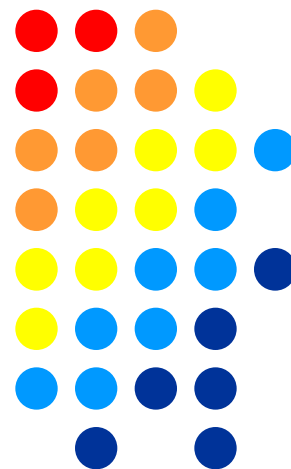
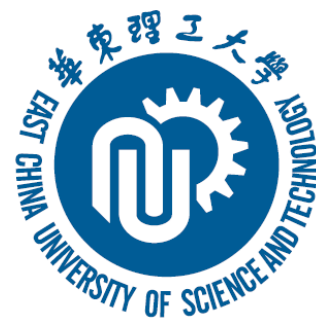
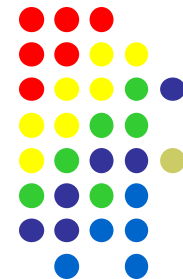


分离分析化学

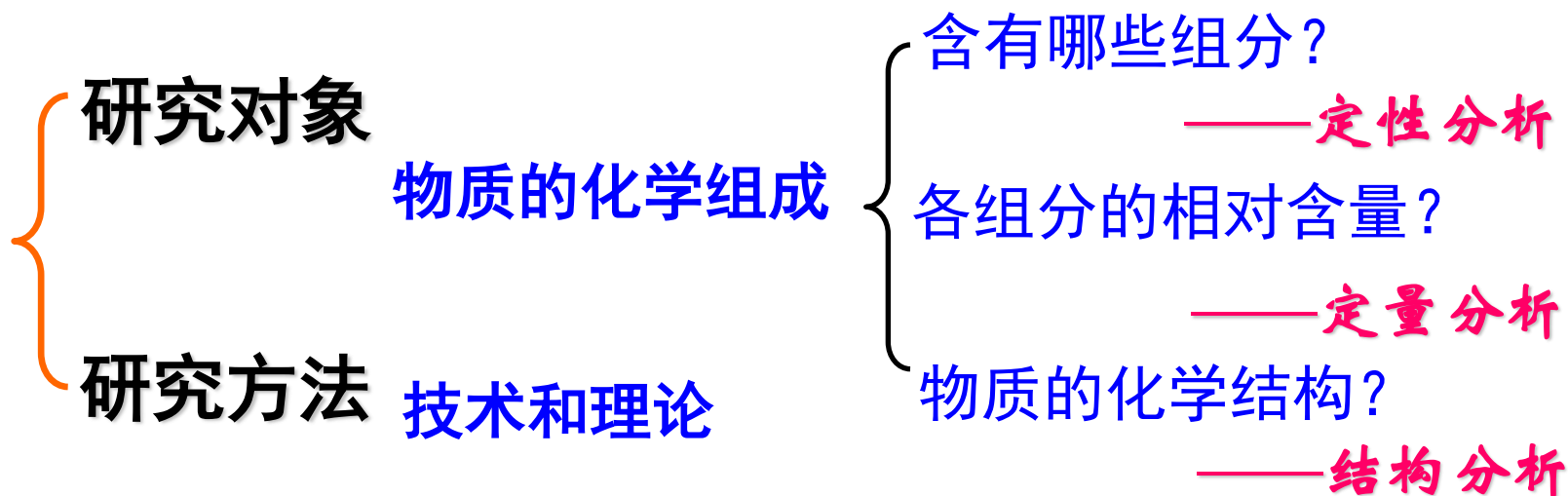
第1章 绪论





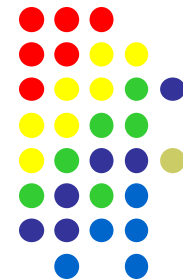
1.1 分离科学

- **分析化学：** 研究物质的化学组成、含量、结构



- **本课程内容——分离技术**

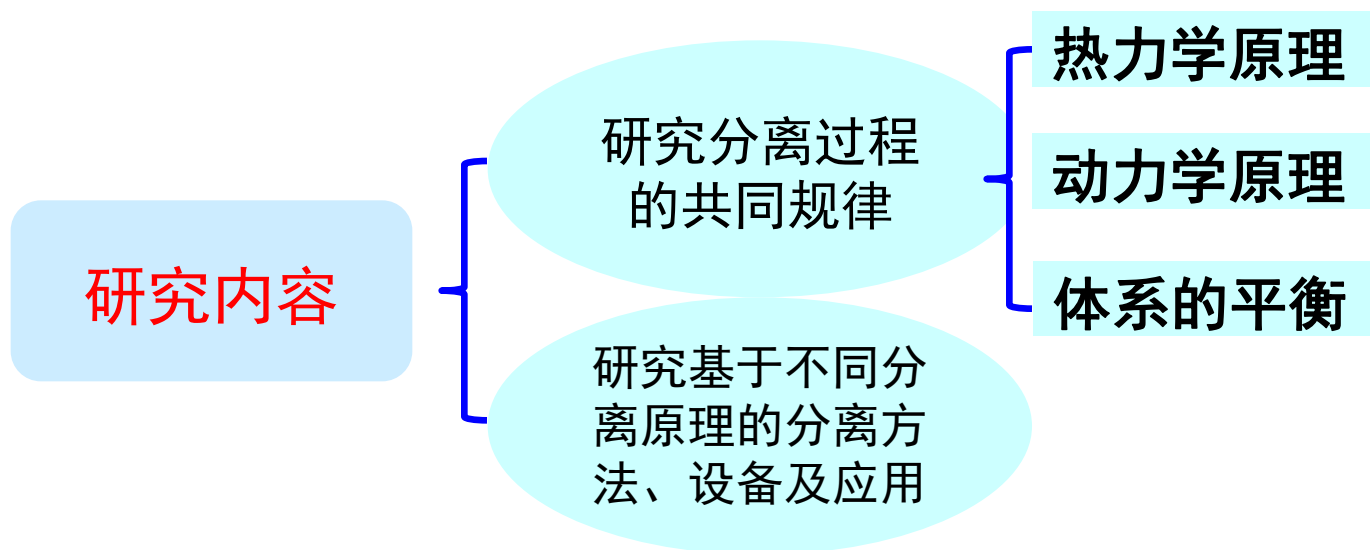
Separation Technology in Analytical Chemistry

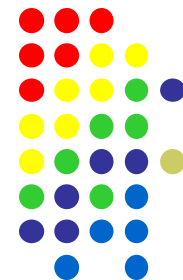
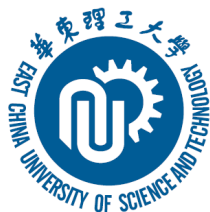


1.1 分离科学

分离科学：研究分离、富集和纯化物质的一门学科。

研究被分离组分在空间移动和再分布的
宏观和微观变化规律的一门学科。





1.1 分离科学

分离的目的：

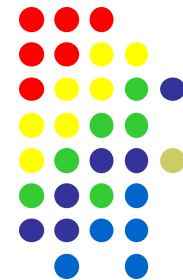
1. 将干扰组分与被测组分分离，消除干扰，提高分析方法的选择性；
2. 如果分析物中被测组分的含量低于分析方法的检测限，就要通过分离富集对组分进行浓缩，以满足分析方法的灵敏度，达到检测限；
3. 获得单一纯物质。

