讨论不同前提直接蒸汽加热精馏问题；
- 5、布置学生自学多侧线塔理论板数求取。

7.18.5 教学方法

讲解法、动画演示法

例题：在常压连续提馏塔中，分离两组分理想溶液。该物系平均相对挥发度为 2.0，原料液流量为 100kmol/h，进料热状态参数 q 为 0.8，馏出液流量为 60 kmol/h。釜残液组成为 0.01（易挥发组分摩尔分数）试求：

- 1)操作线方程
- 2)由塔内最下一层理论板下流的液相组成

7.18.6 作业安排及课后反思

作业 1：第 75 页 第 10、12、16 题

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.19 教学单元十九

7.19.1 教学日期

课次/学时：20/40

7.19.2 教学目标

- 1、掌握点效率、板效率、全塔效率及实际板数求取。

7.19.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：点效率、板效率和塔效率的概念，实际塔板数的确定；板式塔传质性能测定实验组织实施。

重点：点效率、板效率和塔效率的概念，实际塔板数的确定。

难点：无

7.19.4 教学过程

- 1、点效率、板效率、全塔效率
- 2、实际板数求取；塔高的计算
- 3、塔径计算；

7.19.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.19.6 作业安排及课后反思

作业 1：第 75 页 习题 15

作业 2：一连续操作的常压精馏塔，用于分离 A(轻组分)-B（重组分）混合物。已知原料液中含 A 组分 $x_F=0.45$ (摩尔分数，下同)，进料温度为 $40\text{ }^\circ\text{C}$ ，该组成下溶液的泡点为 $95\text{ }^\circ\text{C}$ ，平均比热 $c_{pm}=164\text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}$ ，汽化潜热 36080 kJ/kmol 。要求达到塔顶产品 $x_D=0.980$ ，塔底釜出液 $x_W=0.010$ 。该物系的相对挥发度为 3，塔顶全凝器泡点回流，实际操作回流比为 1.3。试计算：

- 1) A 组分的回收率；
- 2) 最小回流比；
- 3) 提馏段操作线方程；
- 4) 若塔顶第一块板下降的液相浓度为 0.960，求该塔板以气相组分表示的默弗里板效率 E_{MV} 。

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.20 教学单元二十

7.20.1 教学日期

课次/学时：21/42

7.20.2 教学目标

- 1、精馏过程的调控；
- 2、精馏过程的热衡算。

7.20.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：精馏过程影响因素的分析；精馏过程的操作调控；精馏过程热衡算及讨论。

重点：精馏过程影响因素分析。

难点：精馏过程影响因素分析。

7.20.4 教学过程

- 1、连续精馏装置的热量衡算
- 2、精馏过程的节能途径
- 3、塔径计算；

7.20.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.20.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.21 教学单元二十一

7.21.1 教学日期

课次/学时：22/44

7.21.2 教学目标

- 1、精馏过程的操作型计算与调节。

7.21.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：影响精馏操作的主要因素；精馏过程的操作型问题；灵敏板

重点：影响精馏操作的主要因素。

难点：精馏过程的操作型问题。

7.21.4 教学过程

- 1、影响精馏操作的主要因素
- 2、精馏过程的操作型问题
- 3、精馏过程的控制和调节

7.21.5 教学方法

讲解法、动画展示法

例题：一操作中的常压连续精馏塔分离某混合液。现保持回流液量和进料状况（ F 、 x_F 、 q ）不变，而减小塔釜加热蒸汽量，试分析 x_D 、 x_W 如何变化？

7.22.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.22 教学单元二十二

7.22.1 教学日期

课次/学时：23/46

7.22.2 教学目标

- 1、工业上评价塔设备性能的主要指标；
- 2、板式塔的典型结构、性能、特征和选用原则；

3、板式塔的流体力学性能。

7.22.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：塔设备的性能参数；典型塔板的结构特点及分类；塔板上的流体力学特性；正常与非正常操作情况及调节；板式塔的设计原则及步骤。

重点：操作条件及设备结构对板式塔操作的影响。

难点：操作条件及设备结构对板式塔操作的影响。

7.22.4 教学过程

- 1、塔设备性能参数描述；
- 2、典型板式塔的结构特点及性能分析；
- 3、板式塔的流体力学性能和操作特性。

7.22.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.22.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.23 教学单元二十三

7.23.1 教学日期

课次/学时：24/48

7.23.2 教学目标

- 1、填料塔的结构特点；
- 2、填料的分类及特点；
- 3、填料塔的流体力学特性；
- 4、填料塔的设计原则及主要内容。

7.23.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：填料塔的结构特点；填料的分类及特点；填料塔的流体力学特性；填料塔的设计原则及主要内容。

重点：填料塔的流体力学特性。

难点：

7.23.4 教学过程

- 1、填料塔的结构特点；
- 2、填料的分类及特点；
- 3、填料塔的流体力学特性；
- 4、填料塔的设计原则及主要内容。塔设备性能参数描述。

7.23.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.23.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.24 教学单元二十四

7.24.1 教学日期

课次/学时：25/50

7.24.2 教学目标

- 1、热质同时传递过程的特点；
- 2、干燥介质的性质。

7.24.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：干燥过程的基本概念，干燥介质的作用；干燥介质的性质。

