

四川轻化工大学课程实施大纲

课程名称：天然产物分离制备技术

授课班级：选课班

任课教师：马燮

工作部门：化工学院

联系方式：13990050602

四川轻化工大学 制

2020年9月

《天然产物分离制备技术》 课程实施大纲基本信息

课程代码：

课程名称：天然产物分离制备技术

学 分：2

总 学 时：32

学 期：20-21 学年第 1 学期

上课时间：星期二 7、8 节；星期四 9、10 节

上课地点：N1-108

答疑时间和方式：电话

答疑地点：S1-220

授课班级：工艺 2017(卓越), 工艺 20171, 工艺 20172, 工艺 20173, 应化
20171, 应化 20172, 应化 20173, 应化 20174, 应化 20175 选课班

任课教师：马燮

学 院：化工学院

邮 箱：maxie@suse.edu.cn

联系电话：13990050602

目 录

1. 教学理念.....	1
2. 课程介绍.....	1
3. 教师简介.....	2
3.1 教师的职称、学历	2
3.2 教育背景	2
3.3 研究兴趣（方向）	2
4. 先修课程.....	3
5. 课程目标.....	3
6. 课程内容.....	3
6.1 课程的内容概要	3
6.1.1 绪论.....	3
6.1.2 第一章 天然产物提取方法和技术	3
6.1.3 第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	4
6.1.4 第三章 生物碱的分离.....	4
6.1.5 第四章 黄酮类化合物的分离.....	4
6.1.6 第五章 多糖.....	5
6.2 教学重点、难点	5
6.2.1 绪论.....	5
6.2.2 第一章 天然产物提取方法和技术	5
6.2.3 第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	5
6.2.4 第三章 生物碱的分离.....	6

6.2.5	第四章 黄酮类化合物的分离	6
6.2.6	第五章 多糖	6
6.3	学时安排	7
6.3.1	绪论	7
6.3.2	第一章 天然产物提取方法和技术	7
6.3.3	第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	7
6.3.4	第三章 生物碱的分离	8
6.3.5	第四章 黄酮类化合物的分离	8
6.3.6	第五章 多糖	8
6.3.7	总结	8
7.	课程实施	9
7.1	教学单元一：绪论	9
7.1.1	教学日期	9
7.1.2	教学目标	9
7.1.3	教学内容（含重点、难点）	9
7.1.4	教学过程	10
7.1.5	教学方法	11
7.1.6	作业安排及课后反思	11
7.1.7	课前准备情况及其他相关特殊要求	11
7.2	教学单元二：第一章 天然产物提取方法和技术	11
7.2.1	教学日期	11
7.2.2	教学目标	12

7.2.3 教学内容（含重点、难点）	12
7.2.4 教学过程	12
7.2.5 教学方法	15
7.2.6 作业安排及课后反思	15
7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	15
7.3 教学单元三：第一章 天然产物提取方法和技术.....	15
7.3.1 教学日期	15
7.3.2 教学目标	15
7.3.3 教学内容（含重点、难点）	15
7.3.4 教学过程	16
7.3.5 教学方法	17
7.3.6 作业安排及课后反思	17
7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	17
7.4 教学单元四：第一章 天然产物提取方法和技术.....	17
7.4.1 教学日期	17
7.4.2 教学目标	17
7.4.3 教学内容（含重点、难点）	17
7.4.4 教学过程	18
7.4.5 教学方法	19
7.4.6 作业安排及课后反思	19
7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	19
7.5 教学单元 5：第一章 天然产物提取方法和技术	19

7.5.1 教学日期	19
7.5.2 教学目标	20
7.5.3 教学内容（含重点、难点）	20
7.5.4 教学过程	20
7.5.5 教学方法	23
7.5.6 作业安排及课后反思	23
7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	23
7.6 教学单元六：第一章 天然产物提取方法和技术.....	24
7.6.1 教学日期	24
7.6.2 教学目标	24
7.6.3 教学内容（含重点、难点）	24
7.6.4 教学过程	24
7.6.5 教学方法	28
7.6.6 作业安排及课后反思	28
7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	28
7.7 教学单元 7：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	28
7.7.1 教学日期	28
7.7.2 教学目标	28
7.7.3 教学内容（含重点、难点）	28
7.7.4 教学过程	29
7.7.5 教学方法	31
7.7.6 作业安排及课后反思	31

7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	31
7.8 教学单元八：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	32
7.8.1 教学日期	32
7.8.2 教学目标	32
7.8.3 教学内容（含重点、难点）	32
7.8.4 教学过程	32
7.8.5 教学方法	35
7.8.6 作业安排及课后反思	36
7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	36
7.9 教学单元九：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	36
7.9.1 教学日期	36
7.9.2 教学目标	36
7.9.3 教学内容（含重点、难点）	36
7.9.4 教学过程	37
7.9.5 教学方法	40
7.9.6 作业安排及课后反思	40
7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求	41
7.10 教学单元十：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	41
.....	41
7.10.1 教学日期	41
7.10.2 教学目标	41
7.10.3 教学内容（含重点、难点）	41

7.10.4 教学过程	41
7.10.5 教学方法	43
7.10.6 作业安排及课后反思	43
7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	43
7.11 教学单元十一：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用	43
7.11.1 教学日期	43
7.11.2 教学目标	43
7.11.3 教学内容（含重点、难点）	44
7.11.4 教学过程	44
7.11.5 教学方法	47
7.11.6 作业安排及课后反思	47
7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	47
7.12 教学单元十二：第三章 生物碱的分离	47
7.12.1 教学日期	47
7.12.2 教学目标	47
7.12.3 教学内容（含重点、难点）	47
7.12.4 教学过程	48
4、生物碱提取分离实例.....	51
7.12.5 教学方法	52
7.12.6 作业安排及课后反思	52
7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	52

7.13 教学单元十三：第四章 黄酮类化合物的分离.....	53
7.13.1 教学日期	53
7.13.2 教学目标	53
7.13.3 教学内容（含重点、难点）	53
7.13.4 教学过程	53
7.13.5 教学方法	55
7.13.6 作业安排及课后反思	55
7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	55
7.14 教学单元十四：第五章 多糖	55
7.14.1 教学日期	55
7.14.2 教学目标	56
7.14.3 教学内容（含重点、难点）	56
7.14.4 教学过程	56
7.14.5 教学方法	57
7.14.6 作业安排及课后反思	58
7.14.7 课前准备情况及其他相关特殊要求.....	60
7.15 教学单元十五：总结	60
7.15.1 教学日期	60
7.15.2 教学目标	60
8. 课程要求.....	61
8.1 学生自学要求	61
8.2 课外阅读要求	61

9. 课程考核.....	61
9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求.....	61
9.2 成绩的构成与评分规则说明	62
10. 学术诚信.....	62
11. 课堂规范.....	62
12. 课程资源.....	63
12.1 教材与参考书	63
12.2 参考书	63
12.3 专业刊物	64
13. 教学合约.....	64
14. 其他说明.....	65

《天然产物分离制备技术》课程实施大纲

1. 教学理念

公平对待每一个学生。

教师向学生讲授“为什么”，远不如学生向教师提出“为什么”。

2. 课程介绍

本课程是学生在具备了物理化学、化工原理、化工热力学等基础知识后的一门专业选修课。本课程可以开阔化工类学生的视野、拓宽学生在分离工程领域的知识面，从而适应多种专业化方向的要求，并且为进一步的科学研究或工程应用打下基础。分离过程是研究各种化学物质的分级、分离、浓缩和纯化的方法、工艺、材料、设备等方面的综合性、多层次的过程科学。新型分离技术在近二十年来发展迅速，它所涉及的面极广，在化工、生物、材料、医药、环境、能源等诸多领域具有不可或缺的重要作用。分离过程主要是利用待分离的物系中的有效成分与共存杂质之间在物理、化学及生物学性质上的差异进行分离，由于天然产物的纯度和杂质含量与其药效、毒副作用、价格等息息相关，使得分离过程在制药行业中的地位和作用非常重要。

本课程可以开阔化工类学生的视野、拓宽学生在分离工程领域的知识面，从而适应多种专业化方向的要求，并且为进一步的科学研究或工程应用打下基础。本课程属工科科学，使用物理化学和化工原理的基础知识来考察新型分离技术的原理、着重基本原理的理解，强调理论联系实际，以提高解决实际问题的能力。另外，在讲授较成熟理论的同时，还不断启发

学生注意分离领域的最新动态。本课程强调工程观点、强调理论与实际相结合。通过分离任务的提出、解决方案的建立、分离流程的设计、以及分离设备的选用等，提高学生分析问题、解决问题的能力。学生通过本课程学习，应能够依据节能、环保、高效的原则，使用合适的新型分离技术，解决一些过程工程中的分离任务。

综上所述，本课程的目的：

- (1) 解决化工过程中的分离问题能力
- (2) 了解化工分离方面的新技术和新发展
- (3) 利用现代分离技术解决化工过程中分离问题的能力

3. 教师简介

3.1 教师的职称、学历

任课教师：马燮；职称：教授；学历：硕士研究生

3.2 教育背景

1987-1991 年 四川轻化工学院（现四川理工学院）无机化工专业 工学学士；

1997-2000 年 华南理工大学化工学院 化学工程专业 工学硕士；

3.3 研究兴趣（方向）

传质与分离技术

4. 先修课程

《分析化学》、《物理化学》、《有机化学》、《化工原理》

5. 课程目标

- (1) 掌握传统的天然产物提取与分离方法的基本理论
- (2) 了解新型分离技术在天然产物提取与分离中的应用
- (3) 有一定从事天然产物分离与制备方面的技能，了解天然产物提取与分离的发展动态，能应用各种传统和现代的提取分离技术根据天然产物成分的特点进行产品开发的能力。

6. 课程内容

6.1 课程的内容概要

6.1.1 绪论

掌握的内容：天然产物提取过程的选择

了解的内容：天然产物开发利用概况、天然产物分离工艺设计策略和技术进展、天然产物提取工艺学特点

6.1.2 第一章 天然产物提取方法和技术

掌握的内容：固液浸取的原理、溶剂的选择、萃取的原理、微波萃取的原理、超声波提取的原理以及结晶的原理

了解的内容：浸取的影响因素；浸取过程的计算；浸取方法、基本工艺过程；超声波协助浸取、微波协助浸取工艺流程与应用；液液萃取的平

衡关系，萃取分离的主要影响因素；溶剂萃取过程动力学研究；萃取过程的计算；萃取设备的分类与实例；结晶过程的计算及设备

6.1.3 第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

掌握的内容：吸附、离子交换的基本概念；吸附的分离原理、离子交换基本原理；常用吸附剂的性能，离子交换树脂的分类、性能；膜分离的概念、原理和特点；膜分离的分离效果及其影响因素；分子蒸馏的原理；双水相萃取的原理

