



# 四川理工学院课程实施大纲

课程名称：化工原理

---

授课班级：环境工程 2015 级卓越班

---

任课教师：黄斌

---

工作部门：化学工程学院

---

联系方式：13890051515

---

四川理工学院 制

2017 年 1 月

# 《化工原理》课程实施大纲

## 基本信息

课程代码:

课程名称: 化工原理 Unit Operations of Chemical Engineering

学 分: 4

总 学 时: 64

学 期: 2016-2017-2

上课时间: 星期二、四 11-12 节

上课地点: 厚德楼 209

答疑时间和方式: 课前, 课间, 办公室, 邮件答疑, 电话答疑

答疑地点: 行政楼 419

授课班级: 环境工程 2015 级卓越班

任课教师: 黄斌

学 院: 化学工程学院

邮 箱: huangbin731026@126.com

联系电话: 13890051515

# 目录

1. 教学理念 .....	5
2. 课程介绍 .....	5
2.1 课程的性质 .....	5
2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用 .....	5
2.3 课程的历史与文化传统 .....	6
2.4 课程的前沿及发展趋势 .....	6
2.5 课程与经济社会的发展 .....	6
2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题 .....	7
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 研究兴趣（方向） .....	7
4. 先修课程 .....	7
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 .....	13
6.3 学时安排 .....	14
7 课程实施 .....	14
7.1 教学单元一 .....	14
7.2 教学单元二 .....	16
7.3 教学单元三 .....	17
7.4 教学单元四 .....	错误!未定义书签。
7.5 教学单元五 .....	19
7.6 教学单元六 .....	53
8. 课程要求 .....	68

8.1 学生自学要求 .....	68
8.2 课外阅读要求 .....	68
8.3 课堂讨论要求 .....	68
8.4 课程实践要求 .....	68
9. 课程考核 .....	68
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求 .....	68
9.2 成绩的构成与评分规则说明 .....	69
9.3 考试形式及说明 .....	69
10. 学术诚信 .....	69
10.1 考试违规与作弊处理 .....	69
11. 课堂规范 .....	69
12. 课程资源 .....	70
12.1 教材与参考书 .....	70
12.2 专业学术著作 .....	71
12.3 专业刊物 .....	71
12.4 网络课程资源 .....	71
13. 教学合约 .....	72
13.1 教师师德承诺 .....	72
13.1 阅读课程实施大纲，理解其内容 .....	72
13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望 .....	73
14. 其他说明 .....	73

# 1. 教学理念

由于化工原理课程研究内容极为广泛，化学工程学科中除了反应过程以外，其他物理过程都是本课程涉及的范畴，化工原理课概念多、公式多、计算多，章节间缺乏衔接，是学生历来反应难学的课程。我校化工原理的教材选择的是天津大学出版社出版的夏清、陈常贵主编的《化工原理》。在多年的化工原理理论教学和化工原理课程设计指导过程中，积累了一些教学心得，本学期的教学应着重注重以下方面：

(1) 剖析领会教材主旨，在理论教学中强调工程设计理念。

(2) “教学形式和手段的多样化”也是大多数学生所期望的。采用结构合理、制作精美的多媒体课件进行教学，既能激发学生的学习兴趣，又可节约大量板书时间，从而提高教学效率。

(3) 尽可能多进行课堂练习。在完成某一知识点的讲授后，在课堂上及时给出一些相关的思考题让学生人人参与练习。

(4) 化工原理是一门工程性很强的课程。理论教学中注重学生工程观念的培养和处理工程问题的科学方法论的引导，注重学生分析、解决问题能力和创新能力的培养，对于培养学生的工程设计能力和专业素质，有着重要的意义。

# 2. 课程介绍

## 2.1 课程的性质

《化工原理》是制药工程专业一门重要的专业基础课，它的内容是讲述化工单元操作的基本原理、典型设备的结构原理、操作性能和设计计算。化工单元操作是组成各种化工生产过程、完成一定加工目的的基本过程，其特点是化工生产过程中以物理为主的操作过程，包括流体流动过程、传热过程和传质过程。

## 2.2 课程在学科专业结构中的地位、作用

化工原理为学生在具备了高等数学、物理学、计算机技术、分析化学、物理化学等基础知识后必修的技术基础课。

## 2.3 课程的历史与传统文化

《化工原理》这本教材最早是在 1923 年出版。《化工原理》阐述了各种单元操作的物理化学原理,提出了它们的定量计算方法,并从物理学等基础学科中吸取了对化学工程有用的研究成果(如雷诺关于湍流、层流的研究)和研究方法(如因次分析和相似论,奠定了化学工程作为一门独立工程学科的基础,影响了此后化学工程师的培养和化学工程的发展。

继《化工原理》后,也出现一批专门论述各种单元操作的著作,如 C. S. 鲁宾逊的《精馏原理》(1922)和《蒸发》(1926)、刘易斯的《化工计算》(1926)、麦克亚当斯的《热量传递》(1933)、T. K. 舍伍德的《吸收和萃取》(1937)相继问世。在《化工原理》中,华克尔等已经吸取了流体力学、传热学和关于质量传递的研究成果,因此在每一种单元操作中都贯穿质量质量传递。动量传递和热量传递。

现在出版的《化工原理》传承了以前教材的有点,还是从基本的质量守恒和能量守恒出发,推导各种单元操作中各种变量之间的关系,最终用于解决化工工程问题。

## 2.4 课程的前沿及发展趋势

培养学生地的工程观念、分析和解决单元操作中各种问题的能力。突出课程的实践性,使学生受到利用自然科学的基本原理解决实际工程问题的初步训练,提高学生的定量运算能力、实验技能、设计能力、单元操作的分析与调节能力。

## 2.5 课程与经济社会的发展

从十九世纪初期到本世纪,从化学工程概念的提出到单元操作概念的提出再到化工原理的出版,这个过程都是一个出现问题解决问题,最终形成理论的过程。化工原理不断发展的过程也是化学工业不断进步的过程,在社会经济的发展做出过巨大贡献,比如合成工业为农业提供氮肥,才有农业的腾飞,也为载人航天工程提供特殊宇航材料等等。课程不但与人息息相关,也为社会经济发展做出巨大贡献。

## 2.6 课程内容可能涉及到的伦理与道德问题

课程涉及到的伦理道德主要是在单元操作实验过程中应该保持实事求是的态度，对实验数据认真分析，不能编造实验数据。对实验结果认真分析。

## 2.7 学习本课程的必要性

通过本课程的学习，使学生掌握化工单元操作的基本原理、计算方法、典型设备以及有关的化学工程实用知识。并能用以分析和解决工程技术中的一般问题。以便对现行的化学工业生产过程进行管理，使设备能正常运转，进而对现行的生产过程及设备作各种改进以提高其效率，从而使生产获得最大限度的经济效益。为深入学习本专业后续课程及从事化工专业的实际工作打下基础。

# 3. 教师简介

## 3.1 教师的职称、学历

职称：教授；学历：研究生

## 3.2 教育背景

2004.09~2007.07 四川大学化工学院读硕士 应用化学 工学硕士；

1994.09~1998.07 四川轻化工学院读大学 精细有机化工 工学学士；

## 3.3 研究兴趣（方向）

主要从事化学工艺、有机合成方面的研究。

# 4. 先修课程

先修高等数学、无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等课程。

## 5. 课程目标

化工原理课程的目的是使学生获得常见化工单元操作过程及设备的基础知识、基本理论和基本计算能力，并受到必要的基本操作技能训练。为学生学习后续专业课程和将来从事工程技术工作，实施常规工艺、常规管理和常规业务打好基础。具体目的如下：

- (1). 掌握流体流动、传热、传质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

### 6.1 课程的内容概要

#### 绪论

##### (一) 内容概要

§ 一、本课程的研究对象、目的

§ 二、化学工程发展简介

§ 三、单位制与单位换算



## § 四、几个基本概念

### 第一章 流体流动

#### (一) 内容概要

##### § 1-0 概述

##### § 1-1 流体静力学基本方程式

###### § 1-1-1 流体的密度

###### § 1-1-2 流体的静压强

###### § 1-1-3 流体静力学基本方程式

###### § 1-1-4 流体静力学基本方程式的应用

##### § 1-2 流体在管内的流动

###### § 1-2-1 流量与流速

###### § 1-2-2 定态流动与非定态流动

###### § 1-2-3 连续性方程式

###### § 1-2-4 能量衡算方程式

###### § 1-2-5 柏努利方程式的应用

##### § 1-3 流体的流动现象

###### § 1-3-1 牛顿粘性定律与流体的粘性

###### § 1-3-2 流动类型与雷诺准数

###### § 1-3-3 滞流与湍流

###### § 1-3-4 边界层的概念

##### § 1-4 流体在管内的流动阻力

###### § 1-4-1 流体在直管中的流动阻力

§ 1-4-2 管路的局部阻力

§ 1-4-3 管路系统中的总能量损失

§ 1-5 管路计算

§ 1-6 流量测量

## 第二章 传热

(一) 内容概要

§ 2-1 概述

§ 2-1-1 传热的基本方式

§ 2-1-2 传热过程中热、冷流体（接触）热交换的方式

§ 2-1-3 典型的间壁式换热器

§ 2-1-4 载热体及其选择

§ 2-2 热传导

§ 2-2-1 基本概念和傅立叶定律

§ 2-2-2 导热系数

§ 2-2-3 平壁的热传导

§ 2-2-4 圆筒壁的热传导

§ 2-3 对流传热

§ 2-3-1 对流传热速率方程和对流传热系数

§ 2-3-2 对流传热机理

§ 2-3-3 保温层的临界直径

§ 2-4 传热过程计算

§ 2-4-1 热量衡算

§ 2-4-2 总传热速率微分方程和总传热系数

§ 2-4-3 平均温度差法

§ 2-4-4 传热单元数法

§ 2-5 对流传热系数关联式

§ 2-5-1 影响对流传热系数的因素

§ 2-5-2 对流传热过程的因次分析

§ 2-5-3 流体无相变时的对流传热系数

§ 2-5-4 流体有相变时的对流传热系数

§ 2-5-5 壁温的估算

§ 2-6 辐射传热

§ 2-6-1 基本概念

§ 2-6-2 物体的辐射能力和有关定律

§ 2-6-3 两固体间的辐射传热

§ 2-6-4 对流和辐射的联合传热

§ 2-7 换热器

§ 2-7-1 间壁式换热器的类型

§ 2-7-2 列管式换热器的设计和选用

### 第三章 吸收

(一) 内容概要

§ 3-0 概述

§ 3-1 气—液平衡

§ 3-1-1 气体的溶解度

§ 3-1-2 亨利定律

§ 3-1-3 吸收剂的选择

§ 3-2 传质机理与吸收速率

§ 3-2-1 分子扩散与菲克定律

§ 3-2-2 气相中的定态分子扩散

§ 3-2-3 液相中的定态分子扩散

§ 3-2-4 扩散系数

§ 3-2-5 对流传质

§ 3-2-6 吸收过程的机理

§ 3-2-7 吸收速率方程

§ 3-3 吸收塔的计算

§ 3-3-1 吸收塔物料衡算与操作线方程

§ 3-3-2 吸收剂用量的决定

§ 3-3-3 塔径的计算

§ 3-3-4 填料层高度计算

§ 3-3-5 理论板层数的计算

§ 3-4 吸收系数

§ 3-4-1 吸收系数的测定

§ 3-4-2 吸收系数的经验公式

§ 3-4-3 吸收系数的准数关联式

§ 3-5 脱吸及其他条件下的吸收

§ 3-5-1 脱吸

§ 3-5-2 非等温吸收

§ 3-5-3 高浓度吸收

## 第四章 干燥

(一) 内容概要

§ 4-0 概述

§ 4-1 湿空气的性质及湿焓图

§ 4-1-1 湿空气的性质

§ 4-1-2 湿空气的 H-I 图

§ 4-2 干燥过程的物料衡算与热量衡算

§ 4-2-1 湿物料的性质

§ 4-2-2 干燥系统的物料衡算

§ 4-2-3 干燥系统的热量衡算

§ 4-2-4 空气通过干燥系统时的状态变化

§ 4-3 固体物料在干燥过程中的平衡关系与速率关系

§ 4-3-1 物料中的水分

§ 4-3-2 干燥时间计算

§ 4-4 干燥设备

### 6.2 教学重点、难点

#### 绪 论

重 点：化工原理的工程性及研究方法。

难 点：物、热衡算。

## 第一章 流体流动

重点：连续性方程；机械能衡算式。

难点：柏努利方程式的应用；边界层的形成与分离

## 第二章 传热

重点：传热基本方程式；对流传热系数的影响因素及计算。

难点：对流传热过程分析；最小值流体；

## 第三章 吸收

重点：传质速率方程，低浓吸收填料层高度的计算。

难点：单向扩散；操作型问题定性分析

## 第四章 干燥

重点：干燥介质的性质，干燥过程的物热衡算

难点：部分干燥介质性质的理解，热衡算

### 6.3 学时安排

绪论 (2 学时)