分离的形式：

1. 组（簇）分离：性质相近的一类组分从混合物中分离；
2. 单一分离：以纯组分形式分离某些组分

特点： 分离对象种类繁多；分离的目的各不相同；

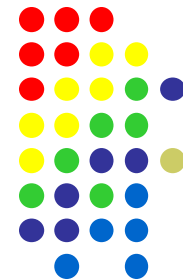
分离规模差异很大；分离技术形形色色；应用领域极为广泛。



最佳分离方法始终是我们追求的目标！

- 最佳分离因子
- 最纯的产物
- 消耗最少的能量、试剂和时间
- 最简单的设备
- 最简单的操作流程

如何实现？ 热力学， 动力学



1.2 分离过程

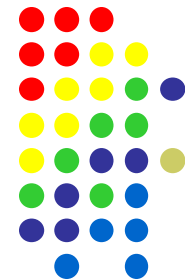
分离过程的本质：

例1. 蔗糖-水：溶解（自发混合），
蒸发制糖（分离，需做功）；

例2. 油-水：溶解难，做功能混合乳化，
放置油水自然分离；

例3. Fe^{3+} 、 Ti^{4+} 的6M盐酸溶液混合均匀，该溶液与乙醚混合后分层， Fe^{3+} 被萃取到乙醚层。



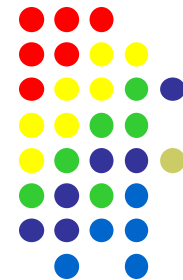


1.2 分离过程

如何判断能否自发进行？

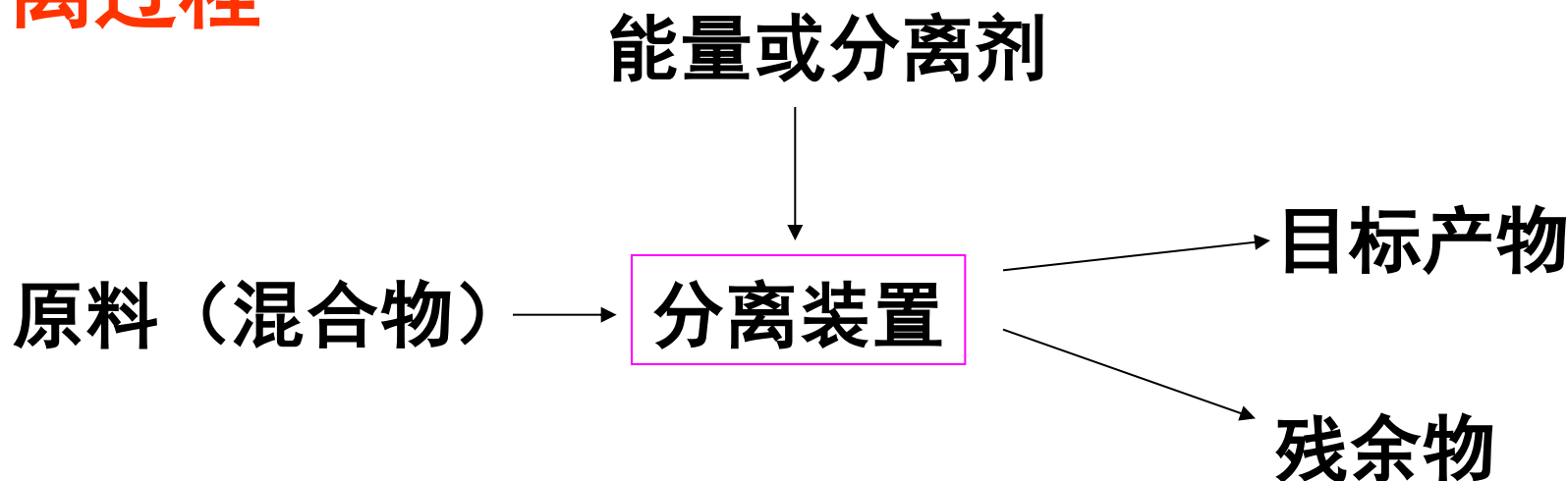
$$G_{\text{总}} = \text{势能} + \text{熵} = \mu_i + RT \ln \alpha_i$$

- 势能包括各种化学相互作用。
- 均相体系只存在浓度差，熵效应驱使体系自发混合形成均匀体系。
- 非均相体系除浓度差外，还存在相互作用（势能），组分趋向分配在低势能相。
- 混合或分离过程中体系总自由能降低，则混合或分离可以自发进行。

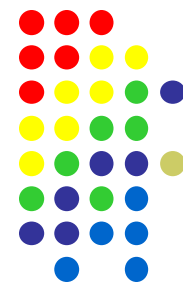


1.3 分离方法

分离过程



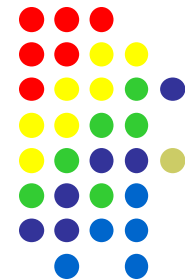
能够分离，物质的物理、化学、或生物学性质必有差异。



1.3 分离方法

常用于分离的物质性质

物理	力学	密度、摩擦因素、表面张力、质量、尺寸
	热力学	熔点、沸点、蒸气压、溶解度、分配系数、吸附
	电磁	电导率、介电常数、迁移率、电荷、淌度、磁化率
	输送	扩散系数、分子飞行速度
化学	热力学	反应平衡常数、化学吸附平衡常数、离解常数、电离电势
	反应速率	反应速率常数
生物学		生物亲和力、生物吸附平衡、生物学反应速率常数