了解的内容：常用吸附剂的性能，吸附分离设备与工作过程、操作方式；离子交换树脂的分类、性能，交换过程使用的设备基本构造、工作过程；吸附分离、离子交换技术的应用与发展状况；吸附相平衡、离子交换动力学和质量传递基础理论；超临界 CO₂ 流体萃取的特性、萃取工艺流程的设计、设备的基本结构和工作过程；超临界流体萃取技术在天然产物和中药有效成分提取中的应用与发展展望；分子蒸馏设备的基本结构及在天然产物分离制备中的应用及发展展望；了解双水相萃取技术在天然产物分离制备中的应用及发展

6.1.4 第三章 生物碱的分离

了解内容：生物碱的骨架类型、理化性质、提取分离方法

6.1.5 第四章 黄酮类化合物的分离

了解的内容：掌握黄酮类化合物的主要结构类型及其成苷的特点，理

化性质，提取分离的主要方法及原理。

6.1.6 第五章 多糖

了解的内容：糖和苷的相关含义及分类及常用提取分离方法及原理

6.2 教学重点、难点

6.2.1 绪论

重点：课程的性质与目的

6.2.2 第一章 天然产物提取方法和技术

重点：固液浸取、萃取、微波辅助萃取、超声波提取以及结晶的基本原理及工艺流程；

难点：固液萃取、液液萃取分离过程的过程计算；结晶过程的计算

6.2.3 第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

重点：吸附、离子交换的基本概念；吸附的分离原理、离子交换基本原理；常用吸附剂的性能，离子交换树脂的分类、性能；膜分离的概念、原理和特点；膜分离的分离效果及其影响因素；分子蒸馏的基本原理、特点；超临界流体萃取的基本特性、基本原理、特点以及萃取-分离过程的基本模式；双水相萃取的原理及特点

难点：吸附相平衡、离子交换动力学和质量传递基础理论；常用分离装置的基本结构、工作过程；超临界流体的相平衡基本原理；处理相平衡

和溶解度计算的 4 种方法；超临界萃取过程质量传递的概念、原理；双水相萃取过程的原理

6.2.4 第三章 生物碱的分离

重点：生物碱的骨架类型、理化性质、提取分离方法

难点：生物碱的骨架类型、理化性质

6.2.5 第四章 黄酮类化合物的分离

重点：黄酮类化合物的主要结构类型及其成苷的特点，理化性质，提取分离的主要方法及原理

难点：黄酮类化合物的主要结构类型及其成苷的特点，理化性质

6.2.6 第五章 多糖

重点：糖和苷的定义及分类及提取分离

难点：糖和苷的定义及分类

6.2.7 第六章 萜类及挥发油

重点：萜类化合物的提取与分离的方法

难点：

6.3 学时安排

6.3.1 绪论

参考学时：2 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
绪论	2

6.3.2 第一章 天然产物提取方法和技术

参考学时：10 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
第 1 节 提取法	2
第 2 节 萃取	2
第 3 节 微波辅助提取	2
第 4 节 超声波提取	2
第 5 节 结晶	2

6.3.3 第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

参考学时：10 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
第 1 节 树脂吸附分离	2
第 2 节 膜分离	2
第 3 节 分子蒸馏技术	2

第 4 节 超临界流体萃取技术	2
第 5 节 其他分离技术	2

6.3.4 第三章 生物碱的分离

参考学时：2 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
第三章 生物碱的分离	2

6.3.5 第四章 黄酮类化合物的分离

参考学时：2 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
第四章 黄酮类化合物的分离	2

6.3.6 第五章 多糖

参考学时：2 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
第五章 多糖	2

6.3.7 第六章 挥发油

参考学时：2 学时

章 节 名 称	学 时 分 配
---------	---------

6.3.8 总结

参考学时：2 学时

章节名称	学时分配
总结	2

7.课程实施

7.1 教学单元一：绪论

7.1.1 教学日期

第 10 周周二的 7, 8 节

7.1.2 教学目标

通过本章学习，掌握天然产物提取工艺的特点，了解天然产物开发利用概况，了解天然产物分离工艺设计策略和技术进展以及天然产物提取过程的选择。

7.1.3 教学内容（含重点、难点）

主要内容：

- 1、天然产物提取工艺的特点
- 2、天然产物开发利用概况

3、天然产物分离工艺设计策略

4、天然产物提取过程的选择

重点：天然产物提取工艺的特点

7.1.4 教学过程

讲授：

1、天然产物提取工艺学的特点

天然产物提取工艺是运用化学工程原理和方法对组成生物的化学物质进行提取、分离纯化的过程，它有以下特点：

多学科性

多层次、多方位性

复杂性

(1) 生物材料组成复杂

(2) 天然产物具有不稳定性

生物体中存在的天然产物含量较低，而且生物体是由上千种有机物组成，有效成分的分离制备常常少至几个步骤，多至十几个步骤，并不断变换各种分离方法、才能达到纯化目的，其有关方法包括：

①物理方法

②物理化学方法

③化学方法

④生物方法

2、天然产物开发利用概况

3、天然产物分离工艺设计策略

- (1) 生物原料生产和天然产物提取技术结合
- (2) 根据生物微观结构设计提取工艺
- (3) 根据天然产物的结构设计提取工艺
- (4) 根据不同分离技术耦合设计天然产物提取工艺
- (5) 提取过程前后阶段纵向统一
- (6) 从天然产物提取分离体系改性和流体流动特性来设计提取工艺

4、天然产物提取过程的选择

7.1.5 教学方法

采用多媒体与板书相结合教学，重点的内容采用每节课小结的方式，将该课需要重点掌握的突出在多媒体上显示出来，便于记笔记的同学能够做一定的记录，同时可以给学生一个整体的概念，课下复习时也有章可寻。

7.1.6 作业安排及课后反思

7.1.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

预习相关内容

7.2 教学单元二：第一章 天然产物提取方法和技术

7.2.1 教学日期

第十周周四 9, 10 节

7.2.2 教学目标

掌握固液萃取分离过程的基本原理、过程计算；了解分离过程的特点、影响因素、工艺流程；了解使用设备结构

7.2.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、提取原理
- 2、影响提取的因素
- 3、浸出溶剂的选择
- 4、提取设备

重点：提取原理

难点：浸出溶剂的选择

7.2.4 教学过程

复习上一讲内容

讲授

第一节、天然产物开发利用方案确定

根据研究目的的不同：

大致可分为：选定研究对象、生物材料采集和品种鉴定、文献资料调研、化学成分预试验、活性提取部位和活性化合物跟踪分离和结构鉴定、构效关系、药理、毒理、制剂工艺、临床实验、中试、正式生产等步骤。

2、查阅文献资料和收集信息

与天然产物提取分离有关的期刊杂志主要有：

Natural Product Report，1984年开始出版（英国皇家化学会），刊登天然产物研究方面的热点研究领域综述性文章。

Journal of Natural Product，美国化学会与美国生药学会合办，刊登药用活性天然产物研究的原始研究论文。

3、实验设计和工艺流程的选择

实验设计：

1. 观察项目的可比性：

实验条件控制的要非常严格，否则实验结果将不可靠。

同一个实验要重复多次，以观察它的精确度、重现性和可靠性。

若差别较大时，还需对数据进行统计学处理，以计算它们的实验误差和可信性。

2. 选择测试指标：

在实验中所使用的分析方法测定速度快，结果要精确可靠；

3. 不能直接搬用植物化学的提取方法作为工业生产的方法

第二节 天然产物传统分离纯化方法

一、提取法

1、提取原理

是应用有机或无机溶剂将固体原料中的可溶性组分溶解，使其进入液相，再将不溶性固体和溶液分开的操作。

溶质：提取原料的可溶性组分；

溶剂：用于溶解溶质的液体，或称提取剂。

由于植物原料的结构非常复杂，提取的物质又是多组分混合物，因此统一的浸提理论难以确定。

一般包括：渗透、溶解、分配和扩散等

在细胞原生质中，溶剂和细胞液是分层的，精油在两相中都能溶解。若在两相中溶质浓度不平衡，则在相互接触时，将在相与相之间进行分配，即为有效成分从细胞液的液相转入溶剂相中，直到有效成分在细胞原生质液和溶剂两个液相内达到完全平衡。

$$K=C_1/C_2 \text{（在一定条件下）}$$

K—分配系数

C₁—两相平衡时被浸提组分在浸提液中的浓度

C₂—两相平衡时被浸提组分在被浸提混合物中的浓度

2、影响提取的因素

溶剂浸提成功与否，关键在选择合适的溶剂和提取方法。

原料的粉碎度

提取时间、温度等也影响提取效率。

3、浸出溶剂的选择

植物成分在溶剂中的溶解度直接与溶剂性质有关。溶剂可分为水、亲水性有机溶剂和亲脂性有机溶剂。

一些常见溶剂的亲脂性的强弱顺序如下：

石油醚>苯>氯仿>乙酸乙酯>丙酮>乙醇>甲醇>水

一些常见溶剂的亲水性的强弱顺序如下：

石油醚<苯<氯仿<乙酸乙酯<丙酮<乙醇<甲醇<水

4、提取设备

7.2.5 教学方法

采用多媒体与板书相结合教学，重点的内容采用每节课小结的方式，将该课需要重点掌握的突出在多媒体上显示出来，便于记笔记的同学能够做一定的记录，同时可以给学生一个整体的概念，课下复习时也有章可寻。

7.2.6 作业安排及课后反思

7.2.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.3 教学单元三：第一章 天然产物提取方法和技术

7.3.1 教学日期

第十一周周二的 7, 8 节

7.3.2 教学目标

掌握萃取分离过程的基本原理、过程计算；了解分离过程的特点、影响因素、工艺流程；了解使用设备结构

7.3.3 教学内容（含重点、难点）

1、萃取原理

2、萃取技术

重点：萃取分离过程的基本原理

难点：液液萃取分离过程的过程计算

7.3.4 教学过程

复习上一讲主要内容

1、原理：

两相溶剂提取称为萃取法，是利用混合物中各成分在两种互不相溶的溶剂中的分配系数的不同进行分离的方法。

萃取时，各成分在两相溶剂中分配系数相差越大则分离效率越高，可用于从溶液中提取、分离、浓缩有效成分或除去杂质。

分配系数：在定温定压下，如果一个溶质溶解在两个同时存在的互不相溶的液体里，达到平衡后，设溶质在两相中浓度的比等于为一常数

提取液中的有效成分是亲脂性的物质，一般多用亲脂性有机溶剂，如苯、氯仿或乙醚进行两相萃取；有效成分是偏于亲水性的物质，需用弱亲脂性的溶剂，例如乙酸乙酯、丁醇等。

提取黄酮类成分多用乙酸乙酯和水的两相萃取。提取亲水性强的皂甙则多选用正丁醇、异戊醇和水作两相萃取。

2、计算

3、设备

7.3.5 教学方法

采用多媒体与板书、幻灯相结合教学

7.3.6 作业安排及课后反思

阅读相关文献

7.3.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.4 教学单元四：第一章 天然产物提取方法和技术