第一章 流体流动 (16)

第二章 传热 (16 学时)

第三章 吸收 (18 学时)

第四章 干燥 (12 学时)

## 7 课程实施

### 7.1 教学单元一

绪论

7.1.1 教学日期

课次：第 1 次。

### 7.1.2 教学目标

通过本章的教学，使学生掌握单位换算的方法，熟悉单元操作的概念及其在化工过程中的地位，物、热衡算的原则、衡算的方法和步骤了解化工原理的目的、任务、化学工程的发展简史，过程速率、平衡关系。

### 7.1.3 教学内容（含重点、难点）

- 一、本课程的研究对象、目的
- 二、化学工程发展简介
- 三、单位制与单位换算
- 四、几个基本概念

### 7.1.4 教学过程

教师介绍《化工原理》这门课的性质，举例说明它的基本研究内容，是学生对这门课有个初步、大致的了解。强调“三传”的重要性，举例单位换算的方法，解释物料衡算和能量衡算的守恒性。

### 7.1.5 教学方法

板书+多媒体。

### 7.1.6 作业安排及课后反思

无。

### 7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志等，了解一下化工方面的概况。

### 7.1.8 参考资料

[1]顾玲，申奕主编.《化工单元操作训练》.天津大学出版社，2008.9 第 1 版，P1—7.

[2]王志魁主编.《化工原理》(第二版).化学工业出版社,2004.6,P1—8.

## 7.2 教学单元二

### 7.2.1 教学日期

课次:第2次—第9次。

### 7.2.2 教学目标

通过本章的教学,使学生掌握流体的密度和粘度的定义、单位、影响因素及数据获取,压强的定义、表达方法、单位换算,流体静力学方程、连续性方程、柏努利方程及其应用,流体的流动类型及其判断、雷诺准数的计算,流体阻力的影响因素、流体在管内流动的机械能损失计算,管路的分类、简单管路计算及输送能力核算,液柱式压差计、测速管、孔板流量计和转子流量计的工作原理、基本结构、安装要求,因次分析的目的、意义、原理、方法、步骤。

### 7.2.3 教学内容(含重点、难点)

概述;流体静力学基本方程式:流体的密度,流体的静压强;流体静力学基本方程式;流体静力学基本方程式的应用;流体在管内的流动:流量与流速,定态流动与非定态流动,连续性方程式,能量衡算方程式,柏努利方程式的应用;流体的流动现象:牛顿粘性定律与流体的粘性,流动类型与雷诺准数,滞流与湍流,边界层的概念;流体在管内的流动阻力:流体在直管中的流动阻力,管路的局部阻力,管路系统中的总能量损失;管路计算;流量测量。

### 7.2.4 教学过程

教师用多媒体和板书讲解本章的基本概念、基本原理。用动画展示雷诺管、测速管、孔板流量计、U管压差计、转子流量计的工作原理及工作过程。用插图展示流体静力学装置。

### 7.2.5 教学方法

板书+多媒体。

### 7.2.6 作业安排及课后反思



作业：本章课后习题：5、7、8、9、10、12、20、22

思考题：P81：1、5

### 7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志、化工厂或实验室等，了解一下流体的管道、压差计方面的知识。

### 7.2.8 参考资料（具体到哪一章节或页码）

[1] 姚玉英，黄凤廉，陈常贵，柴诚敬编. 天津科学技术出版社，2005.7 第2版，P7-66.

[2] 张宏丽，周长丽，闫志谦编. 化学工业出版社，2006.6 第1版，P6—39.

## 7.3 教学单元三

### 7.3.1 教学日期

课次：第10次—第17次。

### 7.3.2 教学目标

通过本章的教学，使学生掌握以下内容：

- 1、热传导基本原理，一维定常态傅立叶定律及应用，平壁及圆筒壁一维定常态热传导计算与分析
- 2、牛顿冷却定律，影响对流传热的主要因素
- 3、无相变管内强制对流的 $\alpha$ 关联式及应用；Nu、Re、Pr、Gr等的物理意义及计算。正确选用 $\alpha$ 的计算式，注意其用法和使用条件。
- 4、传热计算：传热速率方程与热负荷的计算、平均温差推动力、总传热系数、污垢热阻、壁温计算、传热面积、加热程度和冷却程度计算、强化传热的途径。

### 7.3.3 教学内容（含重点、难点）

传热的基本方式及特点；定常传热及非定常传热的概念；傅立叶定律，一维定常导热的计算（平壁圆筒壁及球壁）；导热系数及其影响因素；对流传热过程分析，牛顿冷却定律，传热基本方程式及其应用（传热速率、平均温差、传热系数、污垢热阻和控制热阻）；热效率与传热单元数的概念及计算；对流传热的主要影响因素，对流传热系数准数关联式（熟练掌握管内强制湍流对流传热系数），壁温估算；辐射传热的基本概念，黑体、白体（镜体）、透热体和灰体，普朗克定律，斯蒂芬-波尔茨曼定律，克希霍夫定律，两物体间的辐射传热速率计算，角系数的概念，热损失的计算；常用换热器的结构特点，换热器设计原则、步骤。

#### 7.3.4 教学过程

教师用多媒体和板书讲解本章的基本概念、基本原理。用动画展示管壳式换热器、套管式换热器的操作过程。用插图展示换热器的基本结构。

#### 7.3.5 教学方法

板书+多媒体。

#### 7.3.6 作业安排及课后反思

作业：本章课后习题：2、3、7、10、11、13

思考题：P293：2、9

#### 7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

可以通过图片、期刊、杂志、化工厂或实验室等，了解一下换热器及其结构方面的知识。

#### 7.3.8 参考资料

[1] 姚玉英，黄凤廉，陈常贵，柴诚敬编. 天津科学技术出版社，2005.7 第2版，P199-284.

[2] 张宏丽，周长丽，闫志谦编. 化学工业出版社，2006.6 第1版，P92—124.

## 7.4 教学单元四

### 7.4.1 教学日期:

课次：第 18 次—第 26 次

章节 名称	第五章 传质概论	课次/ 学时	18/2
<b>教学目标</b>			
1. 了解化工传质过程的分类及特点； 2. 复习相平衡概念，掌握溶解度及其影响因素； 3. 亨利定律及其不同形式换算； 4. 分子扩散分析及计算；			
<b>主要内容</b>			
知识点： 1. 机械分离、传质分离、平衡分离、速率分离； 2. 相平衡、溶解度、混合物浓度表达及换算 3. 亨利定律、亨利系数； 4. 传质方向、传质限度的确定及工程应用； 5. 分子扩散、菲克定律、等分子反向扩散。			
重点：平衡分离三要素、亨利定律、分子扩散速率 难点：相平衡关系的工程应用			
<b>教学过程及方法</b>			

1. 化工分离过程（提问法、讲授法、对比法）

第一步、用提问互动的方式引导学生回忆实验过程中遇到的分离过程。

第二步、老师举一例子，比如在合成氨生产过程中，如果生产的氨气泄露，提问这时应如何处置？（消防人员会向泄漏区喷洒大量的水）

第三步、让学生对回答出来的分离过程及老师举例进行分类？

2. 通过以上的引入式教学然后对比上册的分离单元操作引出传质分类相关概念，采用“对比”、“案例”方法强化基本概念；

第一步、引导学生对举例和回答的分离过程正确分类；

第二步、对比机械分离和传质分离的对象和目标

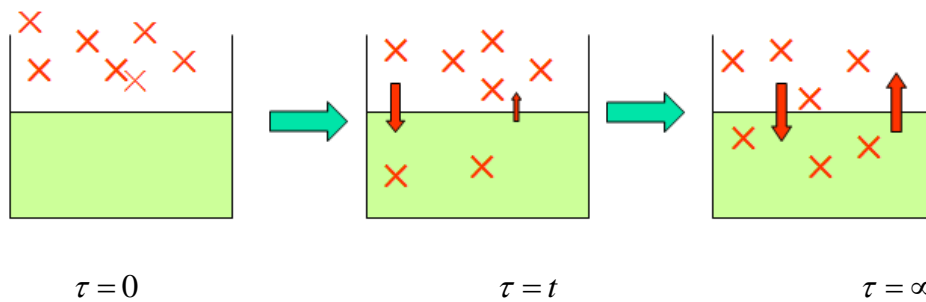
第三步、对比平衡分离和速率分离的区别

第四步、有了以上的铺垫后，详细的介绍平衡分离的概念，与举的例子一一对应来讲，对平衡分离中的词语进行解读，让学生深刻理解平衡的概念。由于速率分离部分不是主要内容因此举两三个例子（举田径运动会举 100 米选拔赛的例子，速度快的进入决赛，速度慢的被淘汰，让学生更容易理解速率分离的概念）。渗析和电渗析两个例子在课件上讲解，讲解让学生理解速率分离的概念。

3. 以化工原理核心纲要引导学生进入相平衡的深入理解。（举例法、讲授法）

举例引入平衡的概念，一杯水中放一颗糖，整杯糖水会逐渐变甜，最后整杯水不管哪个位置的水都一样甜，这个时候就达到平衡。分析平衡的概念：最终浓度均匀，各部分没有浓度差及时平衡。

4. 讲相平衡关系时画图帮理解学生理解动态平衡距（举例法）



用画图举例的方式让学生深刻理解并掌握相平衡是一个动态的平衡

### 5. 用相律分析两相动态平衡（举例法、讲授法、提问法）

第一步、让学生回忆写出相律的公式： $f=C-\Phi+2$ ，让学生回答相律公式中每个符号及数字的含义，

第二步、让学生回答以上的两相动态平衡的自由度为多少？并回答可以独立变化的变量有哪些？可以独立变化的有三个量（温度、压强、组成）

第三步、当温度和压强一定，那么自由度变成了1，当再确定一个独立的变量时两相平衡系统就会被确定下来，如果确定了溶液的组成，气相组成也被确定下来，因此当两相平衡时，液相组成和气相组成是一一对应的关系，因此可以用液相组成表示气相组成，所以可以表示成  $y=f(x)$

### 6. 两相平衡的关系

两相平衡的关系可以表示成  $y=f(x)$ ，因此可以用曲线表示，亦可以用数学表达式表示。

(1) 溶解度曲线，让学生分析溶解度曲线的变化趋势，可得出哪些结论？

亨利定律

(2) 溶质组成的表示及单位换算

质量分率、质量比、摩尔分率、摩尔比、摩尔浓度等

这些组成表示之间的换算关系

7. 讲述亨利定律不同形式，强调其间关系，并进行汇总总结（讲述法、对比法）；

$$\begin{array}{l}
 p_A^* = \frac{c_A}{H} \\
 p_A^* = Ex_A \\
 x_A = \frac{c_A}{C_M}
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} H = \frac{C_M}{E} \\ (\text{kmol/m}^3\text{Pa}) \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} m = \frac{C_M}{PH}$$

$$\begin{array}{l}
 y_A^* = mx_A \\
 p_A^* = Ex_A \\
 p_A^* = Py_A
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} m = \frac{E}{P}$$