1.3 分离方法

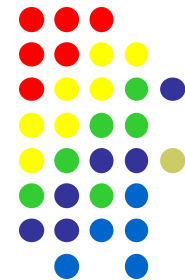
分离方法的分类：

1. 按分离物质的性质不同：

物理分离法： 离心、电磁分离等物理手段

化学分离法： 沉淀、萃取、色谱、选择性溶解

物理化学分离法： 蒸馏、挥发、电泳、膜分离、
区带熔融等



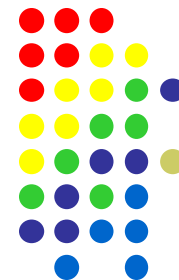
1.3 分离方法

2. 按分离过程的本质不同:

平衡分离过程: 分配系数差异

速度差分离过程: 外加能量, 强化梯度场如重力、压力、温度、浓度、电位等梯度

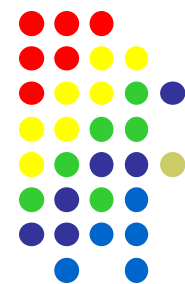
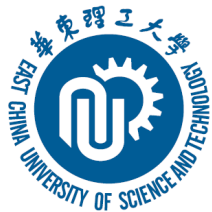
反应分离过程: 外加能量或化学试剂, 促进化学反应达到分离。



1.3 分离方法

常见平衡分离方法

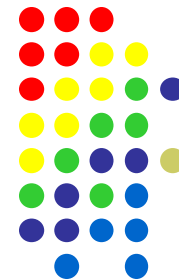
第二相	第一相			
	气相	液相	固相	超临界流体相
气相		汽提、蒸发、蒸馏	升华、脱附	
液相	吸收、蒸馏	液-液萃取	区带熔融、固相萃取	超临界流体吸收
固相	吸附、逆升华	结晶、吸附		
超临界流体相		超临界流体萃取		



1.3 分离方法

速度差分离方法：

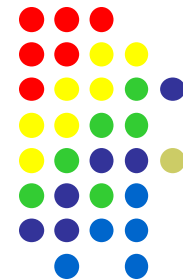
能量种类 场			热能	化学能	机械能			电能
					压力	重力	离心力	
均匀空间	真空		分子蒸馏	分离扩散		沉降	超速离心 旋风分离	质谱、电集尘
	气相		热扩散				旋液分离 离心	电泳
	液相					浮选	超速离心	磁力分离
非均匀空间	多孔滤材	气相			气体扩散 过滤集尘			
		液相			过滤	过滤	离心过滤	
	多孔膜	凝胶	渗透汽化	透析	气体透过			电泳 ¹³
		固相			反渗透			电渗析



1.3 分离方法

反应分离方法：

反应体	类型	反应类型	分离方法
有	再生型	可逆或平衡交换反应	离子交换、螯合交换、反应萃取、反应吸收
	一次性	不可逆反应	反应吸收、反应结晶、中和沉淀、氧化、还原（化学解析）
	生物体	生物反应	活性污泥
无		电化学反应	湿式精炼



1.4 分离方法的评价

- 回收率

$$R = \frac{Q}{Q_0} \times 100\%$$

R 回收率
 Q 实际回收量
 Q_0 理论回收总量

1%以上常量组分:

$R > 99\%$

痕量组分:

$R > 90\%$ 或 95%

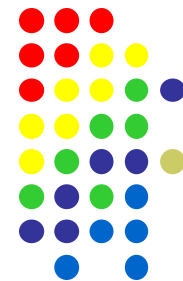
- 分离因子

$$S_{A,B} = \frac{R_A}{R_B} \times 100\%$$

A 为目标组分

B 为共存组分

1.5 分离技术展望



分离科学与技术新的发展趋势

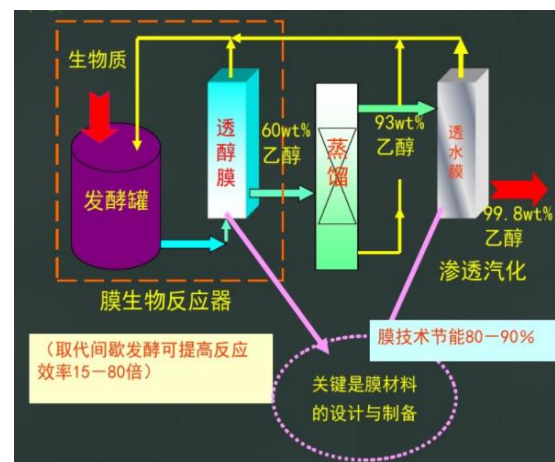
(1) 绿色化工

运用环保的理念，推行源消减、进行生产过程的优化集成，废物再利用与资源化，从而降低成本与消耗，减少废弃物的排放和毒性，减少产品全生命周期对环境的不良影响。

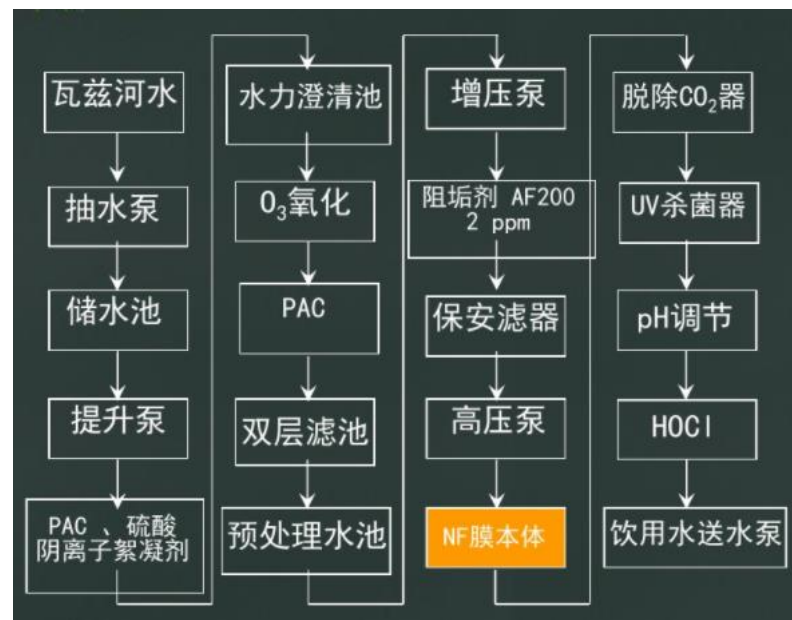
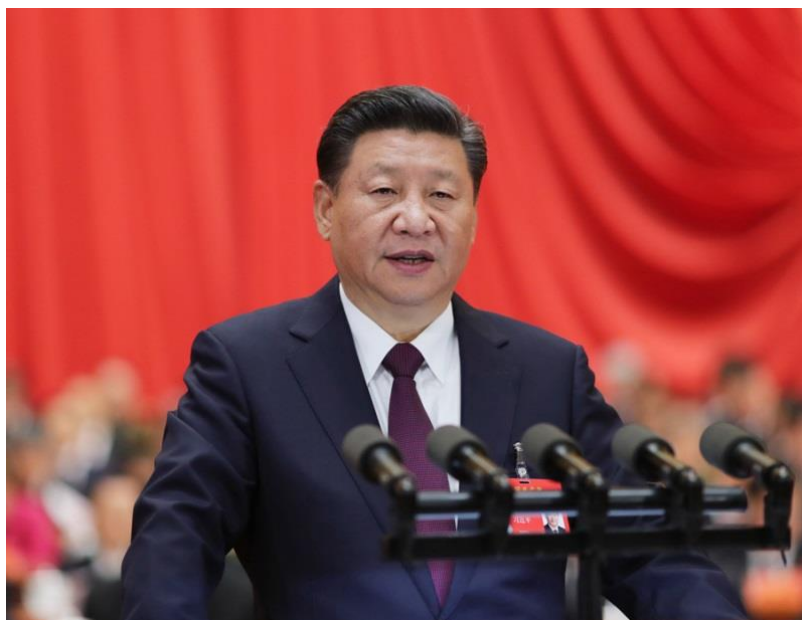