7.4.1 教学日期

第十一周周四 9, 10 节

7.4.2 教学目标

掌握微波辅助萃取分离过程的基本原理；了解分离过程的特点、影响因素、工艺流程

7.4.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、微波萃取原理
- 2、微波萃取的选择性
- 3、微波萃取的特点
- 4、微波萃取的主要影响参数

5、微波萃取的操作流程

6、微波萃取的方法与设备

7、微波萃取在中药有效成分提取中的应用

重点：微波萃取原理。

难点：微波萃取原理。

7.4.4 教学过程

复习上一讲主要内容

1、微波萃取原理

微波是一种电磁波，以直线方式传播，并具有反射、折射、衍射等光学特性。微波遇到金属物质会被反射，但遇到非金属物质则能穿透或被吸收。微波的电场频率介于 300MHz~300GHz（波长在 1cm~1m，介于红外和无线电波）之间，常用的微波频率为 2450MHz。

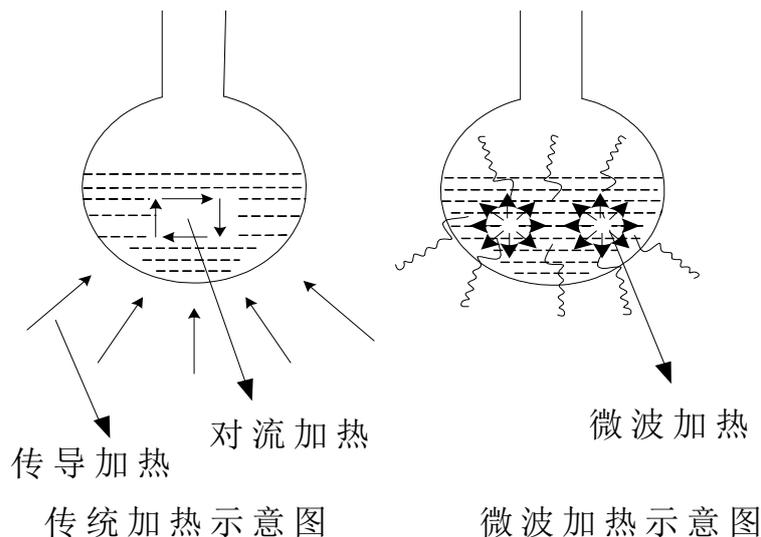
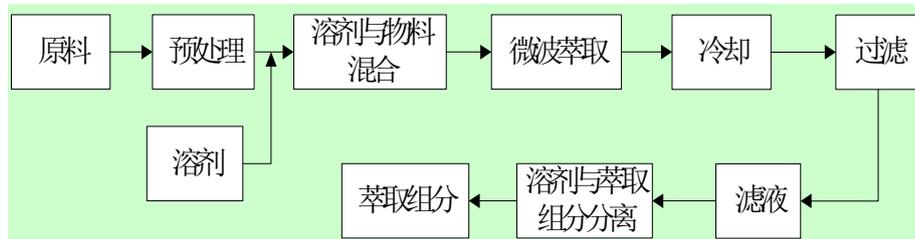


图 1 两种加热方式的比较

2、微波萃取的选择性

- 3、微波萃取的特点
- 4、微波萃取的主要影响参数
- 5、微波萃取的操作流程



- 6、微波萃取的方法与设备
- 7、微波萃取在中药有效成分提取中的应用

7.4.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.4.6 作业安排及课后反思

查阅文献，整理微波辅助萃取技术在中药有效成分提取中的研究进展

7.4.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.5 教学单元 5：第一章 天然产物提取方法和技术

7.5.1 教学日期

第十二周周二的 7，8 节

7.5.2 教学目标

掌握分离过程的基本原理；了解分离过程的特点、影响因素、工艺流程

7.5.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、超声波提取原理
- 2、超声波提取的主要影响因素
- 3、超声波提取技术的特点
- 4、超声波提取设备
- 5、超声波提取技术的应用

重点：圆管中的轴向稳态层流。

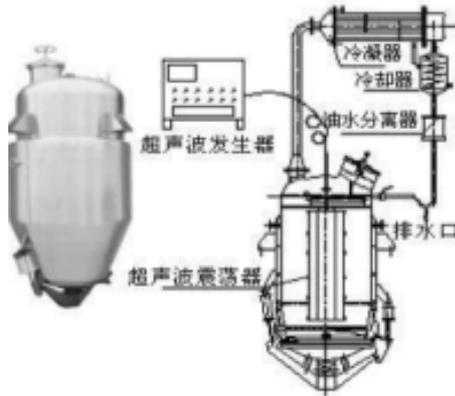
难点：势流。

7.5.4 教学过程

复习上一讲主要内容

1、超声波提取原理

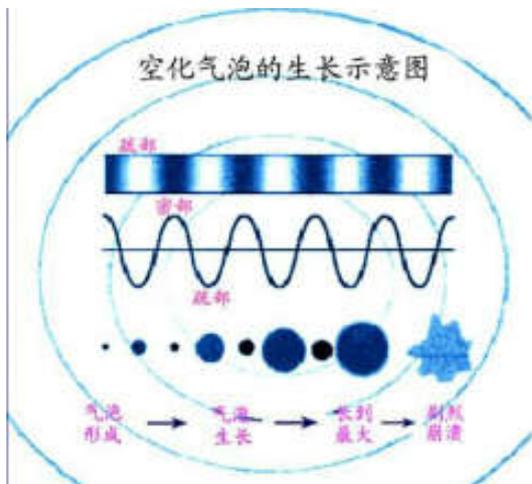
超声波是一种频率高于 20KHz 的高频机械波，常被用于探测、检查、振荡及提取过程中。超声波提取是利用超声波具有的空化效应、机械效应及热效应，通过增大介质分子的运动速度、增大介质的穿透力以提取天然产物有效成分的方法。



(1) 空化效应

超声波空化作用是指存在于液体中的微小气泡或蒸汽泡，又称“空化核、空化泡”，在超声波的作用下做脉动变化，当声压达到一定值时发生的生长和崩溃的动力学过程。

空化作用一般包括 3 个阶段：空化泡的形成、长大和崩溃。



(2) 热效应

超声波在介质中的传播过程也是一个能量的传播和扩散过程，其能量不断被介质质点吸收并转化为热能，从而使媒质质点和药材组织的温度升高，这种现象称为超声波的热效应。

(3) 机械效应

超声波在介质中的传播可以使介质质点在其传播空间内产生振动，从

而强化介质的扩散、传质，这就是超声波的机械效应。超声波的高频振动及辐射压力可在气体或液体中形成有效的搅动与流动，使媒质质点在其传播空间内进入振动状态，从而可加速细胞内物质的释放、扩散及溶解过程。此外，空化气泡振动对固体表面产生的强烈射流及局部微冲流，均能显著减弱液体的表面张力及磨擦力，并破坏固液界面的附着层，起到普通机械搅动达不到的效果。

利用超声波提取技术提取中药有效成分时，首先在液体介质中产生特有的空化效应，即不断产生无数内部压力很高的微小气泡，并不断“爆破”产生微观上的强冲击波而作用于中药材上，促使药材植物细胞破壁或变形，并在溶剂中瞬时产生的空化泡的作用下发生崩溃而破裂，这样溶剂便很容易地渗透到细胞内部，使细胞内的化学成分溶解于溶剂中。

2、超声波提取的主要影响因素

浸泡时间

温度

声波频率

超声处理时间

占空比

药材组织结构

3、超声波提取技术的特点

4、超声波提取设备



5、超声波提取技术的应用

7.5.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.5.6 作业安排及课后反思

超声波提取技术在天然产物分离制备中的应用

7.5.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.6 教学单元六：第一章 天然产物提取方法和技术

7.6.1 教学日期

第十二周周四 9, 10 节

7.6.2 教学目标

通过本章学习，掌握结晶过程的基本原理；了解分离过程的特点、影响因素、工艺流程

7.6.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、结晶的基本原理
- 2、结晶的类型
- 3、结晶操作控制
- 4、结晶技术实施
- 5、应用实例