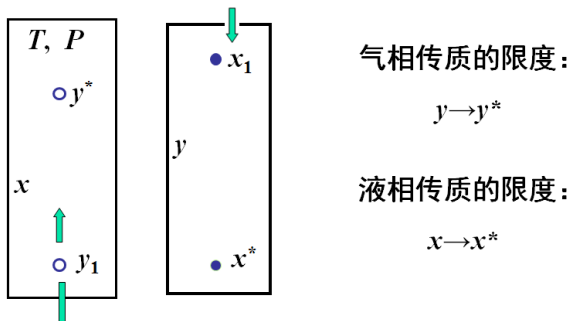
$$Y_A^* = \frac{mX_A}{1+(1-m)X_A}$$

稀溶液时  $Y_A^* \approx mX_A$

强调亨利定律的不同形式的表达式必须数量掌握并应用。

8. 用图的方式演示（下左图）、引导如何分析传质过程进行传质限度和方向；（图解法、讲授法）

(1) 过程进行的限度



(2) 过程进行的方向（提问法、讲授法）

第一步、引入电流方向，提问在电路中电流方向是从什么地方流向什么地方？

（从高电势的地方流向低电势的地方）

第二步、传质方向也是同理可得，从高浓度的地方向低浓度的地方传递

第三步、有了以上的讲解要求学生能够通过相平衡关系判断出气相和液

相的相对浓度高低。判断出浓度的相对高低就可判断传质方向

### 9. 传质过程（讲授法）

传质的概念：系统内物质由高浓区向低浓区转移的过程

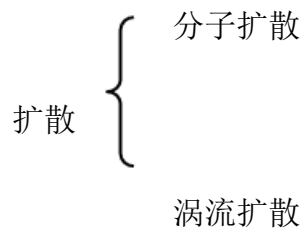
传质过程：

- (1) 物质从一相主体转移到两相的界面；
- (2) 在界面上物质从一相进入另一相；
- (3) 物质从界面的另一相向其主体转移。

在此处提一下膜模型，这个传质过程是基于膜模型得到的。

#### (一) 相内传质

扩散现象级规律

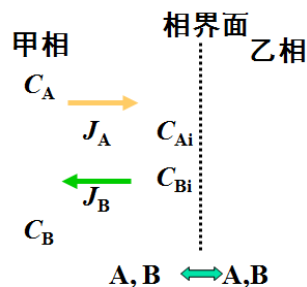


### 10. 分子扩散及菲克定律（讲授法、图解法）

Feik 定律：一定 T, P 下，一相内只要组分存在浓度差，就必然存在沿浓度降低方向上的分子扩散，其扩散通量正比于浓度梯度。

$$\therefore J_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dZ}$$

等分子反向扩散（图解法、讲授法），用图的方式讲解更清楚更易理解



通过等分子反向扩散过程的讲解,利用菲克定律推导出等分子反向扩散的传质速率方程

$$N_A = \frac{D}{Z_L}(C_{A1} - C_{A2})$$

$$N_A = \frac{D}{Z_G RT}(p_{A1} - p_{A2})$$

等分子反向扩散讲完我们将介绍单向扩散的内容,请同学们预习相关部分。

### 本讲师生互动

- 1、在讲化工分离过程时,请学生举例,例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、在讲解完化工分离过程分类后,请同学们将自己分离过程进行分类?
- 3、对比平衡分离与速率分离的不同点?
- 4、两相动态平衡的自由度为多少?
- 5、温度、压力对溶解度的影响?
- 6、过程限度有什么实际意义?通过互动引出传质方向的讲解
- 7、电路中电流的流向?
- 8、讲解到过程进行的方向判断时提出如何判断两相浓度的相对高低?

### 作业安排及课后反思

课后要求查阅除课本上例举的气体的溶解度曲线图外,查阅其他气体的溶解度曲线并寻找溶解度曲线的共性特征。课后要求阅读参考教材相关内容。作业:P148 1~3(其中 2 题)

### 课前准备情况及其他相关特殊要求

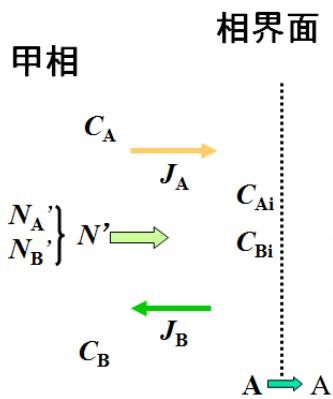
应该了解溶解度曲线在哪些资料上能找到。复习物理化学相平衡部分,预习教材相关内容。



### 参考资料

教材 P80-89，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节名称	第五章 传质概论	课次/ 学时	19/2
<b>教学目标</b>			
1. 理解分子扩散分析 2. 掌握分子扩散计算； 3. 掌握相内传质速率；			
<b>主要内容</b>			
知识点： 1. 单向扩散、总体流动、扩散系数及其影响因素； 2. 涡流扩散、膜模型、相内传质速率。			
重点：相内传质速率 难点：单向扩散、膜模型			
<b>教学过程及方法</b>			
1. 提问式复习上节课核心内容； 2. 单向扩散 用图的方式讲解更清楚更易理解，特别是讲整体流动时图解法更清楚 用图的形式将单向扩散过程讲解清楚			



然后再做单向扩散过程传质速率的推导

得到传质速率方程

$$N_A = \frac{DC_M}{Z_L} \ln \frac{C_{B2}}{C_{B1}} = \frac{DC_M}{Z_L C_{Bm}} (C_{A1} - C_{A2})$$

$$N_A = \frac{DP}{Z_G RT} \ln \frac{p_{B2}}{p_{B1}} = \frac{DP}{Z_G RT p_{Bm}} (p_{A1} - p_{A2})$$

3. 归纳法、比较法总结分子扩散两种情况计算方法及应用；

### 等分子反向扩散

$$N_A = \frac{D}{Z_L} (C_{A1} - C_{A2})$$

$$N_A = \frac{D}{Z_G RT} (p_{A1} - p_{A2})$$

适用于精馏过程

### 单向扩散

$$N_A = \frac{DC_M}{Z_L C_{Bm}} (C_{A1} - C_{A2})$$

$$N_A = \frac{DP}{Z_G RT p_{Bm}} (p_{A1} - p_{A2})$$

适用于吸收过程

总体流动 { 原因：分子扩散及界面约束  
性质：宏观流动  
作用：促进传质

$$\frac{P}{p_{Bm}} \quad \frac{C_M}{C_{Bm}}$$

此处要详细解释分析总体流动和漂流因子这两个概念

4. 扩散系数，抽问，物性参数在工程应用中如何理解；

$$\text{定义} \quad D_{AB} = -\frac{J_A}{\frac{dC_A}{dz}}$$

影响因素：物系、T、P、浓度，了解随影响因素的变化趋势。

5. 由对流传热引出膜模型得出相内传质速率表达式（对比法）

通过回忆上册对流传热的知识，提出对流传质，通过虚拟膜层的假想，解决复杂的对流传质问题，将单向扩散的结果应用到对流传质中的到相内传质的传质速率表达式

$$\text{液相:} \quad N_A = \frac{DC_M}{Z_L C_{Bm}} (C_{Ai} - C_A) = k_L (C_i - C)$$

$$\text{气相:} \quad N_A = \frac{DP}{Z_G RT p_{Bm}} (p_A - p_{Ai}) = k_G (p - p_i)$$

分析虚拟的静止的膜层  $Z_L$ 、 $Z_G$  的影响因素

由以上两式得出：相内传质速率方程通式

$$N_A = k\Delta$$

6. 以上的内容都是基于传质过程简化为膜模型而得到的结论，对于传质过程的还有哪些传质理论，我们下次课再讲，下次课将还会讲到将我们讲的传质速率方程应用到吸收的工业过程中的吸收速率方程，请同学们做好相关部分的预习。

### 本讲师生互动

1、总体流动产生的原因、性质、作用？

<p>2、漂流因子大于 1 还是小于 1 呢？</p> <p>3、同学们根据传质速率方程的通式还可以写出哪些形式的相内传质速率方程式？</p> <p>4、分析传质系数何时为常数？</p>
<b>作业安排及课后反思</b>
<p>作业： P148 4~5</p> <p>课后要求阅读参考教材相关内容。</p>
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
<p>复习物理化学相平衡部分，预习教材相关内容。</p>
<b>参考资料</b>
<p>教材 P91~102，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。</p>

<b>章节名称</b>	第五章 传质概论	<b>课次/ 学时</b>	21/2
<b>教学目标</b>			
<p>1. 掌握传质理论；</p> <p>2. 掌握相际传质速率；</p>			
<b>主要内容</b>			
<p>知识点：</p> <p>1. 三个典型传质模型；</p>			

2. 相际传质速率及应用；

重点：双膜模型、相内传质速率

难点：传质速率的应用

### 教学过程及方法

1. 提问式复习上节课核心内容；

2. 三个传质模型的对比、关联（图解法、讲授法）；

（一）双膜模型（重点讲解内容，黑板上画双膜模型的示意图）

（1）两相传质有稳定的相界面，界面两侧附近的传质虚拟为稳态分子扩散；

（2）相界面上两相达平衡，无阻力。

（3）两相主体高度湍动，无浓度差。

介绍双膜模型的以上三个要点

分析双膜模型的合理之处：传质的双阻力提法

分析双膜模型的不合理之处：稳定的相界面，稳态的分子扩散

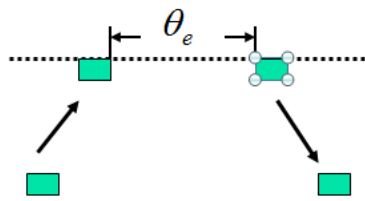
用双膜模型得到的结果与实际的相差多大？

（二）溶质渗透模型（对比法、讲授法）

将双膜模型中不合理之处进行修改得到溶质渗透模型，如何修改和假定呢

（1）假定液面是由无数微小的流体单元构成

（2）暴露在表面的每个单元与气相接触某一短暂的时间后被来自液相主体的新单元取代，而自身返回液相主体内。



通过以上两点假定：界面不再稳定、也不是稳态的传质过程（在界面附近处很薄的液体层内存在浓度随时间在变化）

溶质渗透模型的不足之处：在界面上暴露的时间相等

### （三）表面更新模型

对溶质渗透模型不足之处进行改变

假定：流体质点在相界面停留的几率相同，但时间不同（更接近实际的生产情况）

三个模型之间的关系

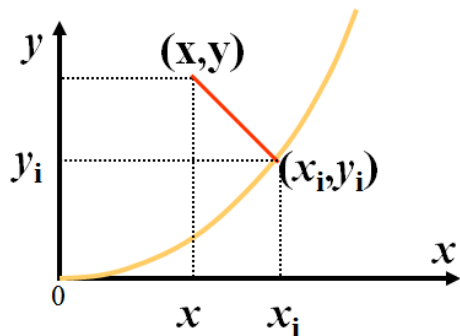
表面更新模型当质点在相界面停留时间相同时  $\longrightarrow$  溶质渗透模型

溶质渗透模型当传质时间趋于无穷时  $\longrightarrow$  双膜模型

### 3. 推导相际传质速率方程（总结法、例举法）

用相内传质传质速率方程求传质速率时必须要知道界面浓度，介绍界面浓度的计算

（1）解析法联解二元一次方程组可得（2）图解法（如下图）



$$-\frac{k_x}{k_y} = \frac{y - y_i}{x - x_i}$$

由于求解界面浓度比较麻烦即界面浓度不易求得，两相主体浓度容易求得所以为方面计算要得出相际传质速率方程。

(1) 通过推导得到气相总浓度表示的相际传质速率方程

$$N_A = \frac{p - p_i + p_i - p^*}{\frac{1}{k_G} + \frac{1}{Hk_L}} = \frac{p - p^*}{K_G}$$

$$N_A = \frac{y - y_i + y_i - y^*}{\frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x}} = \frac{y - y^*}{K_y}$$

(2) 通过推导得到液相相总浓度表示的相际传质速率方程

$$N_A = \frac{c^* - c_i + c_i - c}{\frac{H}{k_G} + \frac{1}{k_L}} = \frac{c^* - c}{K_L}$$

$$N_A = \frac{x^* - x_i + x_i - x}{\frac{1}{mk_y} + \frac{1}{k_x}} = \frac{x^* - x}{K_x}$$