重点：干燥介质的性质。

难点：

7.24.4 教学过程

- 1、热质同时传递过程的特点，分析过程逆转的可能性；
- 2、干燥过程的分类及特点；
- 3、干燥介质种类及要求；
- 4、干燥介质的性质。

7.24.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.24.6 作业安排及课后反思

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.25 教学单元二十五

7.25.1 教学日期

课次/学时：26/52

7.25.2 教学目标

- 1、干燥介质的性质。

7.25.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：干燥介质的性质（干燥介质热方面的性质；干燥介质湿方面的性质；干燥介质综合性质）。

重点：干燥介质的性质。

难点：干球温度、湿球温度、绝热饱和温度间区别与联系

7.25.4 教学过程

- 1、干燥介质热方面的性质， t ；
- 2、干燥介质湿方面的性质， H 、 t_d 、 c_H ；
- 3、干燥介质综合性质， φ 、 t_w 、 t_{as} 、 I_H 、 v_H ；
- 4、干燥介质性质的计算及工程意义。

7.25.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.25.6 作业安排及课后反思

作业：第 296 页 习题 1

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.26 教学单元二十六

7.26.1 教学日期

课次/学时：27/54

7.26.2 教学目标

- 1、干燥介质的湿焓图及其应用；
- 2、湿物料的性质。
- 3、干燥过程的物料衡算

7.26.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：干燥介质的性质与 $I-H$ 图。

重点：干燥介质的湿焓图及其应用。

难点：干燥介质状态点的确定

7.26.4 教学过程

- 1、湿焓图的构成及特点；
- 2、如何确定介质的状态点；
- 3、如何由湿焓图获取湿空气的性质；
- 4、湿物料的性质；
- 5、干燥过程的物料衡算。

7.26.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.26.6 作业安排及课后反思

作业：第 297 页 习题 2

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.27 教学单元二十七

7.27.1 教学日期

课次/学时：28/56

7.27.2 教学目标

- 1、干燥过程的热量衡算；
- 2、干燥系统的热效率。

7.27.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：干燥过程的热量衡算及应用；对特殊干燥过程热衡算式的简化，干燥过程的热效率与干燥效率。

重点：干燥过程的热衡算。

难点：干燥过程热衡算的应用

7.27.4 教学过程

- 1、干燥器、干燥系统的热衡算；
- 2、干燥过程的热效率、干燥效率的计算及讨论。

7.27.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.27.6 作业安排及课后反思

作业：用常压连续干燥器干燥 800 kg/h 的湿物料，要求湿物料含水量由 10% 降至 2%（均为湿基）。干燥介质为温度 20 °C，湿度为 0.012 kg/(kg 干空气) 的新鲜空气。空气经预热器加热至 100 °C 后进入干燥器，离开干燥器时空气的温度为 60 °C，若干燥过程中可视为等焓干燥过程，试求：(1) 水分蒸发量及干燥产品量；(2) 若风机安装在预热器之前，则风机的入口风量 (m^3/h)；(3) 单位时间预热器的消耗的热量（不计热损失）；(4) 在 $H-I$ 图上定性表示出预热及干燥过程中空气状态的变化。

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

7.28 教学单元二十八

7.28.1 教学日期

课次/学时：29/58

7.28.2 教学目标

- 1、干燥过程的平衡关系及应用；
- 2、干燥过程的速率关系；
- 3、干燥时间的计算。

7.28.3 教学内容（含重点、难点）

知识点：干燥过程的平衡关系，结合湿份、非结合湿份、平衡湿份、自由湿份及最大吸湿湿含量的概念，传质方向与限度的确定干燥过程的热量衡算及应用。

重点：干燥速率曲线。

难点：结合湿份、非结合湿份、平衡湿份、自由湿份及最大吸湿湿含量的区别于联系

7.28.4 教学过程

- 1、物料中水分的性质；
- 2、恒定干燥条件内容，干燥曲线及干燥速率曲线；
- 3、如何组织实施干燥曲线及干燥速率曲线的测定；
- 4、恒速段及降速段干燥机理的分析及影响因素的讨论；
- 5、干燥时间计算方法。

7.28.5 教学方法

讲解法、动画展示法

7.28.6 作业安排及课后反思

作业：第 295 页 习题 9

反思：反思教材相关内容，以及参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

8. 课程要求

8.1 学生自学要求

课前应预习相应内容，对涉及的基本概念、基本公式及其应用有基本了解；课后认真复习教材及教参相关内容；对教师布置的自学任务应认真完成。

8.2 课外阅读要求

根据自己学习情况或兴趣点阅读教辅资料或相关文献。

8.3 课堂讨论要求

每节课均有相关知识巩固、内容延展及扩展思维相关问题。学生应积极参与课堂提问及课堂讨论，这是对所学知识加深理解的重要途径。

8.4 课后复习要求

遗忘在学习之后立即开始，而且遗忘的进程并不是均匀的。最初遗忘速度很快，以后逐渐缓慢。可见若不及时巩固，在学习后 1 小时遗忘率可高达 55.8%，因此课后及时复习是很有必要的，这不仅可以巩固所学知识，还可以加深对所学知识的理解以及很好的锻炼自己对知识的概括和总结能力。