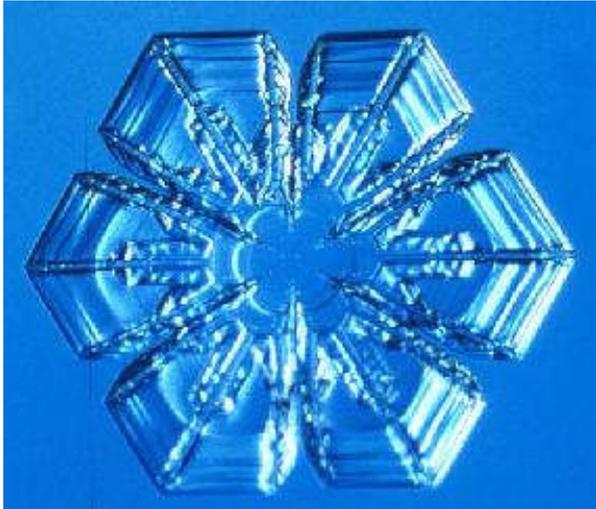
重点：结晶的基本原理

难点：结晶的基本原理

7.6.4 教学过程

复习上一讲主要内容

- 1、结晶的基本原理



溶液中的溶质在一定条件下，因分子有规则的排列而结合成晶体，晶体的化学成分均一，离子和分子在空间晶格的结点上呈规则的排列

固体有结晶和无定形两种状态

结晶：析出速度慢，溶质分子有足够时间进行排列，粒子排列有规则

无定形固体：析出速度快，粒子排列无规则

过饱和溶液的形成

溶质只有在过饱和溶液中才能以晶体形式析出

结晶是指溶质自动从过饱和溶液中析出，形成新相的过程这一过程包括：

溶质分子凝聚成固体

分子有规律地排列在一定晶格中

只有当溶质浓度超过饱和溶解度后，才可能有晶体析出。

首先形成晶核，微小的晶核具有较大的溶解度。实质上，在饱和溶液中，晶核是处于一种形成—溶解—再形成的动态平衡之中，只有达到一定的过饱和度以后，晶核才能够稳定存在。

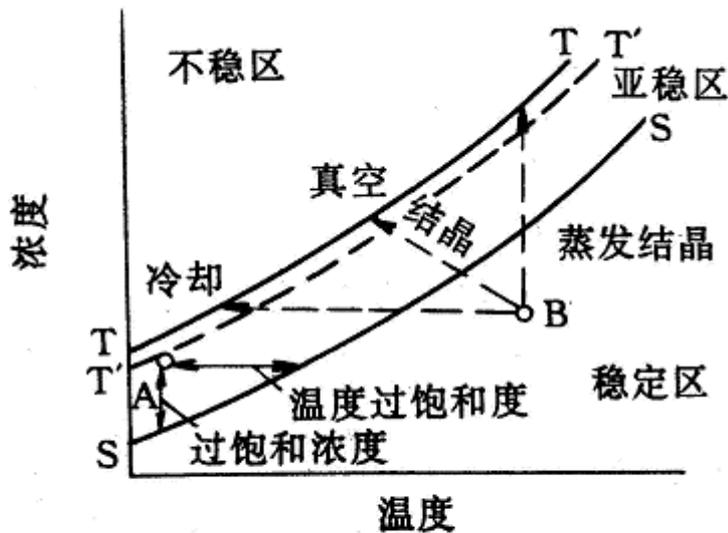


图 10.1-1 饱和曲线与过饱和曲线

过饱和度S

- ▶ 结晶过程和晶体的质量都与溶液的过饱和度有关，溶液的过饱和程度可用过饱和度S (%)来表示，即：

$$S = \frac{C}{C'} \times 100\%$$

- ▶ C ——过饱和溶液的浓度，g溶质/100g溶剂；
- ▶ C' ——饱和溶液的浓度，g溶质/100g溶剂。

一种是溶液过饱和后自发形成晶核的过程，称为“一次成核”。

向介稳区（不能发生初级成核）过饱和度较小的溶液中加入晶种，就会有新的晶核产生，称为二次成核。

在工业结晶中，二次成核过程为晶核的主要来源。

晶核一旦形成，立即开始长成晶体，与此同时新的晶核也在不断的形成。

晶体大小决定于晶体生长的速度和晶核形成的速度之间的对比关系。

2、结晶的类型

3、结晶操作控制

过饱和度

溶液的过饱和度是结晶过程的推动力，直接影响结晶速率和晶体质量；

固体产品的内在质量（如纯度）与其外观性状（如晶形、粒度等）密切相关。一般，晶形整齐和色泽洁白的固体产品，具有较高纯度。

必须根据产品在粒度大小、分布、晶形以及纯度等方面的要求，选择合适的结晶条件，并严格控制结晶过程。

温度

晶浆浓度

流速

结晶时间

溶剂与 PH 值

晶种

搅拌与混合

晶垢

4、结晶技术实施

结晶工艺与操作

结晶工艺问题及处理

5、应用实例

7.6.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.6.6 作业安排及课后反思

自学结晶过程计算

7.6.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.7 教学单元 7：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

7.7.1 教学日期

第十三周周二的 7，8 节

7.7.2 教学目标

- (1) 了解吸附的基本概念
- (2) 掌握各种吸附过程的原理、特点

7.7.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、吸附的分离原理
- 2、吸附树脂
- 3、树脂吸附法在天然产物提取分离中的应用

重点：吸附的分离原理

难点：吸附等温线及计算

7.7.4 教学过程

复习上一讲主要内容

1、吸附的分离原理

吸附机理

固体的表面性质——固体表面分子（或原子）所处的状态与固体内部分子（或原子）所处的状态不同

界面

固体表面分子(或原子)处于特殊的状态。固体内部分子所受的力是对称的,故彼此处于平衡。但在界面分子的力场是不饱和的,即存在一种固体的表面力,它能从外界吸附分子、原子、或离子,并在吸附表面上形成多分子层或单分子层。

若将固体内部分子拉到界面上就必须做功,此功以自由能形式存在于小微粒的表面。微粒能自发地吸附分子、原子或离子,并在其表面附近形成多分子层或单分子层。

吸附的分类:

按照**吸附剂和吸附物之间作用力不同**,吸附分为:

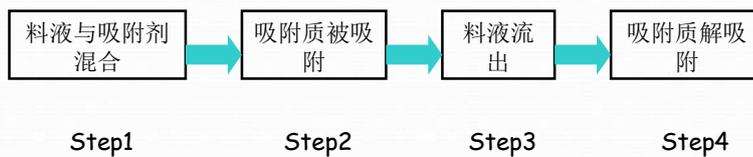
物理吸附

化学吸附

交换吸附

吸附分离的过程:

- 吸附过程通常包括：待分离料液与吸附剂混合、吸附质被吸附到吸附剂表面、料液流出、吸附质解吸回收等四个过程。



2、吸附树脂

(1) 吸附树脂的种类

吸附树脂的共同处：具有多孔性，并具有一定的比表面积（主要是孔内的表面积）

按其化学结构分为：非极性吸附树脂；中极性吸附树脂；极性吸附树脂；强极性吸附树脂

(2) 吸附树脂的结构

(3) 吸附树脂的性能

(1). 吸附平衡

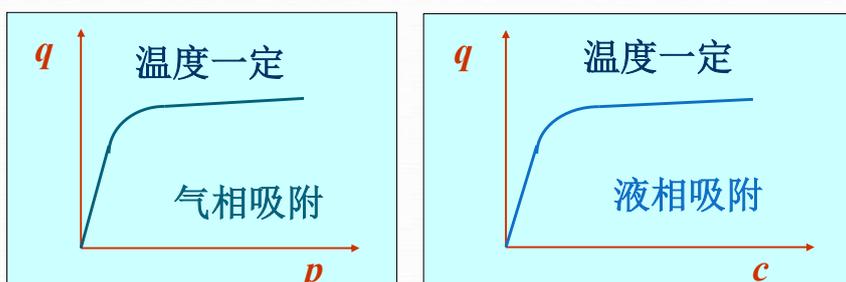
在一定条件下，当流体与固体吸附剂接触时，流体中的吸附物质即被吸附剂吸附，经过足够长的时间，吸附物质在两相中的分配达到一个定值，称为吸附平衡。

为动态平衡，即在达到平衡时，吸附速度与脱附速度正好相等；

吸附平衡还会受到温度的影响。

(2). 吸附等温线

在等温的情况下，吸附剂的吸附量与吸附物质的压力（或浓度）的关系曲线称为吸附等温线。



3、树脂吸附法在天然产物提取分离中的应用

7.7.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.7.6 作业安排及课后反思

P214:1. 2. 3

7.7.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.8 教学单元八：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

7.8.1 教学日期

第十三周周四 9, 10 节

7.8.2 教学目标

通过本章学习，（1）了解膜分离的有关概念、各种膜分离装置（2）掌握超滤的传质方程和相关计算

7.8.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、膜的分类
- 2、膜的性能
- 3、膜材料
- 4、膜组件
- 5、膜分离技术及其应用

重点：膜的性能

难点：超滤过程分析

7.8.4 教学过程

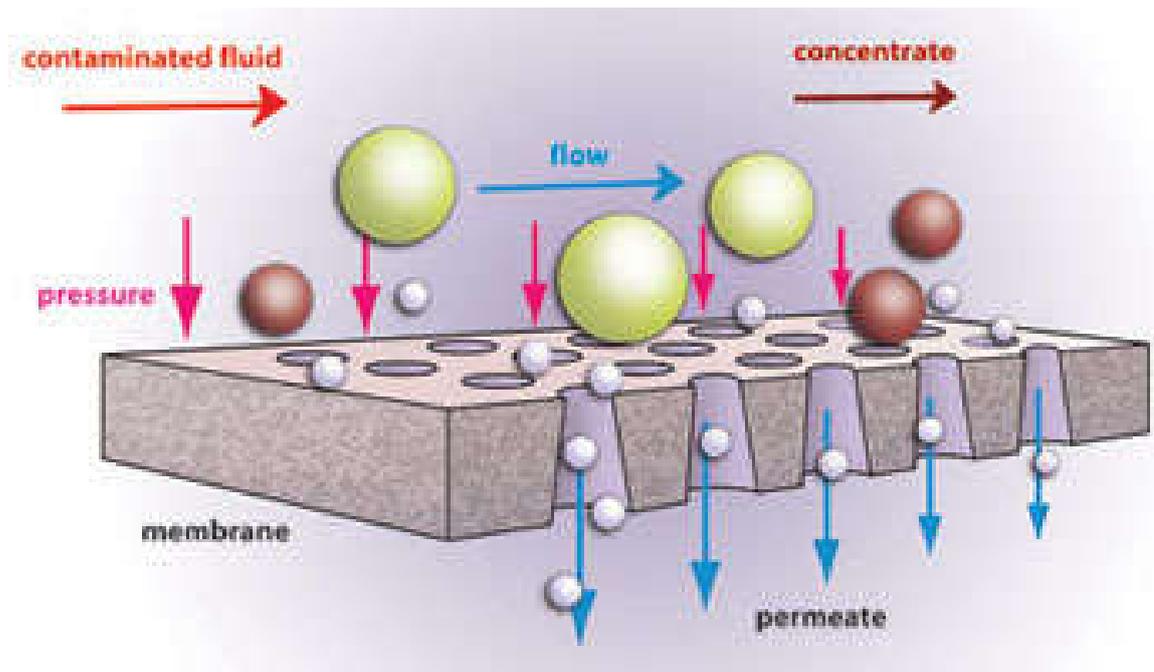
复习上一讲主要内容

- 1、膜的分类

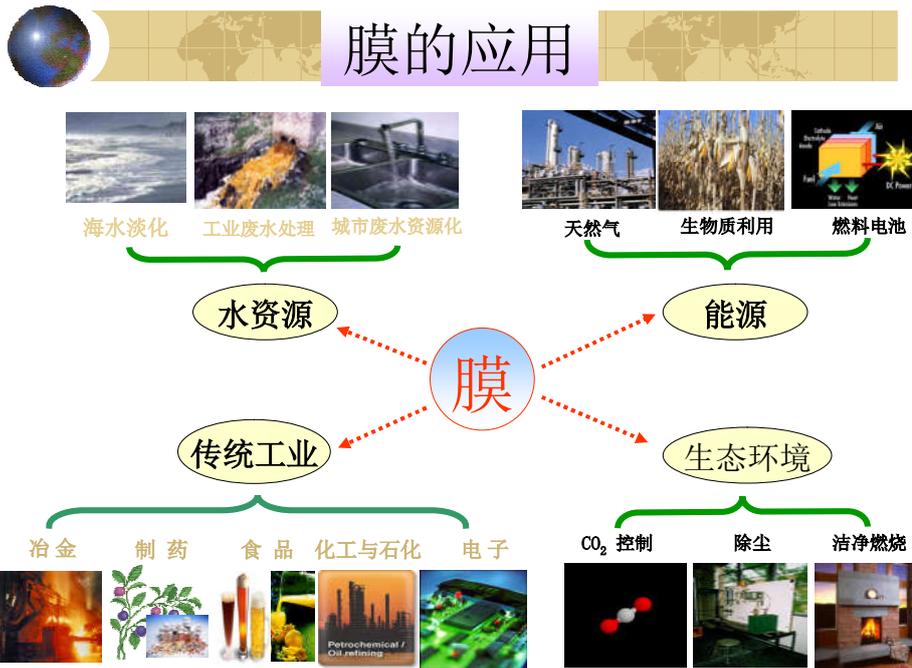
膜(Membrane)是什么？有何特性？膜，是指在一种流体相内或是在两种流体相之间有一层薄的凝聚相，它把流体相分隔为互不相通的两部分，