6. 讲了传质理论，下次课我们将介绍吸收这章，请同学们预习吸收概述及物料衡算相关部分内容。

### 本讲师生互动

- 1、双膜模型的合理和不合理之处？
- 2、如何进行假定克服双膜模型不足之处
- 3、如何进行假定克服溶质渗透模型不足之处
- 4、相界面浓度如何求取？通过提问来解决相界面浓度的求取。

<b>作业安排及课后反思</b>
作业：P149 7~8  课后要求阅读参考教材相关内容。
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
复习物理化学相平衡部分，预习教材相关内容。
<b>参考资料</b>
教材 P102~111，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

<b>章节 名称</b>	<b>第五章 气体吸收</b>	<b>课次/ 学时</b>	22/2
<b>教学目标</b>			
1. 了解吸收概述。 2. 掌握吸收操作线方程； 3. 掌握溶剂用量确定并熟练应用；			
<b>主要内容</b>			
知识点：  1. 吸收分类、吸收剂选择原则、吸收流程设备。  2. 物料衡算、操作线方程及应用；  3. 最小溶剂用量、溶剂用量的确定吸收过程经济性分析。			
重点：操作线方程			



难点：传质推动力的理解

## 教学过程及方法

1. 简要回顾传质概论的主要内容；

2. 吸收分类，溶剂选择原则，流程及其技术经济分析（讲授法）。

吸收：利用混合气体中各组分在溶剂（吸收剂）中溶解度的差异，分离气体混合物的操作。

吸收的目的：回收溶质，制备溶液；净化气体。

吸收分类

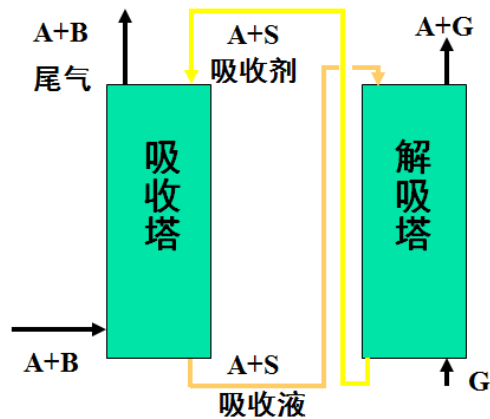
有无化学 反应	物理吸收 化学吸收	被吸收 组分数	单组分吸收
			多组分吸收

温度变 化情况	等温吸收 非等温吸收	浓度高 低情况	低浓度吸收
			高浓度吸收

吸收剂的选择：

- (1) 吸收剂对溶质有较大的溶解度；
- (2) 吸收剂对混合气中各组分有较好的选择性；
- (3) 挥发度小，沸点高（蒸汽压低）；
- (4) 粘度低，腐蚀性小，无毒，价廉，易得等。

吸收流程



3. 由逆流操作线引出不同情况吸收操作线的讨论（讲授法）；

以逆流吸收为例，进行物料衡算得到逆流吸收的操作线方程：

$$Y = \frac{L}{V} X + (Y_2 - \frac{L}{V} X_2)$$

分析操作线：

(1) 对给定分离任务、选择好溶剂及操作条件时： $V, Y_1, Y_2, L, X_2$  一定，则

$Y \sim X$  符合直线关系

(2) 是通过点  $(X_2, Y_2)$ ，斜率为  $L/V$  的直线

讲完逆流操作线，可以叫学生试着推导并流的操作线方程和绘制操作线，并分析并流操作线。

4. 吸过程经济性的分析引出溶剂用量的确定（讨论法）

总费用=操作费用+设备费用

$$L \downarrow, \frac{L}{V} \downarrow, X_1 \uparrow, X_1 \rightarrow X_1^*$$

讨论溶剂用量对操作费用及设备费用的影响

$$\Delta Y > \Delta Y' > \Delta Y''$$

$$\Delta Y \rightarrow 0 \quad L \rightarrow L_{\min}$$

操作费用↓

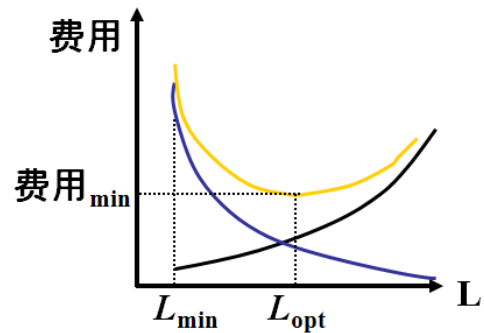
设备费用↑

通过溶剂用量对操作费用和设备费用的讨论，提出最小溶剂用量的概念。

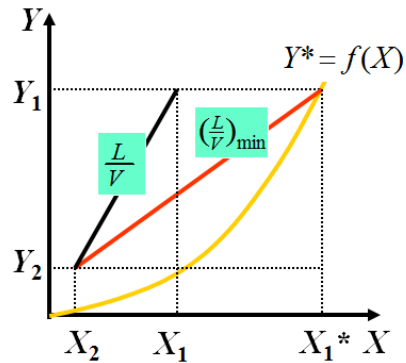
最小溶剂用量：当溶剂用量减小到使塔的某个截面传质推动力为 0 时，此时的溶剂用量为最小溶剂用量。

通过以上分析可以看出，从经济性上考虑，我们使用的溶剂用量必须要使总费用最低，此时的溶剂用量叫最适合溶剂用量。

$$L_{\text{opt}} = (1.1 \sim 2.0)L_{\text{min}}$$



最小溶剂用量的计算（图解法）



用图清楚的解释最小溶剂用量的推导过程

$$\left(\frac{L}{V}\right)_{\text{min}} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1^* - X_2}$$

## 5. 应用举例

由于本次课内容重要，举一个例子最作为课堂练习，巩固本次课学习的内容。

例 1. 用清水吸收某混合气中溶质，已知入塔气体含溶质 7% (mol%)，混合气流量为  $1500\text{Nm}^3/\text{h}$ ，操作条件下平衡关系为： $I^*=1.68X$ 。要求吸收率为 97%，试求：

- (1) 溶质的吸收速度； $\text{kmol}/\text{h}$
- (2) 最小溶剂用量； $\text{t}/\text{h}$
- (3) 当溶剂用量为  $3200\text{kg}/\text{h}$  时，出塔溶液浓度是多少？

此时塔顶、塔底的传质推动力是多少？

- (4) 如果出塔溶液浓度为 3% (mol%)，此时的溶剂用量为多少？
- (5) 试绘出 (3)、(4) 两种情况的操作线示意图，分析要达到同样分离要求，哪种情况所需的传质面积大？

5. 本次课内容重要，请同学们下课后认真复习，下次课将讲解两塔联合操作及填料层高度的计算内容，同学们要下去查资料预习这部分内容。

#### 本讲师生互动

- 1、在将操作线方程的时候，是否能够画出并流的操作线？
- 2、讨论并流操作线的特点？
- 3、溶剂用量如何影响总费用？
- 4、讲解课堂练习时以提问的方式讲解解题思路。

#### 作业安排及课后反思

作业：P149 9~10

课后要求阅读参考教材相关内容。

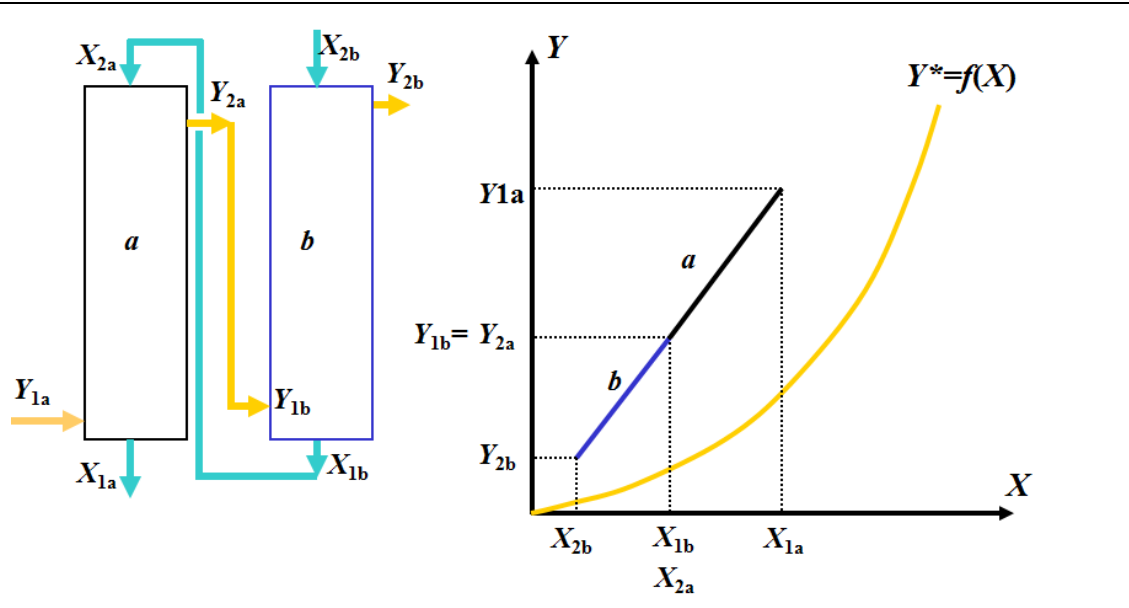
#### 课前准备情况及其他相关特殊要求

复习物理化学相平衡部分，预习教材相关内容。

### 参考资料

教材 P111~116，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节 名称	第五章 气体吸收	课次/ 学时	23/2
<b>教学目标</b>			
1. 巩固操作线相关知识； 2. 掌握填料层高度计算式的引出。			
<b>主要内容</b>			
知识点： 1. 操作线方程的应用； 2. 填料层高度计算式的引出及应用分类。			
重点：操作线方程变化 难点：填料层高度计算式的多样性及选择			
<b>教学过程及方法</b>			
1. 提问引导复习上节课核心内容； 2. 两塔联合操作的操作线（讲授法、图解法）			



如何在相图中绘制两个塔的操作线？

第一步、判断两个塔是并流还是逆流

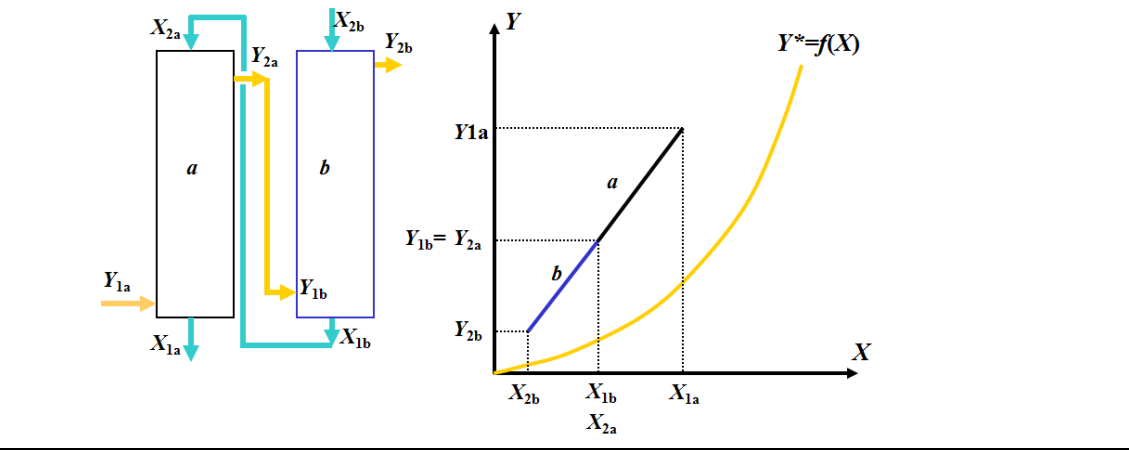
第二步、判断气相和液相各浓度的大小关系

第三步、在相图中标注出个浓度点

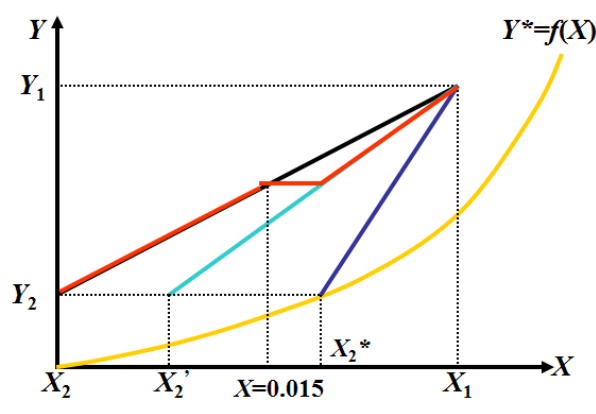
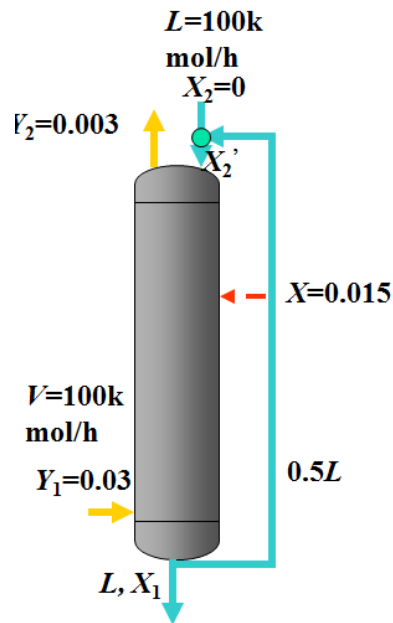
第四步、在相图中找到 a、b 塔塔顶和塔底的点连接塔顶和塔底点可得到操作箱方程