(2) 分离过程集成化

通过反应过程与分离过程、分离过程与分离过程等集成，达到提高产品收益率、降低过程能耗和增加生产收益。



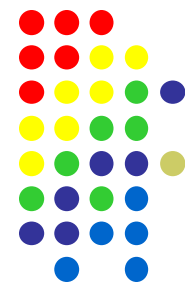
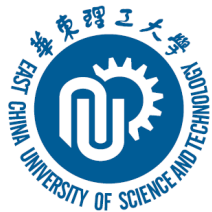
(3) 环境生物分离技术



绝不能以牺牲生态环境为代价换取经济的一时发展

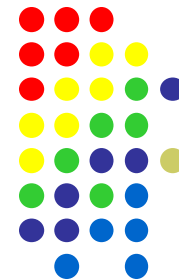
既要金山银山,又要绿水青山

绿水青山就是金山银山



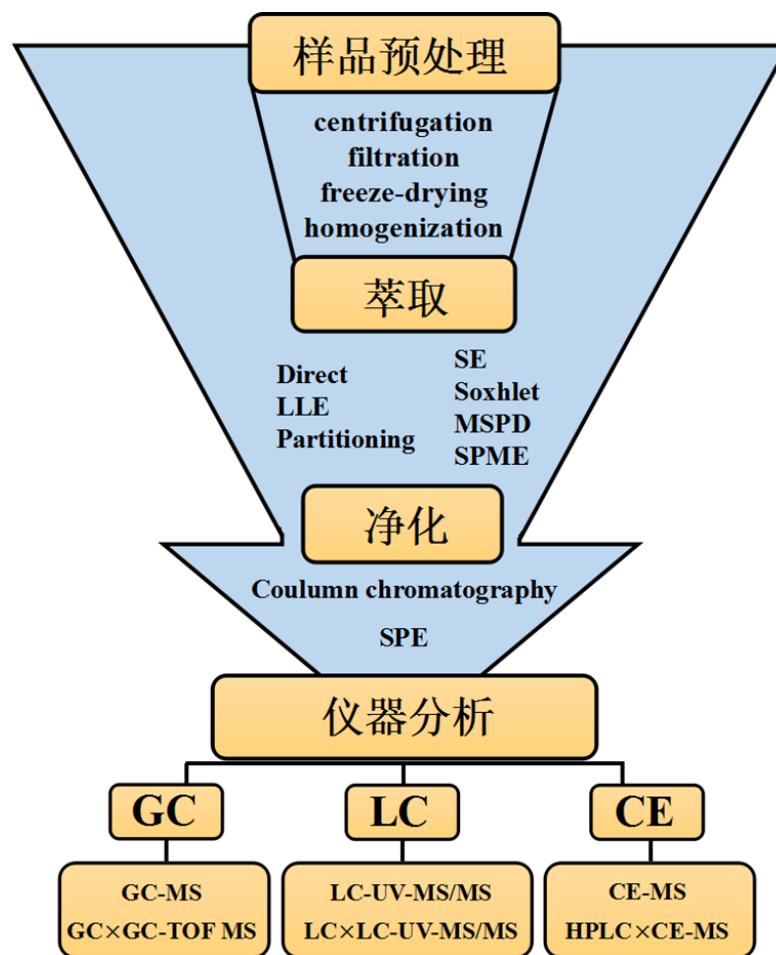
1.5 分离技术展望

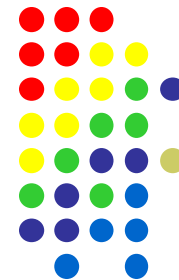
1. 经典分离富集技术在理论和实践上不断完善
2. 某些分离方法，如色谱，应用广发展最快
3. 各种分离技术相互渗透，发展新的富集方法
4. 发展化学形态分析的分离富集方法
 - 分子印迹分离技术
 - 超临界流体萃取技术
 - 固相微萃取技术
 - 流动注射在线预富集
 - 微孔滤膜分离技术
 -