并能使这两部分之间产生传质作用。

膜的特性：不管膜多薄，它必须有两个界面。这两个界面分别与两侧的流体相接触。膜传质有选择性，它可以使流体相中的一种或几种物质透过，而不允许其它物质透过。



膜分离的概念：利用膜的选择性（孔径大小），以膜的两侧存在的能量差作为推动力，由于溶液中各组分透过膜的迁移率不同而实现分离的一种技术。



膜分离的特点：操作温度低，热敏性物质的分离、分级、浓缩与富集；无相变、低能耗；高效率、污染小；工艺简单、操作方便；浓缩与纯化同时进行

2、膜的性能

膜的性能通常是指膜的物化稳定性和膜的分离透过特性。

(1)膜的物化稳定性

(2)膜的分离透过特性

反渗透膜、超滤膜和微孔滤膜的分离透过特性有不同的表示法

对于反渗透膜：在特定的溶液系统和操作条件下，主要是通过溶质分离率、溶剂透过、流速流量衰减系数三个参数来标明使用性能

超滤膜：

截留相对分子质量

透过速率：

3、膜材料

膜是膜技术的核心，膜材料的化学性质和膜的结构对膜分离的性能起着决定性影响。

4、膜组件

由膜、固定膜的支撑体、间隔物及收纳这些部件的容器构成的一个单元。目前市售商品膜组件主要有：管式、中空纤维、螺旋卷绕式、平板式

共同的特点：尽可能大的膜表面积；可靠的支撑装置；可引出透过液；膜表面浓度差极化达到最小



5、膜分离技术及其应用

7.8.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的

加深对基本原理的理解

7.8.6 作业安排及课后反思

思考题：1、膜分离技术的概念。2、根据膜孔径大小，膜分离技术可分为哪几类？3、主要的膜组件有哪些？4、何谓微滤和超滤膜分离过程？其特点有哪些？

7.8.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.9 教学单元九：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

7.9.1 教学日期

第十四周周二的9，10节

7.9.2 教学目标

通过本章学习，了解分子蒸馏的原理及特点、分子蒸馏分离流程及设备、分子蒸馏技术的工业化应用。

7.9.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、概述
- 2、分子蒸馏的原理及特点
- 3、分离流程及设备
- 4、工业化应用

重点：分子蒸馏的原理。

难点：分子蒸馏的原理。

7.9.4 教学过程

复习上一讲主要内容

1、概述

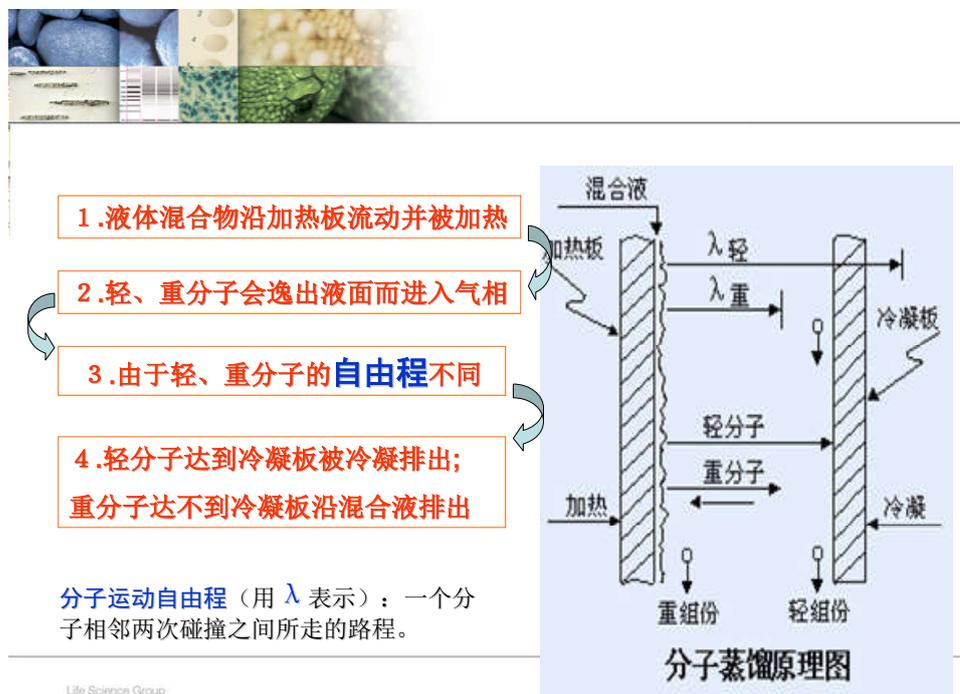


常规蒸馏，通常是指将液相加热至沸腾后再将气相冷凝，从而实现混合物的分离，其实质是利用了不同物质间的沸点差来完成的。尽管这种手段在工业上普遍应用，但对于许多热敏性物系而言，这种方法并不适用。原因在于热敏性物质在沸腾过程中会出现热分解，而这种热分解的速度又是随着温度的升高呈指数升高，随停留时间的增大呈线性增大的。因此，要解决好热敏性物系的分离问题，首先就必须从降低蒸发过程的分离温度和缩短物料的受热时间开始。料的沸点依赖于操作压力，为此，人们开发

了各种类型的真空蒸馏设备，试图通过降低过程的操作压力来降低物料的沸点，从而达到降低分离温度的目的。如间歇真空蒸馏，将物料放置在一加热釜中蒸发，并在釜外冷凝器后配置上真空系统，由于操作压力的降低，物料的沸点随之下降，从而使操作温度降低。但这种类型的蒸馏，由于其气相必须由釜内移至外部冷凝器冷凝，其蒸发面上的实际操作压力必须大到足以克服气相的管道阻力才行。因此，这种蒸馏的操作压力的降低是有限度的。此外，由于釜内液层很厚，液层的压力又进一步增大了底层液体的实际蒸发压力，这就进一步限制了操作温度的降低。与此同时，液层的厚度还增大了传热传质阻力，降低了分离效率，同时也增大了物料的受热时间。为了解决这些问题，人们设计了各种不同形式的薄膜蒸发器，如降膜式薄膜蒸发器、刮膜式薄膜蒸发器等，有效地减小了蒸发器表面上液膜的厚度，并减少了传热传质阻力，从而降低了物料的分离温度和物料的受热时间。所有这些，都使热敏性物料的品质得到了一定程度的保护。但是，由于薄膜蒸发器仍属于常规蒸馏，不管空载真空度多高，其操作时都必须达到物料的沸点，其蒸发的气相也必须靠一定压力由蒸发器内部移至外部冷凝器，因此其蒸发面上的实际操作压力仍然比较高，因此，对于许多热敏性、高沸点物系的分离，薄膜蒸发器仍然无能为力，因此，长期以来，人们一直在寻求着一种更为温和的蒸馏分离手段。正是在这种背景下，分子蒸馏技术得以开发，并得到广泛应用。该项技术突破了传统蒸馏利用沸点差分离的原理，而是利用分子运动平均自由程的差别实现物质的分离，从而使物料在远离沸点下进行蒸馏分离成为可能。

2、分子蒸馏的原理及特点

分子碰撞：分子与分子之间存在着相互作用力，当两分子离得较远时，分子之间的作用力表现为吸引力，但当两分子接近到一定程度后，分子之间的作用力会改变为排斥力，并随其接近距离的减小，排斥力迅速增加。当两分子接近到一定程度时，排斥力的作用使两分子分开。这种由接近而至排斥分离的过程，就是分子的碰撞过程。 根据分子运动平均自由程公式，不同种类的分子，由于其分子有效直径不同，故其平均自由程也不同，即从统计学观点看，不同种类分子逸出液面后不与其他分子碰撞的飞行距离是不同的。分子蒸馏的分离作用就是依据液体分子受热会从液面逸出，而不同种类分子逸出后，在气相中其运动平均自由程不同这一性质来实现的。



分子蒸馏过程（四步曲）

(1) 物料分子从液相主体向蒸发表面扩散, 液相中的扩散速度是控制分

子蒸馏速度的主要因素；

(2) 物料分子在液层上自由蒸发速度随温度升高而增大。

(3) 分子从蒸发面向冷凝面喷射。使蒸发分子的平均自由程大于或等于蒸发面与冷凝面之间的距离即可。

(4) 轻分子在冷凝面上冷凝。如果冷凝面的形状合理且光滑并迅速转移，则可以认为冷凝是瞬间完成的。

3、分离流程及设备

4、工业化应用

分子蒸馏技术的局限性

由于分子蒸馏要求在高真空下进行分离，所需要的设备成本过高，结构复杂，设计技术要求高，相应的配套设备也多，投资过大；

分子蒸馏受设备结构和加热面积的限制，设备体积比常规蒸馏设备体积大，在大规模生产应用中有不少困难。

7.9.5 教学方法

课堂上采用启发式教学，鼓励学生主动发言。在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解，课后布置一定的作业题和思考题，在每一次新课前，对上一次课的重点和难点内容加以复习

7.9.6 作业安排及课后反思

P214: 6、7、8

7.9.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.10 教学单元十：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

7.10.1 教学日期

第十四周周四 9, 10 节

7.10.2 教学目标

通过本章学习，了解超临界流体萃取的基本原理和方法 and 超临界流体萃取技术在天然产物提取中的应用。

7.10.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、概述
- 2、超临界流体萃取的基本原理和方法
- 3、超临界流体萃取技术在天然产物提取中的应用

重点：超临界流体萃取的基本原理和方法

难点：超临界流体萃取的基本原理和方法

7.10.4 教学过程

复习上一讲主要内容

- 1、概述

2、超临界流体萃取的基本原理和方法

(1) 超临界流体的基本概念和性质

超临界状态：高于临界温度和临界压力而接近临界点的状态称为超临界状态。

超临界流体（SCF）是指物质处于其临界温度和临界压强以上而形成的一种特殊状态的流体。处于超临界状态时，气液两相性质非常接近，故称之为 SCF。

流体在临界区附近，压力和温度的微小变化，会引起流体的密度大幅度变化，而非挥发性溶质在超临界流体中的溶解度大致上和流体的密度成正比。超临界流体萃取正是利用了这个特性，以超临界条件下的流体作萃取剂，利用流体在超临界状态下对物质有特殊增加的溶解度，形成了新的分离工艺。超临界流体可从混合物中有选择地溶解其中的某些组分，然后通过减压，升温或吸附将其分离析出。它是经典萃取工艺的延伸和扩展。