第五步、判断两塔中气相、液相流量的关系，确定两操作线斜率是否正确。

讲完此内容再讲如下两种情况联合操作的操作线



### 有循环的操作线



提示：解题思路是一样的，详细解析解答过程，浓度大小可向学生提问，让学生思考。

#### 4. 举例课堂练习

例. 在常压下用纯溶剂吸收某混合气中的溶质。 已知：入塔气体溶质浓度为 5% (mol%)，出塔气体浓度 1%。操作条件下的平衡关系为： $Y^*=35X$ 。试求：

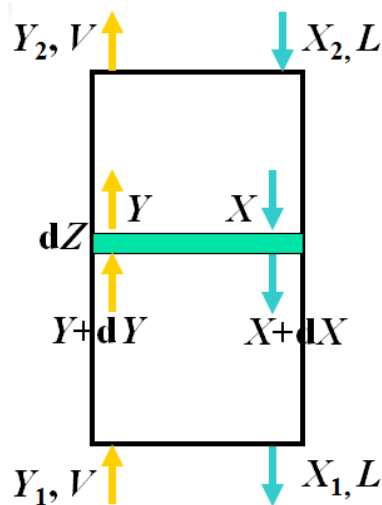
(1) 逆流及并流时的最小液气比；

(2) 压强升高至原来的 3 倍时，逆流操作的液气比为原来的多少倍？

5. 由吸收速度引出填料层高度计算通式，并讨论（讲授法）。

由吸收速度推导出吸收的溶质的量，进行总物料衡算的下式

$$G_A = N_A F = N_A \bar{V} a = N_A \Omega Z a$$



$\because \Delta \neq \text{const}, N_A \neq \text{const}$

对  $dZ$  塔段进行物衡算：

$$dG_A = V dY = L dX = N_A \Omega a dZ$$

当  $N_A$  选择不同表达式时，对全塔积分可推出不同的  $Z$  计算式：

$$Z = \int_0^Z dZ = \frac{V}{K_Y a \Omega} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{Y - Y^*} = H_{OG} N_{OG}$$

$$Z = \int_0^Z dZ = \frac{L}{K_X a \Omega} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{X^* - X} = H_{OL} N_{OL}$$

6. 下次课将应用上面的两个基本公式详细讲解填料层高度的计算，请同学们复习相关部分内容

### 本讲师生互动

1、塔中气相组成和液相组成的大小关系？



2、为什么填料层高度计算形式多样？
<b>作业安排及课后反思</b>
作业：补充作业  课后要求阅读参考教材相关内容。
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
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。
<b>参考资料</b>
教材 P111~116，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

<b>章节名称</b>	第五章 气体吸收	<b>课次/ 学时</b>	24/2
<b>教学目标</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 理解低浓吸收填料层高度的计算</li> <li>2. 理解传质单元高度和传质单元数</li> <li>3. 掌握传质单元数的计算（平衡线为直线）</li> </ol>			
<b>主要内容</b>			
知识点： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 传质单元数、传质单元高度、填料层高度；</li> <li>2. 低浓吸收填料层高度计算的基本公式</li> </ol>			

重点：传质单元数、传质单元高度

难点：传质单元

### 教学过程及方法

1. 抽问，复习上节课核心内容；
2. 利用填料层高度计算通式引出传质单元数和传质单元高度（讲授法）

#### （一）传质单元高度

根据式子中  $V/(K_Y a \Omega)$  的单位为米，理解为由过程条件所决定的某种单元高度，因此引出传质单元高度的概念。

$$H_{OG} = \frac{V}{K_Y a \Omega}$$

$$H_{OL} = \frac{L}{K_X a \Omega}$$

讨论传质单元高度的影响因素，反映什么？

传质单元高度 =  $f$ (设备结构，操作条件)

其数值大小反映设备传质性能的优劣。

传质单元高度求取方法：（三种）

#### （二）传质单元数

根据积分式子，分子分母都具有相同的单位，积分必然是一个量纲为 1 的数值，可以认为它代表所需填料层高度  $Z$  相当于气相总传质单元高度的倍数，引出传质单元数的概念。

$$N_{OG} = \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{Y - Y^*}$$

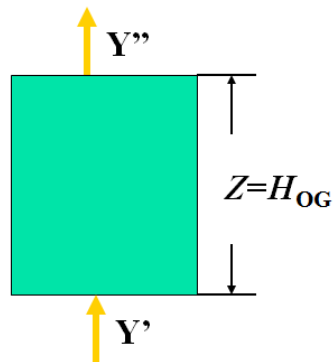
$$N_{OL} = \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{X^* - X}$$

传质单元数受什么因素影响？反映什么？

$$N_{OG} = f(\text{分离任务, 操作条件}) = \frac{\text{分离程度}}{\text{传质推动力}}$$

其数值大小反映分离的难易程度， $N_{OG} \uparrow$ ，物系就越难分离。

讲解一个传质单元的物理意义（图解法）



### 3. 传质单元数的求取（讲授法）

#### （一）平均推动力法

平衡关系

$$Y^* = mX + B$$

操作关系

$$X = \frac{V}{L}Y + (X_2 - \frac{V}{L}Y_2)$$

利用这两个关系推导出传质单元数的基本计算式

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mV}{L}} \ln \frac{Y_1 - Y_1^*}{Y_2 - Y_2^*}$$

通过转化最终得到平均推动力法求取传质单元数

$$N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{\Delta Y_m}$$

$$\Delta Y_m = \frac{(Y_1 - Y_1^*) - (Y_2 - Y_2^*)}{\ln \frac{Y_1 - Y_1^*}{Y_2 - Y_2^*}}$$

其中

4. 除平均推动力法可求取传质单元数外还有脱吸因子法，下次课将要讲解此部分内容，平衡线不为直线该如何求取传质单元数，请同学们预习相关部分内容。

#### 本讲师生互动

- 1、传质单元高度及传质单元数受哪些因素影响？
- 2、传质单元高度及传质单元数反应什么？
- 3、在推导传质单元数的基本计算式是可以与学生提问，比如如何找到 Y 与 Y-Y\* 关系？

#### 作业安排及课后反思

作业：P149 11、14

课后要求阅读参考教材相关内容。

#### 课前准备情况及其他相关特殊要求

预习教材相关内容。

#### 参考资料

教材 P116~122，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

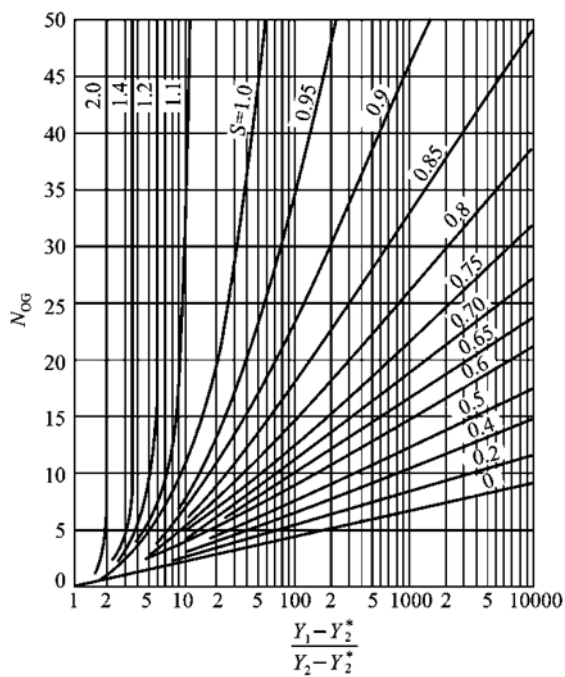
<p style="text-align: center;"><b>章节 名称</b></p>	<p style="text-align: center;">第五章 气体吸收</p>	<p style="text-align: center;">课次/ 学时</p>	<p style="text-align: center;">25/2</p>
<p><b>教学目标</b></p>			
<p>1. 掌握低浓吸收填料层高度的计算（平衡线为直线）；</p> <p>2. 掌握操作型问题的分析</p>			
<p><b>主要内容</b></p>			
<p>知识点：</p> <p>1. 吸收因子法；</p> <p>2. 吸收过程操作型问题分析；</p> <p>3. 图解积分、近似梯级、分段法。</p>			
<p>重点：吸收因子法公式</p> <p>难点：操作型问题分析</p>			
<p><b>教学过程及方法</b></p>			
<p>1. 抽问，复习上节课核心内容；</p> <p>2. 推导吸收因子法公式、算图及工程应用（讲授法）；</p> <div style="text-align: center;"> <math display="block">N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mV}{L}} \ln \frac{Y_1 - Y_1^*}{Y_2 - Y_2^*}</math> </div> <p>用传质单元数的基本式</p>			

推导出

$$N_{OG} = \frac{1}{1 - \frac{mV}{L}} \ln \left[ \left( 1 - \frac{mV}{L} \right) \frac{Y_1 - Y_2^*}{Y_2 - Y_2^*} + \frac{mV}{L} \right]$$

此式为吸收因子法求传质单元数

为方便分析一些操作型问题，以  $N_{OG}$  为纵坐标，以  $\frac{Y_1 - Y_2^*}{Y_2 - Y_2^*}$  为横坐标，以脱吸因子为参变量做图，得到吸收因子法算图

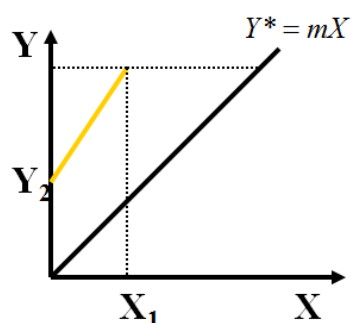


4. 吸收过程操作型问题分析，举例让学生分析并抽学生回答分析结果，然后再详细分析这类操作型问题

例 1、在一填料塔中用清水吸收空气中氨，若用水量增大，其他条件不变，则  $Y_2$ ,  $X_1$  如何变化？

例 2、在一填料塔中吸收低浓度气体，若用气量增大，要求吸收率不变，按比例增大吸收剂用量可行吗？

例 3、逆流吸收塔中用纯溶剂进行低浓度吸收操作，其操作线如图所示。若其它条件不变，而系统温度降低（设  $T$  对  $m$  的影响远大于  $k_{y,a}$ ,  $k_{x,a}$ ），则：（1） $H_{OG}$ ； $I_2$ ； $X_1$  将如何变化？（2）请画出操作线示意图。