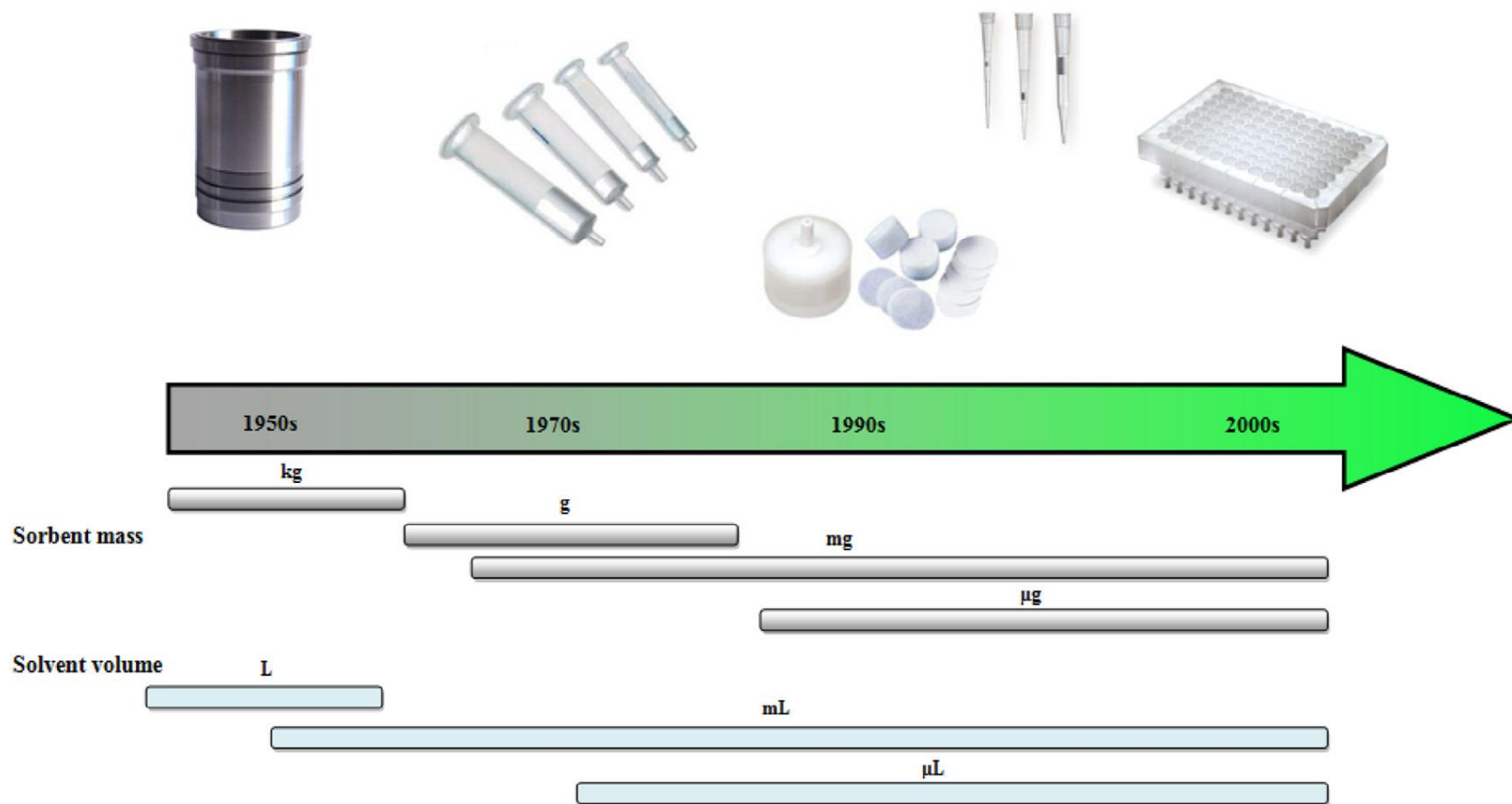
例：生物医药对分离分析化学的要求——机遇与挑战

- 复杂生物体系和制药工业中有大量需要定性和定量的目标分析物，如氨基酸、药物、代谢物、生物标记物、杂质、降解产物等，它们存在于各种不同的基体中，包括合成反应、生物流、微生物代谢过程等。各种色谱分析技术正以集成的方式应用于解决制药工业和生物技术中棘手的分离难题，以实现复杂基体中目标物质的高效分析。