(2) 超临界流体的选择

超临界流体的选择是超临界流体萃取的关键所在。超临界流体，通常有二氧化碳、氮气、氧化二氮、乙烯、乙烷、丙烷、甲醇、氨和水、三氟甲烷 等。超临界流体萃取的工业化过程所选用的流体绝大多数是超临界二氧化碳。

(3) 夹带剂的使用

(4) 超临界萃取的方法

3、超临界流体萃取技术在天然产物提取中的应用

7.10.5 教学方法

课堂上采用启发式教学，鼓励学生主动发言。在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解，课后布置一定的作业题和思考题，在每一次新课前，对上一次课的重点和难点内容加以复习

7.10.6 作业安排及课后反思

P214: 9、10、11

7.10.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.11 教学单元十一：第二章 新型分离技术在天然产物提取中的应用

7.11.1 教学日期

第十五周周二的 7, 8 节

7.11.2 教学目标

通过本章学习，了解双水相萃取的基本概念、双水相成相机理、双水相体系的选择原则、双水相体系的分类及应用。

7.11.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、双水相萃取的基本概念
- 2、双水相成相机理
- 3、双水相体系的选择原则
- 4、双水相体系的分类及应用

重点：双水相成相机理。

难点：双水相成相机理。

7.11.4 教学过程

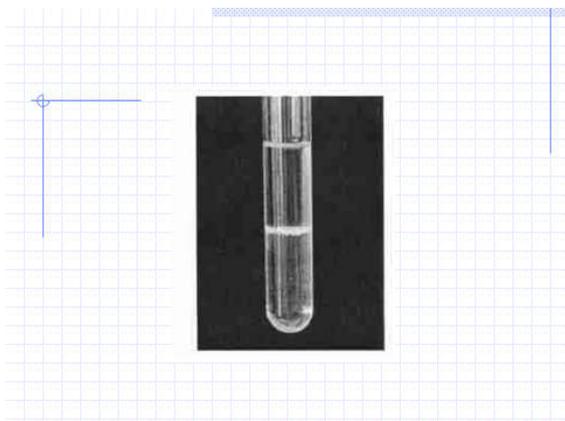
- 1、双水相萃取的基本概念

双水相萃取

双水相系统：利用物质在互不相溶的两水相间分配系数的差异来进行萃取的方法。

两种水溶性聚合物的水溶液，或一种水溶性聚合物水溶液与盐溶液混合时的不相容性而形成有明显界面的两相系统

如葡聚糖与聚乙二醇按一定比例与水混合，溶液浑浊，静置平衡后，分成互不相溶的两相，上相富含PEG，下相富含葡聚糖。



优点：

两相均含有大量的水（高达 80%以上），在接近生理环境的温度和体系中进行萃取，萃取环境和条件温和，不会引起生理活性物质失活或变性；

界面张力小，有利于强化相际间的质量传递；

分相时间短，自然分相时间一般为 5~15min；

分配系数可控：聚合物修饰、相系统组成

操作条件容易放大，易于工程放大和连续操作。

缺点：

双水相系统含较高浓度的水溶性聚合物和盐，会带到产物中，去除需要辅助处理方法。

成本较高。即使水溶性聚合物和盐尽管回收再用。

选择性较低，分离纯化倍数低，一般只适用于粗分离。

2、双水相成相机理

两种水溶性聚合物溶液混合，形成单一相还是两相，主要取决于两种因素：系统熵的增加；分子间的作用力。熵的增加与分子数目有关，而与分子大小无关；分子之间的相互作用力可看作分子中各基团相互作用力之和，随分子量的增加而增加。分子量大的聚合物以摩尔计的相互作用能超过混合熵的增加而起主导作用，进而决定聚合物溶液混合发生的现象。当两种聚合物之间互不相容，而排斥，它们的线团结构无法互相渗透，导致一种分子为同种分子所包围，在达到平衡后，形成了互不相容的各自富含单一种聚合物的两相。

两种聚合物周围形成不同的互不相容的分子结构造成相分离。这一机

理可解释温度、添加无机盐和尿素等对相分离行为的影响。

某些水溶性聚合物溶液与某些盐溶液混合，两者浓度达到一定值时，也会分为两相，形成聚合物-盐双水相系统。机理不清楚。一种解释为‘盐析’作用。

3、双水相体系的选择原则

能够获得高的产物回收和生物活性回收，高的分离纯化倍数；

系统的物理化学性质有利于大规模的应用，有良好的工艺性能，系统黏度低，相分离快，达到相平衡时间短，工艺参数容易控制，工艺条件可调性范围大；

系统经济，成本低，无毒，适合大规模应用。

4、双水相体系的分类及应用

双水相系统的分类

按照物质在双水相系统的分配作用类型，可分为空间排阻分配、电化学分配、构型相关性分配、亲和分配、疏水分配和手性分配等类型。

分配类型	典型相系统	影响因素		主要可调因素
		相系统因素	溶质性质	
空间排阻分配	PEG/EDX	聚合物分子大小	表面积	聚合物分子量、浓度
电化学分配	PEG/盐	相界面静电位	表面电荷	pH、盐种类、聚合物电荷性质
构型相关性分配		聚合物分子空间构型	空间构型	聚合物分子量、浓度、pH、温度
亲和分配	染料-PEG/DEX	配基亲和性能	特异的亲和位点	配基种类、浓度、pH
疏水分配	烷基-PEG/DEX	相间疏水性差异	表面疏水性	聚合物分子量、浓度、疏水性改性
手性分配	手性配基-PEG/DEX	聚合物光学活性	光学活性	聚合物的光学活性