将操作型问题时让学生思考 5 分钟，此时可以让学生举手回答或点名回答问题。

填料层高度计算已经讲完，需要加深对知识的理解 and 应用，还应布置一例题让学生在草稿本上认真做 10 分钟

### 课堂习题

某吸收塔在 101.3 kPa, 293K 下用清水逆流吸收丙酮—空气混合物中的丙酮，操作液气比  $L/V=2.1$  时，丙酮回收率可达到  $\phi=0.95$ 。已知物系的浓度较低，操作条件下的平衡关系为  $Y^* = 1.18X$ 。吸收过程为气膜控制，总传质系数  $K_y a$  与气体流率的 0.8 次方成正比，而与  $L$  无关。（温度、压强不变）试求：

1) 如  $V' = 1.2V$ ,  $L$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$  不变,  $\phi' = ?$   $\Delta Y_m$  有何变化？

(2) 欲将丙酮回收率由原来的 0.95 提高至 0.98, 若其他操作条件不变, 仅增大吸收剂用量,  $L' / L = ?$

5. 我们讲解了平衡线为直线求取传质单元数的两种方法, 如果平衡线不为直

线如何办？这就是我们下次课要讲的内容，请同学们预习相关部分。
<b>本讲师生互动</b>
1、 吸收过程操作型问题分析可以提出很多互动的问题让学生参与，在思考中加深对操作型问题的分析认识。 2、 在讲解课堂习题时可以以提问的方式来讲解解题思路。
<b>作业安排及课后反思</b>
作业： P149 15  课后要求阅读参考教材相关内容。
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
预习教材相关内容。
<b>参考资料</b>
教材 P116~122，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

<b>章节名称</b>	第五章 气体吸收	<b>课次/学时</b>	26/2
<b>教学目标</b>			
1. 了解低浓吸收填料层高度的计算（平衡线不为直线）。 2. 掌握理论板概念及理论板数计算 3. 了解解吸过程			



4. 掌握解析计算

主要内容

知识点:

1. 平衡线为曲线时传质单元数的计算
2. 板式塔操作线及其物理意义
3. 理论板的计算

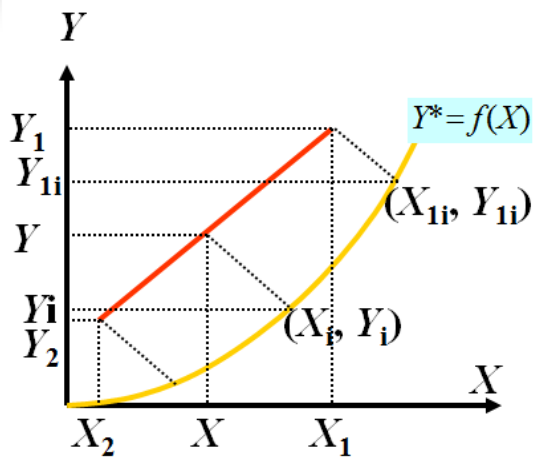
重点: 梯级图解法求传质单元数、解析计算

难点: 等板高度的理解, 理论板计算

教学过程及方法

1. 提问式复习上节课核心内容;
2. 介绍图解积分、数值积分、近似梯级法。

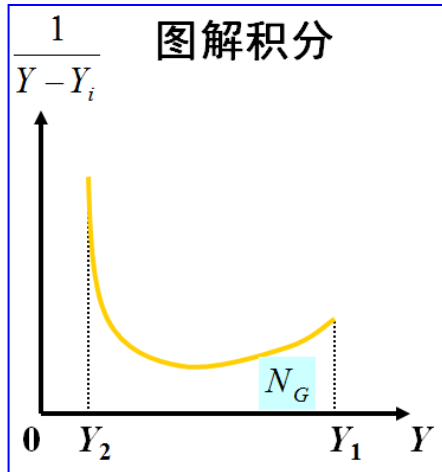
(一) 图解积分



在图上找到很多 Y 和与之相应的 Y\* 然后按下表计算

$Y$	$Y_2$	...	$Y$	...	$Y_1$
$Y_i$	$Y_{2i}$	...	$Y_i$	...	$Y_{1i}$
$\frac{1}{Y - Y_i}$	$\frac{1}{Y_2 - Y_{2i}}$	...	$\frac{1}{Y - Y_i}$	...	$\frac{1}{Y_1 - Y_{1i}}$

再绘图



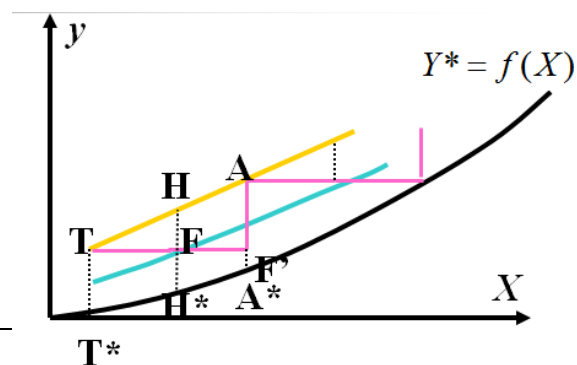
最后计算传质单元数

(二) 数值积分

$$N_G = \int_{Y_0}^{Y_n} f(Y) dY \approx \frac{\Delta Y}{3} [f_0 + f_n + 4(f_1 + f_3 + \dots + f_{n-1}) + 2(f_2 + f_4 + \dots + f_{n-2})]$$

主要是用辛普森定步长公式计算

(三) 梯级图解法



## 2. 理论板概念及计算

理论板：离开该板的两相达平衡

等板高度：与一层理论板的传质作用相当的填料层高度

理论板计算：

### (1) 逐板计算法

已知：  $Y_j^* = f(X_j)$       $Y_{j-1} = \frac{L}{V}X_j + Y_t - \frac{L}{V}X_t$

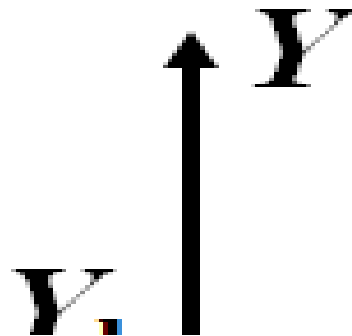
由：  $Y_b = Y_0 \xrightarrow{\text{操作线}} X_1 = X_b \xrightarrow{\text{平衡线}} Y_1 \xrightarrow{\text{操作线}} X_2 \dots$

$\xrightarrow{\text{平衡线}} Y_{N-1} \xrightarrow{\text{操作线}} X_N \xrightarrow{\text{平衡线}} Y_N$

$$Y_N \leq Y_t \quad N_T = \begin{cases} N & \text{当： } Y_N = Y_t \\ N-1 + \frac{Y_{N-1} - Y_t}{Y_{N-1} - Y_N} & \text{当： } Y_N < Y_t \end{cases}$$

使用一次平衡关系，就是一块理论板

### (2) 梯级图解法



### (3) 解析法

$$N_T = \frac{1}{\ln \frac{L}{mV}} \ln \left[ \left(1 - \frac{mV}{L}\right) \frac{Y_b - Y_t^*}{Y_t - Y_t^*} + \frac{mV}{L} \right]$$

平衡线为直线

3. 解吸计算。

(1) 加入载气用量  $V$

$$\left(\frac{V}{L}\right)_{\min} = \frac{X_1 - X_2}{Y_1^* - Y_2}$$

(3) 解吸塔高度

$$Z = H_{OL} N_{OL} = \frac{L}{K_X a \Omega} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{X - X^*}$$

4. 对本章内容做一个总复习

以讲课内容的先后顺序来回顾本章内容，有些公式可以叫学生回忆然后在黑板上板书。

5. 下次课我们将讲解新的干燥章节，请同学们预习相关部分

**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。

**作业安排及课后反思**

作业：P149 15 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。

**课前准备情况及其他相关特殊要求**

预习教材相关内容。

**参考资料**

教材 P131~139，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

## 7.5 教学单元五

### 7.5.1 教学日期:

课次：第 27 次—第 32 次

章节 名称	干燥	课次/ 学时	27/2
<b>教学目标</b>			
1. 了解干燥方法的分类 2. 掌握湿空气的性质			
<b>主要内容</b>			
知识点：  1. 干燥方法  2. 湿空气的性质			
重点：湿空气的性质  难点：			
<b>教学过程及方法</b>			
1. 干燥概述（讲授法）  首先举例讲授生产过程中进行干燥的例子，再讲授除湿方法。  干燥分类，干燥分类讲解后用录像的方式介绍比较典型的集中干燥设备如： 箱式干燥器、回转圆筒干燥器、洞道式干燥器、流化床干燥器（两种）、气流干燥器、喷雾干燥器  2. 干燥介质的性质（讲授法）			

(1) 湿度

又称湿含量，为湿空气中水汽的质量与绝干空气的质量比，写出计算公式

$$H = \frac{\text{干燥介质中湿气的质量}}{\text{干燥介质中绝干气的质量}} = \frac{\text{湿气的摩尔数} \times \text{摩尔质量}(M_w)}{\text{绝干气的摩尔数} \times \text{摩尔质量}(M_g)}$$

$$H = \frac{p}{P-p} \times \frac{M_w}{M_g}$$

饱和湿度

$$\text{饱和湿度 } H_s = 0.622 \frac{p_s}{P - p_s}$$

(3) 相对湿度

定义：在一定总压下，湿空气中水汽分压与同温度下水的饱和蒸气压  $p_s$  之比

$$\varphi = \frac{p}{p_s} \times 100\% \quad \longrightarrow \quad H = \frac{M_w}{M_g} \frac{\varphi p_s}{P - \varphi p_s}$$

注意讲解相对湿度与湿度和温度之间的关系，相对湿度随温度和湿度的变化趋势

(4) 比体积

定义：在湿空气中 1 千克绝干空气的体积和其所带有的 H 千克水汽的体积之和

$$v_H = \frac{1\text{kg绝干气体的体积} + H\text{kg湿气体积}}{1\text{kg绝干气体}}$$

空气和水系统则

$$\begin{aligned} v_H &= \left( \frac{1}{29} + \frac{H}{18} \right) \times 22.4 \times \frac{273+t}{273} \times \frac{1.013 \times 10^5}{P} \\ &= (0.773 + 1.244H) \times \frac{273+t}{273} \times \frac{1.013 \times 10^5}{P} \end{aligned}$$

(5) 比热容

定义:常压下将湿空气中1千克空气及其所带有的H千克水汽的温度升高(或降低)1摄氏度所吸收(或放出)的热量

$$c_H = c_g \times 1 + c_v \times H$$

空气和水系统  $c_H = 1.005 + 1.884H$

(6) 焓

定义:湿空气中1千克绝干空气的焓与其所带的H千克水汽的焓之和

$$I_H = I_g + I_v H$$

$$I_H = (c_g + Hc_v)t + r_0 H = c_H t + r_0 H$$

空气和水系统

$$I_H = (1.005 + 1.884H)t + 2491.27H$$

详细的介绍这些性质的定义,学生能够熟练计算

3. 下一次课将介绍剩下的三个性质和如何利用干燥介质的8个性质。

本讲师生互动

1. 化工生产过程中最常用的干燥方式是什么?
2. 干燥是否进行与干燥介质的温度有关吗?