9. 课程考核

9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

9.1.1 出勤

本课程的学习中，选课同学应该主动遵守四川理工学院学生管理条例中关于出勤的相关政策规定。对无故缺席的同学（包括课后补假的同学），每缺席 1 次平时成绩扣 5 分，直至扣完。

9.1.2 迟到与早退

上课铃后进入教室的同学算迟到，下课铃前擅自离开教室的同学按早退处理。5 次无故迟到 10 分钟及 10 分钟以内的同学算缺席 1 次，1 次无故迟到 10 分钟及 10 分钟以上的同学计缺席 1 次；1 次无故早退的同学算缺席 1 次。

平时成绩按 100 分计算时，迟到或早退一次扣 5 分；缺席一次扣 10 分；作业按 5 级制，即 A、B、C、D、E 计算，其中 $A^+=100$ ， $A=95$ ， $A^-=90$ ，其余以此类推。平时作业成绩取应交作业的平均值，不交作业，则该次作业的成绩为 0。等级降低，分值递减。

表 1 等级分数与百分制分数换算

等级	A	B	C	D	E
100 制分值	100	85	75	65	50

9.2 成绩的构成与评分规则说明

课程成绩由平时成绩与考试成绩两部分构成，其比例按学校相关规定执行。

平时成绩由考勤、作业及课堂提问成绩构成。等级分数与百分制分数换算详见表 1。课堂提问成绩属奖励性质，积极主动回答问题者可获平时成绩奖励，被动抽问作答者按考勤处理。

9.3 考试形式及说明

考试形式由教研室统一规定。相同性质班级原则进行统考、流水阅卷，教考分离。

10. 学术诚信

10.1 考试违规与作弊处理

考试违规与作弊处理依据《四川理工学院学生考试违纪和作弊处理办法》执行

10.2 杜撰数据、信息处理等

作业抄袭按最低等级记载。

10.3 学术剽窃处理等

按学校相关规定处理。

11. 课堂规范

11.1 课堂纪律

- 1、上课期间请关闭手机，或将手机调至振动模式。不要玩手机；
- 2、上课期间请不要说话或大声喧哗，干扰其他同学听课与思考；
- 3、迟到的同学请安静地找座位坐下，并认真听讲；
- 4、若在课堂期间有私事需要处理，请安静离开，到教室外解决后安静地回到座位上；
- 5、课堂讲授过程中若需表达自己的观点前，请举手示意，得到允许后发言；
- 6、课堂提问过程中请不要随意提醒或帮答，若想阐述自己的观点，需在答题同学言毕后，举手示意，得到允许后发言；
- 7、上课期间不得随意进出教室。

11.2 课堂礼仪

- 1、进入课堂，不得穿拖鞋、背心；
- 2、教室内不得吸烟；
- 3、不在教室吃东西；
- 4、爱护公物，不得随意在课桌椅、墙壁上乱写乱画；
- 4、离开教室时随手带走自己的垃圾。
- 5、课堂讨论过程中请注意聆听别人的观点，发表自己观点时不许涉及人身攻击。

12. 课程资源

12.1 教材与参考书

- [1] 陈敏恒, 丛德滋, 方图南. 化工原理[M]. 北京, 化学工业出版社, 2006
- [2] 谭天恩. 化工原理[M]. 北京, 化学工业出版社, 2010,
- [3] 柴成敬, 王军, 陈常贵, 等. 化工原理课程学习指导[M]. 天津: 天津大学出版社, 2003
- [4] 何潮洪, 窦梅, 钱栋英. 化工原理操作型问题的分析[M]. 北京, 化学工业出版社, 1998
- [5] 马江权, 冷一欣, 韶晖, 等. 化工原理学习指导(第二版)[M]. 上海, 华东理工大学出版社, 2012.

12.2 专业学术著作

- [1] 戴干策, 陈敏恒. 化工流体力学[M]. 北京, 化学工业出版社, 1988
- [2] 《化工设备设计全书》编写委员会. 化工设备设计全书[M]. 北京, 化学工业出版社, 2004

12.3 专业刊物

CNKI、万方各类期刊均可。

12.4 网络课程资源

- 1、各高校网页精品课程
- 2、<http://emuch.net/bbs> 小木虫论坛
- 3、<http://bbs.hcbbs.com> 海川化工论坛
- 4、学校图书馆的超星数字图书

13. 教学合约

- 1、我已经认真阅读了 《反应工程》 课程实施大纲， 并清楚理解其中所陈述的内容；
- 2、任课教师已预备足够的时间让我咨询课程实施大纲的相关内容；
- 3、我认同任课教师针对课程实施所提的课程标准；
- 4、我同意遵守本课程实施大纲中所阐述的课程考核方式、学术诚信规定、课堂规范等规定。

签名：

日期：

14. 其他说明

如果同学们对本课程实施有意见和建议，欢迎大家提出，我会在今后的教学过程中不断的完善课程实施大纲，以便更进一步的提高教育质量。