7.11.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.11.6 作业安排及课后反思

思考题：1、双水相体系是如何形成的？2、双水相萃取的基本原理是什么？3、影响双水相萃取的因素有哪些？

7.11.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.12 教学单元十二：第三章 生物碱的分离

7.12.1 教学日期

第十五周周四 9，10 节

7.12.2 教学目标

通过本章学习，了解生物碱的理化性质，熟悉生物碱的结构类型及结构鉴定，了解生物碱的含义、分布及存在形式，掌握生物碱的提取和分离方法。

7.12.3 教学内容（含重点、难点）

1、生物碱的分类及其结构

2、生物碱的理化性质

3、生物碱的提取工艺

4、生物碱提取分离实例

重点：生物碱的提取工艺

难点：生物碱的提取工艺

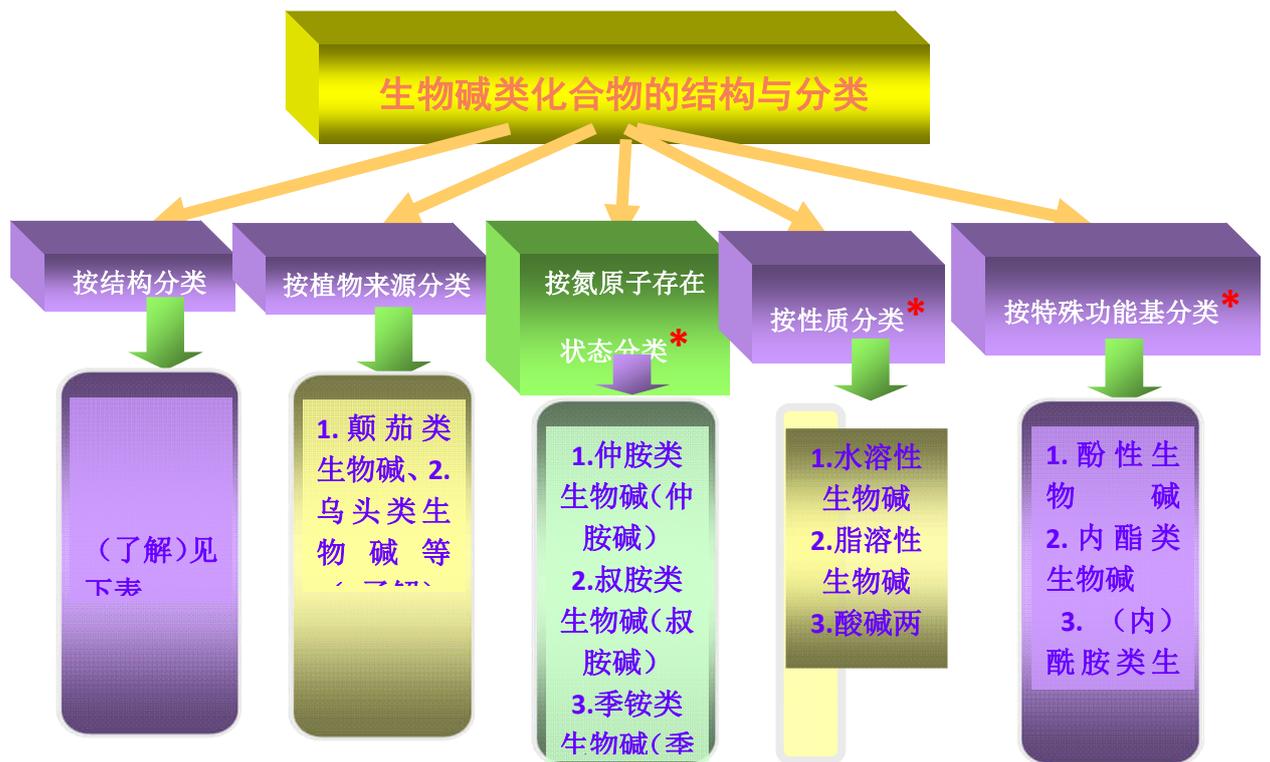
7.12.4 教学过程

1、生物碱的分类及其结构

生物碱的定义：一类含氮的有机化合物；多数具有较复杂的环状结构且氮原子在杂环内；多数具有碱性且能和酸结合生成盐；多数有较强的生理活性。

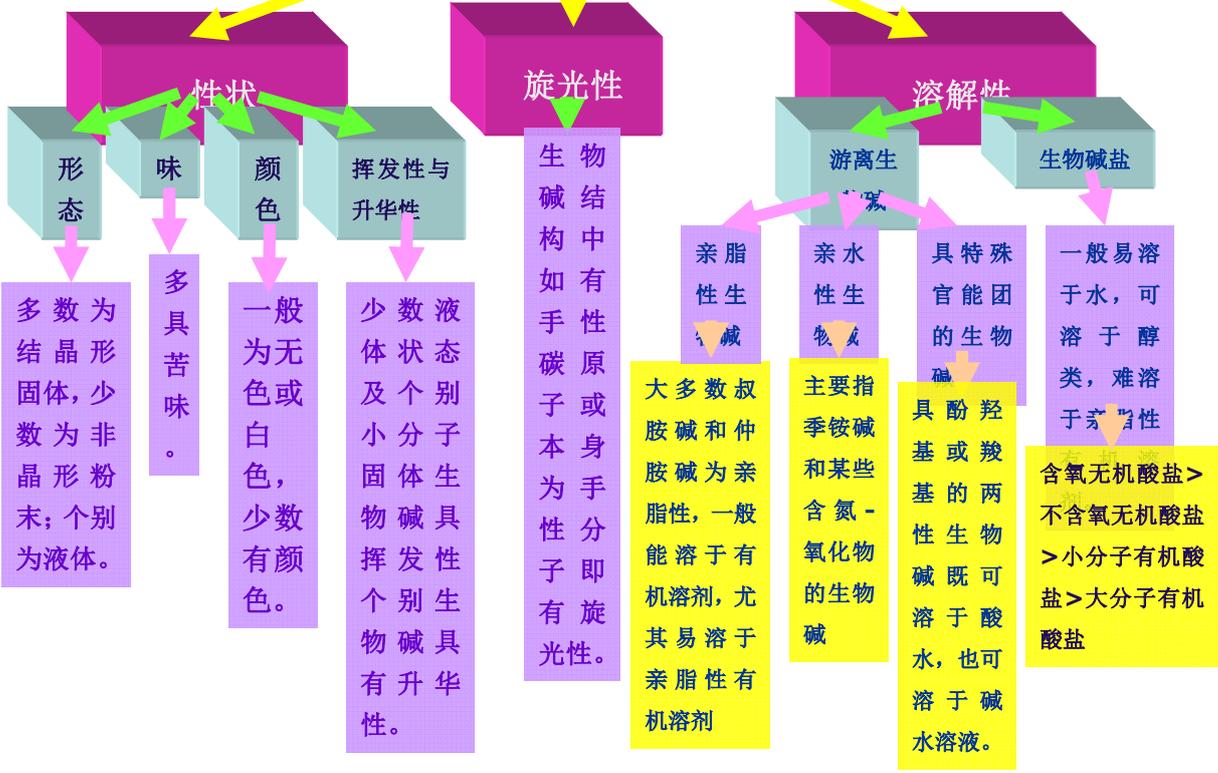
分布：主要存在于植物界，如：茄科、防己科、罂粟科、毛茛科等植物中。

存在形式：1. 游离碱：碱性极弱，以游离碱的形式存在；2. 成盐：有机酸（柠檬酸、酒石酸）；无机酸（硫酸、盐酸等）；3. 苷类：以苷的形式存在于植物中；4. 酰胺类：如秋水仙碱、喜树碱；5. N-氧化物：植物体中的氮氧化物约一百余种

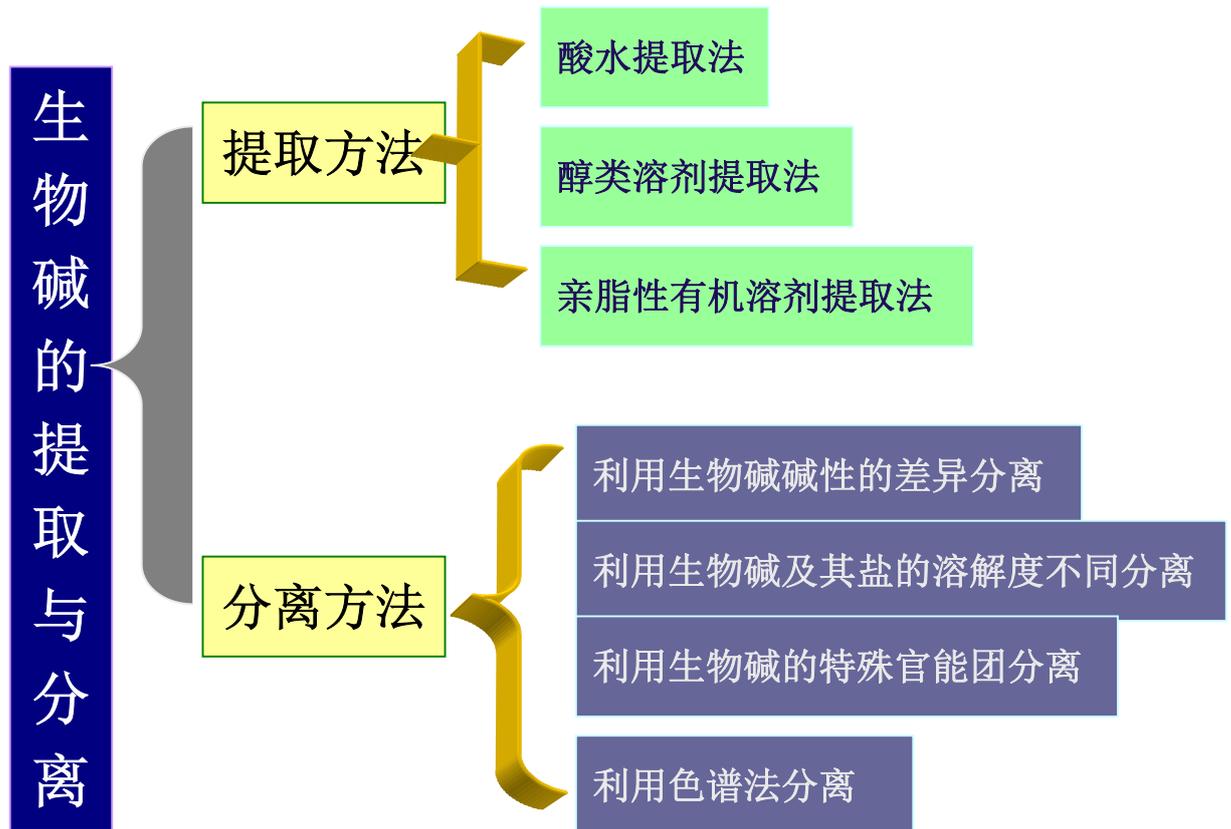


2、生物碱的理化性质

(二) 生物碱类化合物的理化性质



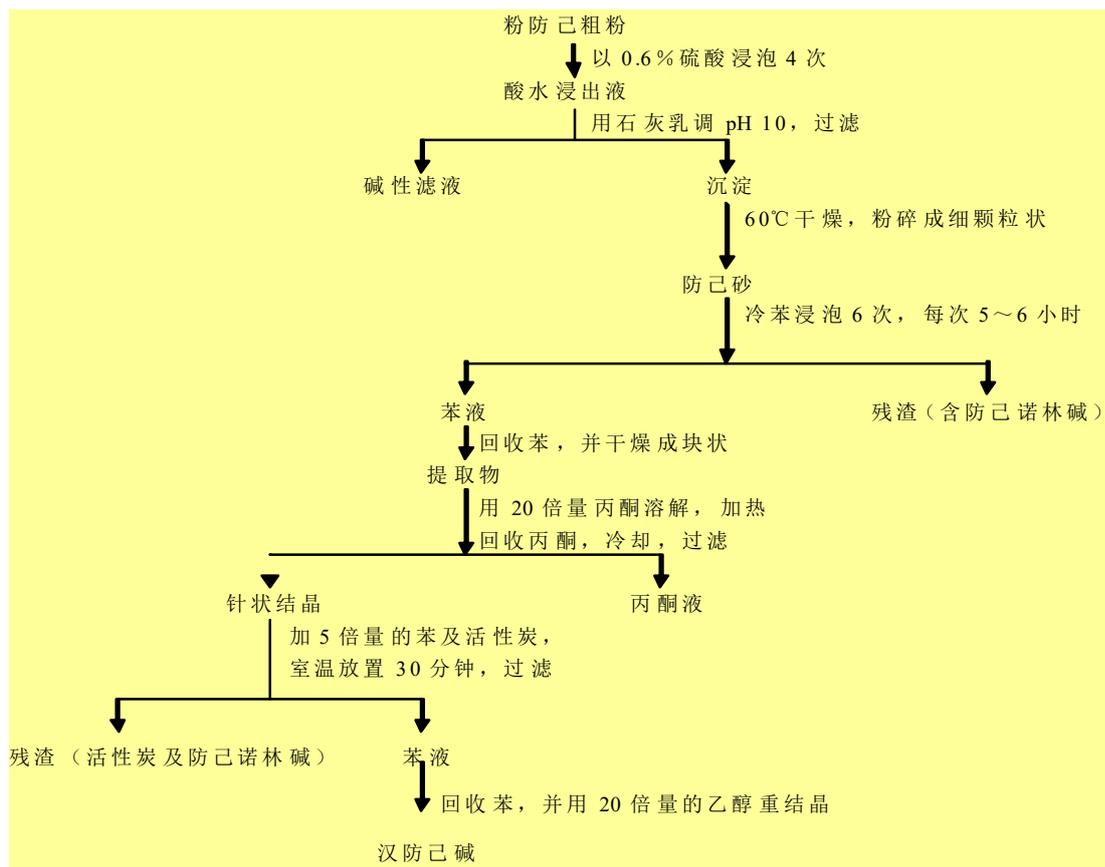
3、生物碱的提取工艺



4、生物碱提取分离实例

4、生物碱提取分离实例

防己中生物碱类成分的提取分离技术



7.12.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上，举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.12.6 作业安排及课后反思

思考题：生物碱有哪些理化性质？这些性质对其提取分离会产生什么影响？总生物碱的提取有哪些方法？各有什么优缺点？

7.12.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.13 教学单元十三：第四章 黄酮类化合物的分离

7.13.1 教学日期

第十六周周二的 7, 8 节

7.13.2 教学目标

通过本章学习，熟悉黄酮类化合物的主要结构类型及其成苷的特点，理化性质，提取分离的主要方法及原理。

7.13.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、黄酮类化合物的主要结构类型
- 2、黄酮类化合物的理化性质
- 3、黄酮类化合物提取分离的主要方法及原理

重点：黄酮类化合物提取分离的主要方法

难点：黄酮类化合物提取分离的原理

7.13.4 教学过程

1、概述

黄酮类化合物：以前，主要指基本母核为 2-苯基色原酮类化合物；现在，泛指两个具有酚羟基的苯环通过中央三碳原子相互连接而成的一系列化合物。

黄酮类化合物广泛存在于自然界，是一类重要的天然有机化合物。其不同的颜色为天然色素家族添加了更多的色彩。

黄酮类化合物多存在于高等植物及羊齿类植物中。苔类中含有的黄酮化合物为数不多，而藻类、微生物、细菌中没有发现黄酮类化合物的存在。

黄酮类化合物既可与糖成苷，又可以游离存在。

2、黄酮类化合物的生物活性

3、黄酮类化合物的理化性质

4、黄酮类化合物的提取与分离

(1)、提取

从植物中提取黄酮类化合物选择溶剂时需考虑：

a. 黄酮类化合物在植物中存在的形式：

b. 材料——植物的哪一部分

花、果、叶——多含苷

坚硬的木质部——苷元

c. 杂质的情况：原料中伴存亲脂性杂质，如叶绿素、油脂、甾体等。可先用石油醚处理除；原料中伴存的水溶性杂质，可用 EtOAc 或 *n*-BuOH 为溶剂，或用铅盐沉淀法提出黄酮类化合物。