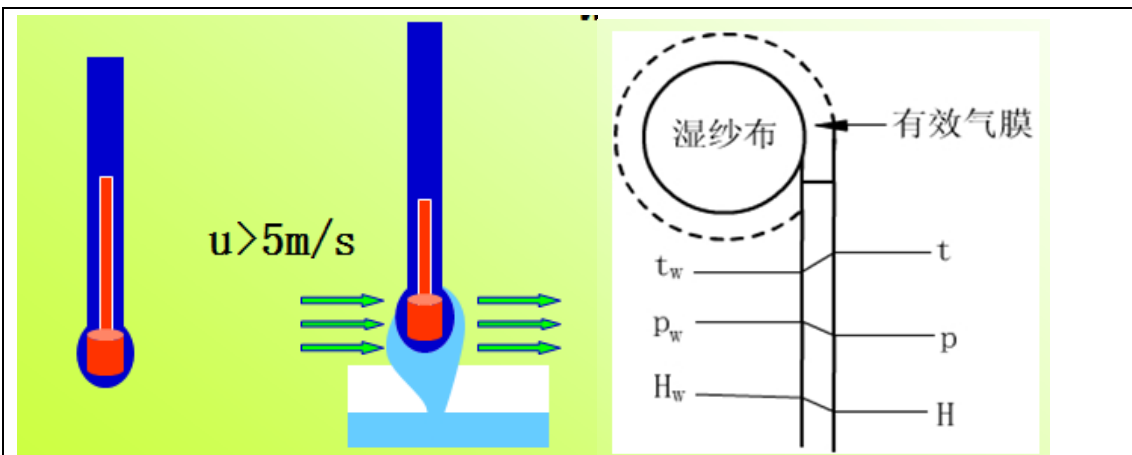
作业安排及课后反思

P296,1: 课后要求阅读参考教材相关内容。

<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
预习教材相关内容。
<b>参考资料</b>
教材 P244-249，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

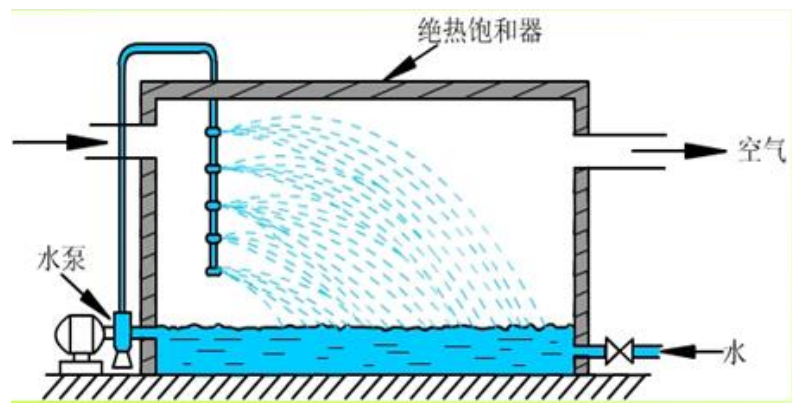
<b>章节 名称</b>	<b>干燥</b>	<b>课次/ 学时</b>	<b>28/2</b>
<b>教学目标</b>			
1. 掌握湿空气的性质 2. 灵活应用湿焓图			
<b>主要内容</b>			
知识点： 1. 湿空气的性质 2. 湿焓图			
重点：干燥介质的性质 难点：湿焓图应用			
<b>教学过程及方法</b>			
1. 湿空气性质 干球温度和湿球温度（图解法和讲授法）			





用图解释干球温度和湿球温度

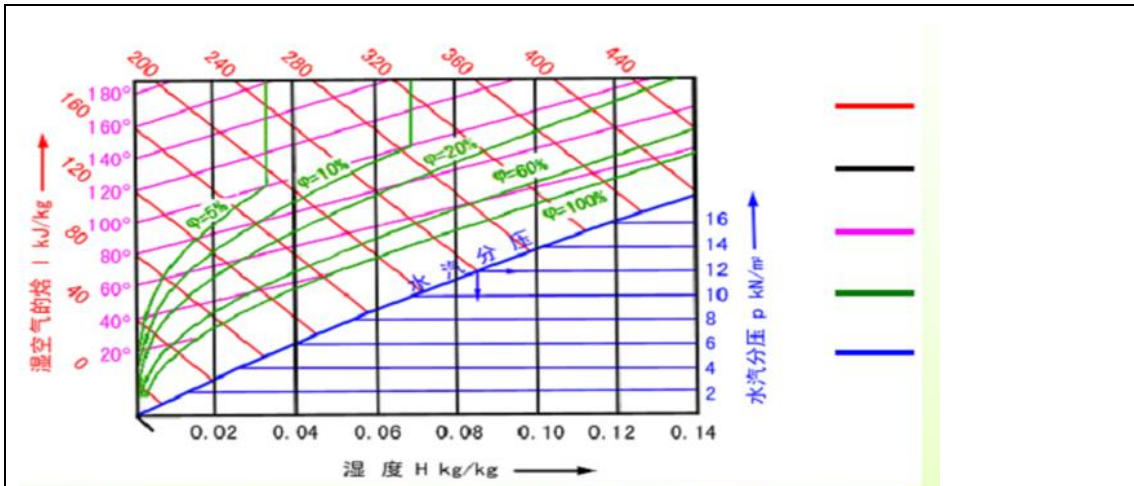
绝热饱和冷却温度（讲授法和图解法）



用图及工艺过程说明绝热饱和冷却温度，推导绝热饱和冷却温度的计算式

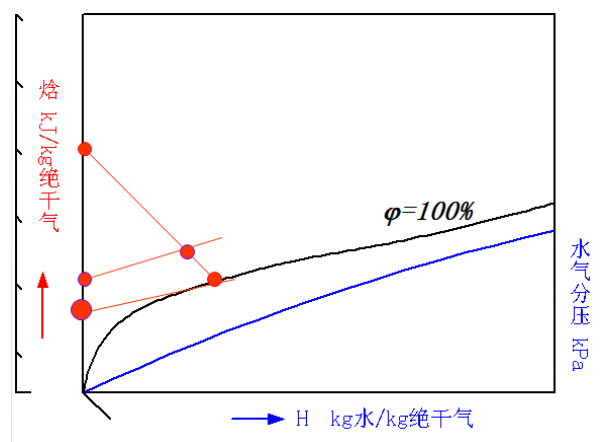
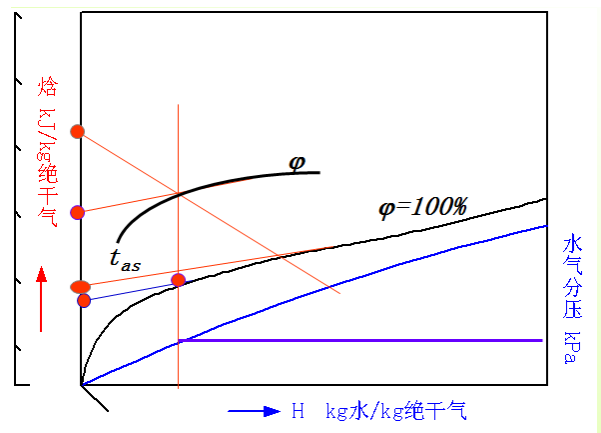
露点（讲授法）

2. 湿焓图



直接画出湿焐图，对图中的曲线一条一条解析。

讲解完湿焐图后，详细介绍利用两个独立的性质用湿焐图求干燥介质其他性质。



<b>本讲师生互动</b>
1. 比较干球温度、湿球温度、绝热饱和冷却温度和露点的大小关系？ 2. 等温线斜率是否相同？
<b>作业安排及课后反思</b>
P297,2；课后要求阅读参考教材相关内容。
<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
预习教材相关内容。
<b>参考资料</b>
教材 P249-256，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

章节 名称	干燥	课次/ 学时	29/2
<b>教学目标</b>			
1. 掌握湿物料的性质 2. 掌握干燥过程的物料与热量衡算			
<b>主要内容</b>			
知识点： 1. 湿物料的性质 2. 干燥系统的物料衡算			
<b>重点：</b> 湿物料性质的计算、干燥系统的物料衡算			

难点：

### 教学过程及方法

#### 1. 湿物料的性质（讲授法）

湿基含水量—水分在湿物料中的质量百分数

干基含水量—水分与绝干物料的质量比

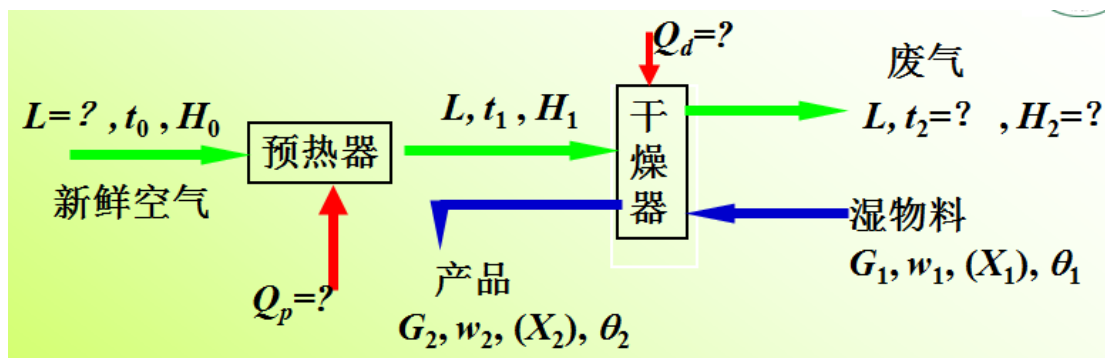
湿物料比容—将湿物料中 1 千克绝干物料和所带的 X 千克水升高 1 度所需要的热量

湿物料的焓—绝干物料的焓和物料中所含水分的焓

要求熟练掌握湿物料的性质，并能够计算。

#### 3. 干燥系统的物料衡算

首先用图解的方式介绍干燥过程



通过物料衡算可以计算出水分蒸发量、空气消耗量和干燥产品流量。

### 本讲师生互动

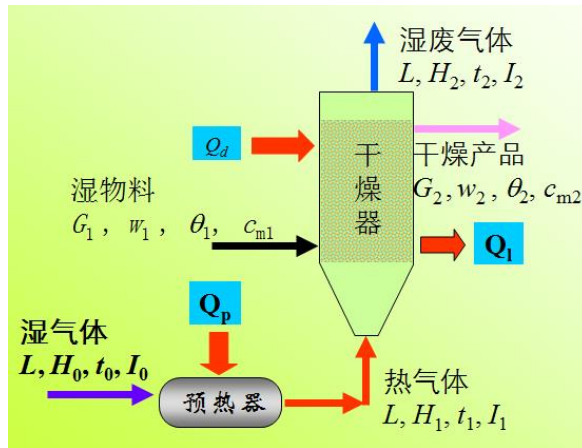
#### 1. 湿基含水量与干基含水量的关系？

### 作业安排及课后反思

P297, 3; 课后要求阅读参考教材相关内容。

<b>课前准备情况及其他相关特殊要求</b>
预习教材相关内容。
<b>参考资料</b>
教材,256-259, 另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

<b>章节 名称</b>	<b>干燥</b>	<b>课次/ 学时</b>	<b>30/2</b>
<b>教学目标</b>			
1. 掌握干燥系统的热量衡算 2. 掌握干燥系统的热效率			
<b>主要内容</b>			
<b>知识点:</b> 1. 干燥系统的热量衡算 2. 干燥系统的热效率			
<b>重点:</b> 干燥系统的热量衡算 <b>难点:</b> 干燥系统消耗的总热量与汽化水分的热量			
<b>教学过程及方法</b>			
1. 热量衡算的基本方程（图解法和讲授法）			



利用流程图详细介绍干燥系统的热量传递过程

通过热量衡算计算预热器消耗的热量

$$Q_p = L(I_1 - I_0)$$

向干燥器补充的热量

对干燥器做热量衡算可得  $Q_d = L(I_2 - I_1) + G_c I_2' - G_c I_1' + Q_L$

干燥系统总热量衡算

$$Q = Q_p + Q_d = L(C_g + H_0 C_v)(t_2 - t_0) + G_c(C_s + X_2 C_w)(\theta_2 - \theta_1) + W(r_0 + C_v t_2 - C_w \theta_1) + Q_L$$

以入口湿度计的干燥介质从系统带走的热量     
 干燥器中汽化湿分所需热量     
 以产品湿含量计的产品从系统中带走的热量

分析总热量 Q 分别用于哪些方面，根据公式详细分析。

2. 干燥系统的热效率

$$\eta = \frac{\text{蒸发湿分所需的热量}}{\text{向干燥器输入的总热量}} \times 100\%$$

解释热效率的定义式，利用热量衡算和热效率定义式分析提高干燥器热效率

的措施，（1）提高  $H_2$  而降低  $t_2$ （2）提高空气入口温度（3）利用废气（4）降低热损失。

### 3. 加深学生对前面内容的理解布置一道课堂练习题

常压下拟用温度为  $20^\circ\text{C}$ 、湿度为  $0.008\text{kg 水/kg 干气}$  的空气干燥某种湿物料。空气在预热器中被加热到  $90^\circ\text{C}$  后送入干燥室，离开时的温度为  $45^\circ\text{C}$ 、湿度为  $0.022\text{kg 水/kg 干气}$ 。现要求每小时将  $1200\text{kg}$  的湿物料由含水率  $3\%$ （湿基）干燥至  $0.2\%$ （湿基），已知物料进、出口温度分别为  $20^\circ\text{C}$  和  $60^\circ\text{C}$ ，在此温度范围内，绝干物料的比热为  $3.5\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ，水的平均比热为  $4.184\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 。干燥设备热损失可按预热器中加热量的  $5\%$  计算。试求：

- 1) 新鲜空气用量， $\text{kg/h}$ ；
- 2) 预热器的加热量  $Q_P$ ， $\text{kW}$ ；
- 3) 干燥室内补充的热量  $Q_d$ ， $\text{kW}$ ；
- 4) 热效率  $\eta$ 。

### 本讲师生互动

1. 为提高热效率干燥介质的出口温度可以降低的最大程度？
2. 提高热效率的措施有哪些？

### 作业安排及课后反思

P297,4；课后要求阅读参考教材相关内容。

### 课前准备情况及其他相关特殊要求

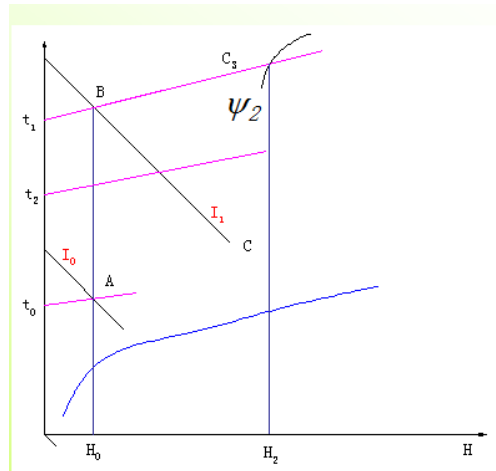
预习教材相关内容。

### 参考资料

教材 P259-263，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

<p style="text-align: center;"><b>章节 名称</b></p>	<p>干燥</p>	<p style="text-align: center;">课次/ 学时</p>	<p>31/2</p>
<p><b>教学目标</b></p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 掌握等焓干燥过程</li> <li>2. 了解非等焓干燥过程</li> <li>3. 掌握物料中的水分</li> </ol>			
<p><b>主要内容</b></p>			
<p>知识点：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 等焓干燥过程</li> <li>2. 平衡水分与自由水分</li> <li>3. 结合水分与非结合水分</li> </ol>			
<p>重点：等焓干燥</p> <p>难点：水分间的关系</p>			
<p><b>教学过程及方法</b></p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 等焓干燥过程（讲授法） <p>解释什么是等焓干燥过程，等焓干燥过程满足的条件 1) 设备无热损失，<math>Q_L=0</math>； 2) 不补充热量，<math>Q_d=0</math>； 3) 物料足够湿润，温度保持为干燥介质的湿球温度 <math>t_w</math>，即 <math>\theta_1=\theta_2=t_w</math>； 4) 被汽化的湿分带入的热量可以忽略不计。</p> </li> <li>2. 非等焓干燥过程（图解法） <p>分析非等焓过程的集中情况，每种情况在湿焓图中画出干燥过程的操作线</p> </li> </ol>			





### 3. 平衡水分与自由水分

用图说明平衡水分、自由水分，清楚准确，便于理解，而且能够加深认识。

### 4. 结合水分与非结合水分

5. 用图说明结合水分、非结合水分，清楚准确，便于理解，而且能够加深认识。

### 本讲师生互动

1. 请说明自由水分、非结合水分、自由水分、平衡水分之间的关系
2. 平衡含水量的大小与哪些因素有关？
6. 结合水分与非结合水分的划分取决于什么因素？

### 作业安排及课后反思

P297,5-6 课后要求阅读参考教材相关内容。

### 课前准备情况及其他相关特殊要求

预习教材相关内容。

### 参考资料

教材 P263-269，另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

<p style="text-align: center;"><b>章节 名称</b></p>	<p style="text-align: center;">干燥</p>	<p style="text-align: center;">课次/ 学时</p>	<p style="text-align: center;">32/2</p>
<p><b>教学目标</b></p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 掌握恒定干燥条件</li> <li>2. 掌握恒定干燥条件下干燥时间的计算</li> <li>3. 了解干燥设备</li> </ol>			
<p><b>主要内容</b></p>			
<p>知识点：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 恒定干燥条件</li> <li>2. 恒定干燥条件下的干燥时间</li> <li>3. 恒速干燥阶段、降速干燥阶段</li> <li>4. 干燥设备</li> </ol>			
<p>重点：干燥时间</p> <p>难点：降速干燥阶段的干燥时间</p>			
<p><b>教学过程及方法</b></p>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 干燥过程首先引入恒定干燥条件和非恒定干燥条件（讲授法）</li> <li>2. 什么样的条件达到后才能称为恒定干燥条件（讲授法）</li> <li>3. 干燥速率曲线（讲授法）</li> <li>4. 恒速干燥阶段和降速干燥阶段（讲授法）</li> </ol>			

分析物料中间的水分在干燥过程中的变化情况，解释恒速阶段和降速阶段的本质。

4. 干燥时间的计算（讲授法）

恒速阶段的干燥速率等于临界干燥速率容易求得，降速干燥阶段的干燥时间受到  $U$  与  $X$  之间的关系影响

5. 干燥设备（视频法和动画法）

通过观看视频和动画，加深对干燥设备的认识。

**本讲师生互动**

1. 临界含水量与哪些因素有关？
2. 如何强化干燥条件？

**作业安排及课后反思**

P298, 9-10; 课后要求阅读参考教材相关内容。

**课前准备情况及其他相关特殊要求**

预习教材相关内容。

**参考资料**

教材 P269-287, 另参阅陈敏恒、谭天恩等相关教材。

## 8. 课程要求

### 8.1 学生自学要求

- (1) 完成课后习题。
- (2) 一些浅显易懂的需要了解的内容学生自己看书。
- (3) 预习可以是自己能快速有效的跟上老师的教学思路，事先完成对教科书及其他相关资料的阅读，才能更好的理解老师所讲所做，才能在课堂中提出问题并有效解决问题。

### 8.2 课外阅读要求

可以在图书馆阅读一些《化工原理》、《化工原理习题集》、《化工手册》及《化工物性手册》等相关方面的书籍；可以在期刊杂志或电子网刊上阅读与本部门课相关的参考资料。

### 8.3 课堂讨论要求

课堂讨论积极、活跃、课堂氛围及秩序好。

### 8.4 课程实践要求

本门课程理论讲完后，会自己动手做化工原理实验（包括原理及操作部分）；做化工原理课程设计时，会设计某一单元设备，比如换热器、吸收塔、精馏塔等。

## 9. 课程考核

### 9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

**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。本课程将采用倒扣分的形式，即对无故缺席的同学，每缺席 1 次平均平时成绩扣 5 分，直至扣完。此外，请假的同学务必在上课前出示假条，后补假条无效。

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算早退。迟到和早退一次扣 2 分

作业：每缺交一次作业平均平时成绩扣扣 5 分。

## 9.2 成绩的构成与评分规则说明

根据《化工原理》课程教学大纲要求，总评成绩 = 30~40% 平时成绩 + 70~60% 卷面成绩。平时成绩主要由出勤、课堂发言和课后作业组成。出勤不加分，仅扣分，具体扣分细节详见 9.1 节出勤作业考核方式；课堂发言随机抽点同学的方式，也可主动回答，教师根据题目的难易程度以及抽点同学回答情况给出等级分数，等级分数与百分制分数换算如下：A+:95，A:90，B+:85，B:80，以此类推。

## 9.3 考试形式及说明

《化工原理》课程考试为闭卷考试，具体考试要求按四川理工学院教务处规定执行。如果该课程总评成绩不及格（即该课程总评成绩 <60 分），将有且仅有一次补考机会，如果补考仍不及格，则需要重修本课程。

# 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

# 11. 课堂规范

教学过程中应遵守必要的道德礼仪规范，请同学尽量做到以下几点：

- (1) 上课期间不玩手机，请关闭手机，或将手机调至振动模式；
- (2) 请注意服装礼仪，无故穿拖鞋、背心的同学请不要进入教室；
- (3) 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；
- (4) 迟到的同学请安静地找座位坐下，并认真听讲；
- (5) 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；
- (6) 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；
- (7) 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；
- (8) 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

教材：

- (1)夏清，贾绍义编《化工原理》（第二版）天津大学出版社

参考书：

- (1)谭天恩，麦本熙，丁惠华《化工原理》化学工业出版社
- (2)陈敏恒编《化工原理》化学工业出版社（二十一世纪教材）

(3)Warren L.McCabe, Julian C.Smith and Peter Harriott Unit  
Operations of Chemical Engineering(Sixth Edition) 化学工业出版社  
社(英文影印版)

## 12.2 专业学术著作

李裕.化工原理课堂教学中生活常识联想.化工高等教育,2005,(2):32—34.本文章针对化工原理课程具有概念多、公式烦琐、单元操作多样和实践性强的特点,在化工原理课堂教学中引入生活常识联想,通过提问、讨论、置疑、引导等方式增加了教学过程中的科学性和趣味性,从而激发了学生学习的积极性,提高了教学效果和教学质量。

田怡.提高学生对“化工原理”学习兴趣的探索.乐山师范学院学报,2005,30(4):122—125.本文章介绍了化工原理是化工类及相近专业的一门重要专业基础课,是由基础课学习过渡到专业课学习的一座桥梁,对学生工程观念的养成、工程分析和实践能力的培养起着重要作用。文章通过问卷调查结合教学经验的方式,分析了目前教学中存在的问题,并主要针对如何提高学生学习兴趣这个问题做了一些探索。

## 12.3 专业刊物

(1)中国科学院基础科学局、化学部、文献情报中心和国家自然科学基金委员会化学科学部共同主办,化工进展;

(2)中国科学技术协会主管、中国化工学会和化学工业出版社共同主办,化工学报

## 12.4 网络课程资源

(1) <http://emuch.net/bbs> 小木虫论坛

(2) <http://bbs.hcbbs.com> 海川化工论坛

### (3) 学校图书馆的超星数字图书

## 13. 教学合约

### 13.1 教师师德承诺

我作为一名光荣的大学教师,担负着教书育人的重任,为了认真履行教师职责,严格遵守教师职业道德规范,形成自己良好的师德师风,争做一名师德高尚的教育工作者,我郑重承诺:

一、爱国守法。拥护党的领导,自觉遵守《义务教育法》、《教师法》等法律法规,全面贯彻国家教育方针,教育教学中同党和国家的方针政策保持一致,不得有违背党和国家方针政策的言行。

二、爱校敬业。热爱学校,勤于进取,精于业务,无私奉献。自觉维护学校荣誉,努力做到认真备课、上课、作业、批改、辅导、考查,切实改进教法,高质量地完成教学工作。

三、教书育人。以培养创新能力为目标,造就有理想、有道德、有文化、有纪律的,德、智、体全面发展的社会主义建设和接班人。自觉抵制封建迷信和邪教活动,不传播有害学生身心健康的思想。

四、为人师表。坚守高尚情操,遵守社会公德。知荣明耻,身体力行、言行一致。衣着得体,语言规范,举止文明。关心集体,团结协作,尊重同事,尊重家长。自觉抵制社会不良风气影响。

五、终身学习。崇尚科学精神,树立终身学习理念,拓宽知识视野,更新知识结构。潜心钻研业务,勇于探索创新,不断提高专业素养和教育教学水平。

六、关爱学生。关心爱护全体学生,尊重学生人格,平等公正对待学生,保护学生安全,关心学生健康,维护学生权益。

### 13.1 阅读课程实施大纲,理解其内容

学生应仔细阅读本大纲,了解本课程的重要性及实用性,熟悉各章节的重点、难点,以便在学习过程中实施。



### 13.2 同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

每个学生应认真阅读本大纲, 并遵守本大纲

## 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。