(2) 精制、分离

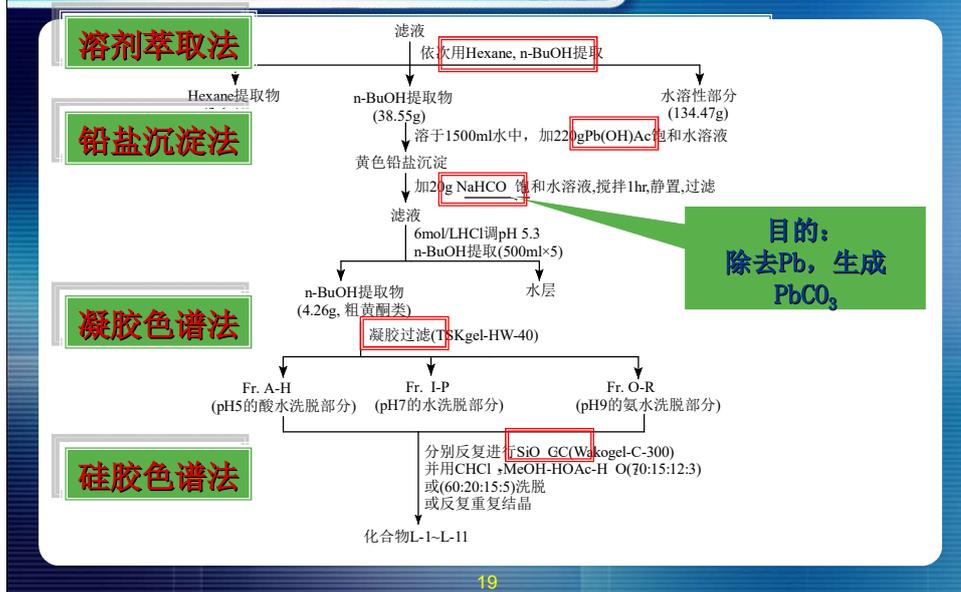
5、黄酮类化合物的检识

6、提取分离实例

从柠檬果皮中分离降血压有效成分

从柠檬果皮中分离降血压有效成分

提取分离实例1



7.13.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上, 举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.13.6 作业安排及课后反思

7.13.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.14 教学单元十四: 第五章 多糖

7.14.1 教学日期

第十六周周四 9, 10 节

7.14.2 教学目标

通过本章学习，熟悉多糖的相关定义及分类，常用提取分离方法及原理。

7.14.3 教学内容（含重点、难点）

- 1、多糖的相关定义及分类
- 2、多糖的常用提取分离方法及原理。

重点：多糖的常用提取分离方法

难点：

7.14.4 教学过程

1、概述

（1）糖的分类

（2）多糖的性质

2、多糖类药物的功能

3、糖类提取工艺特点

（1）、糖类的溶解性与性质鉴定

（2）、糖类的性质鉴定

a. 苯酚-硫酸法(棕色环试验法)：

试剂可与游离或多糖中的戊糖、己糖中的醛酸起显色反应。

测试：在样品溶液中加入苯酚，摇匀，再沿壁滴加浓硫酸，发现有棕色环出现，表明含有糖类化合物。

b. 蒽酮-硫酸法:

糖类化合物与硫酸发生脱水称糠醛及其衍生物, 然后与蒽酮缩合变成绿色物质。

c. 费林试剂反应:

具有还原性的糖可用将铜试剂还原称氧化亚铜红棕色沉淀

而多糖无还原性, 但在无机酸条件下, 水解成具有还原性的单糖;

可由此反应判断单糖还是多糖

4、糖类提取方法

(1) 天然多糖主要是从植物或农副产品中提取分离而得到的, 常用方法:

热水浸提法

酸碱浸提法

酶法

超声波提取法:

超临界萃取法

(2)、影响糖类提取的因素

5、糖类的分离

6、糖类提取实例

7.14.5 教学方法

在对概念加深理解和讲解的基础上, 举出一些实例让学生更深一步的加深对基本原理的理解

7.14.6 作业安排及课后反思

7.15 教学单元十五：第六章 萜类及挥发油

7.15.1 教学日期

第十七周周二 7, 8 节

7.15.2 教学目标

通过本章学习，熟悉萜类化合物的定义、挥发油的提取与分离方法。

7.15.3 教学内容（含重点、难点）

重点：挥发油的提取与分离方法

难点：

7.15.4 教学过程

一、概述

指能被水蒸气蒸馏出来与水不相溶，具有香味，易流动的油状液体的总称。挥发油所含成分比较复杂，一种挥发油中常常含有几十种到一、二百种香味成分。

二、挥发油的通性

(一)性状

(二)溶解度

脂溶性，不溶于水

易溶——石油醚、乙醚、二硫化碳、油脂等

(三)物理常数

(四)稳定性（氧化性）

三、挥发油的提取

(一)水蒸气蒸馏法

(二)浸取法

油脂吸收法、溶剂萃取法、超临界流体萃取法

用有机溶剂进行浸取——适用不宜用水蒸气蒸馏法提取的挥发油原料。

(三)冷压法

此法适用于新鲜原料，如桔、柑、柠檬果皮含挥发油较多的原料。

优点——保持原有的新鲜香味

缺点——可溶出原料中不挥发性物质。

如：柠檬油常溶出原料中的叶绿素，而使柠檬油呈绿色。

四、挥发油成分的分离

常用的分离方法有：

 冷冻处理

 分馏法

 化学法

 色谱法

五、挥发油成分的鉴定

(一)物理常数的测定——比重、旋光、折光等

(二)化学常数的测定

1. 酸价：指中和 1 克挥发油中的游离羧酸和酚性成分所需要的 KOH 毫克数。

2. 酯价：1 克挥发油中的酯水解时所需要 KOH 毫克数。

3. 皂化价：酸价 + 酯价，即 1 克挥发油所需 KOH 的总量。

(三)官能团的鉴定

(四)层析法的应用

六、挥发油提取分离实例

7.15.5 教学方法

7.15.6 作业安排及课后反思

7.15.7 课前准备情况及其他相关特殊要求

课前预习相关内容

7.16 教学单元十六：总结

7.16.1 教学日期

第十七周周四的 9，10 节

7.16.2 教学目标

总结，考试

8. 课程要求

8.1 学生自学要求

- 1、课前预习
- 2、上课时做好笔记，以备后续复习查阅
- 3、课后复习
- 4、认真对待课后作业，每次作业都是对所学知识的检验，不仅检验了运用知识的能力，更在很大程度上强化记忆，让自己能对所学知识有系统的认识。

8.2 课外阅读要求

课后可根据自己的兴趣适当的阅读与本课程相关的书籍、论著以及资料等。

9. 课程考核

9.1 出勤（迟到、早退等）、作业、报告等的要求

出勤：学生应遵守《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（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。如确因有事需要请假，请在授课前提交请假条。

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。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分钟以上的同学算缺席1次；1次无故早退的同学算缺席1次。

9.2 成绩的构成与评分规则说明

该门课程为考查课，课程成绩构成及评分规则按《天然产物分离制备技术》教学大纲规定执行，即按平时成绩100%评定课程成绩。平时成绩由作业（40%）和期末开卷考试（60%）两部分组成。其中作业包括课堂作业和课后作业。课堂作业占30%权重，课后作业占70%权重计算总平时成绩，按100%总平时成绩评定为课程成绩，课程成绩采用优、良、中、及格、不及格记录。每一次作业根据同学完成情况给出等级分数，未交者该次作业按等级“E”计，补交作业按等级“D”计。若存在出勤扣分，平时成绩为先按出勤不扣分的情况计算的平均分，然后再依出勤扣分标准计算最终平时成绩。

10. 学术诚信

考试作弊、协助他人作弊、杜撰数据信息、抄袭（包括抄袭他人作业、抄袭教辅资料答案）、学术剽窃等皆视为违反学术诚信，学术诚信问题零容忍，学生抄袭或其他欺诈行为一经证实，将按四川轻化工大学相关的管理规范要求执行。

11. 课堂规范

- 1、准时上下课，不得迟到和早退。
- 2、上课期间禁止使用手机

- 3、上课时学生要衣着整齐，专心听讲，认真记笔记
- 4、教师提问学生时，学生必须起立回答，学生遇问题需问教师时，应举手示意，经教师同意后起立发问。
- 5、上课期间，无关人员一律不得进出教室，或在课堂内逗留。
- 6、教室内必须保持整齐洁净
- 7、在教学楼内应保持安静，不得在走廊和教室内高声喧哗以及做有碍上课和自习的活动。
- 8、同学之间要互相谦让，互相照顾，不得抢占座位。
- 9、自觉爱护教室内的物品。

12. 课程资源

12.1 教材与参考书

本课程使用教材：

徐怀德，天然产物提取工艺学，北京：中国轻工业出版社，2011

12.2 参考书

1. 刘成梅，游海，天然产物有效成分的分离与应用，北京：化学工业出版社，2003
2. 毛忠贵，生物工程下游技术，北京：中国轻工业出版社，2000
3. 元英进，刘明言，董岸杰，中药现代化生产关键技术，北京：化学工业出版社，2002
4. 王俊儒，张继文，天然产物提取分离与鉴定技术，北京：高等教育出版社，2006
5. 再帕尔 · 阿不力孜，天然产物研究方法和技术，北京：化学

工业出版社，2010

6. K. 霍斯泰特曼, M. P. 古普塔, A. 马斯顿等, 赵维民, 王罗医, 吴剑 (等译), 生物活性天然产物分离策略手册, 北京: 科学出版社, 2010

7. 程健, 申文忠, 刘以红, 天然产物超临界 CO₂ 萃取, 北京: 中国石化出版社

8. 葛发欢, 中药超临界二氧化碳萃取技术研究, 中国医药科技出版社, 2014

9. 任生, 赵维民, 叶阳, 天然产物活性成分分离, 北京:, 科学出版社, 2012

10. 戴好富, 梅文莉, 天然产物现代分离技术, 北京: 中国农业大学出版社,

11. 赵余庆, 中药及天然产物提取制备关键技术, 中国医药科技出版社, 2011

12. 王振宇, 卢卫红, 天然产物分离技术, 北京: 中国轻工业出版社, 2012

13. 陈玉昆, 生物碱类天然药物的提取及生产工艺, 科学出版社, 2009

12.3 专业刊物

中国科学院成都文献情报中心, 天然产物研究与开发

13. 教学合约

13.1 我已经认真阅读了《传递过程》课程实施大纲, 并理解其内容。

13.2 我同意遵守课程实施大纲中阐述的标准和期望

14. 其他说明

如果同学们有对本课程实施的意见和建议，欢迎大家提出，或对你自己做更多介绍，以便我对你有更多了解。