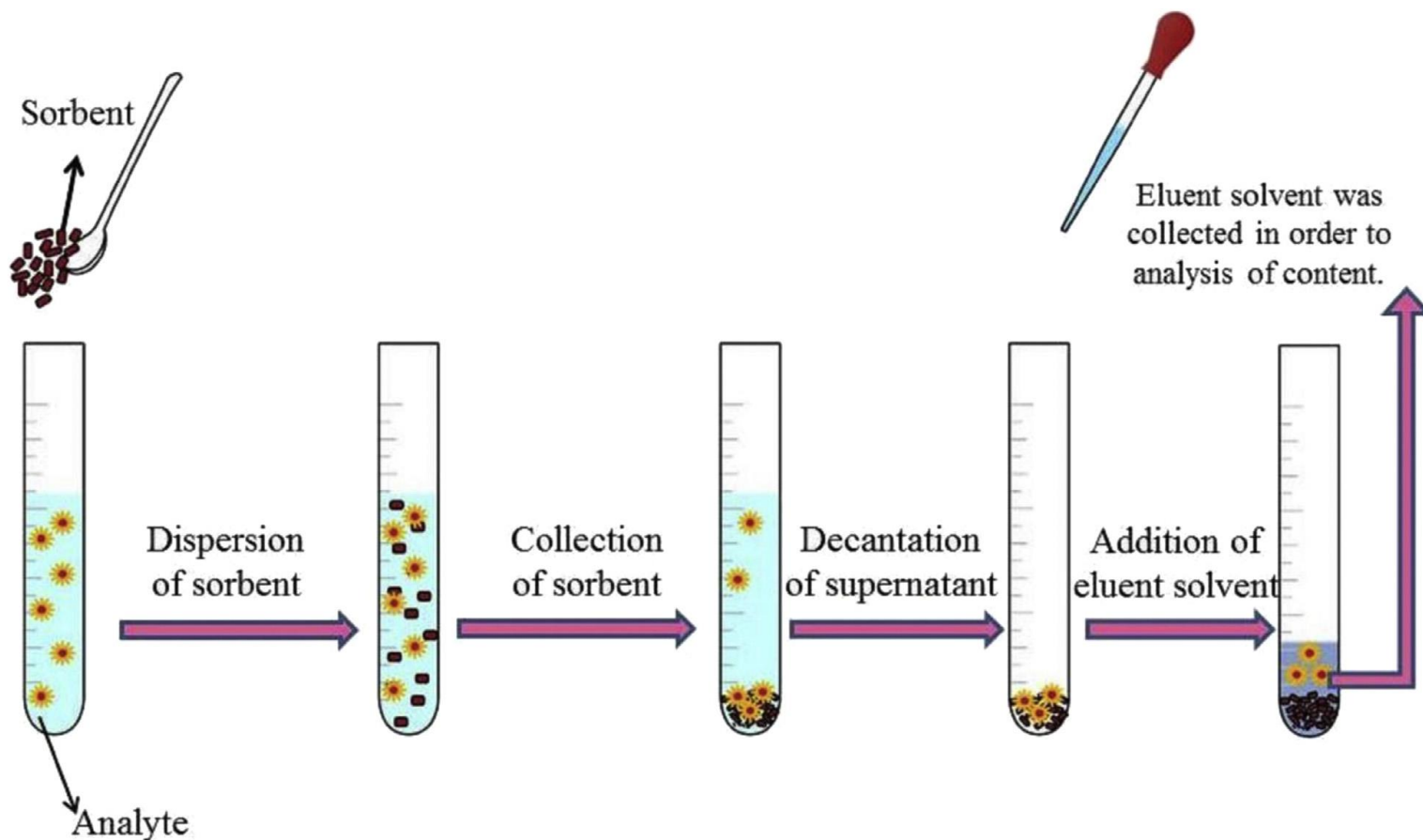
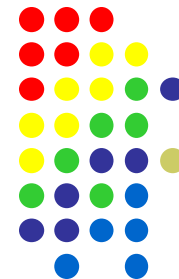




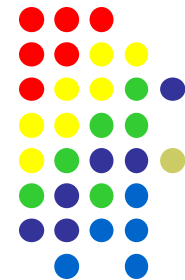
例：固相萃取和固相微萃取技术的发展



The milestones in the development of methodological solutions contributing to an improvement in the green nature of the sample preparation step.



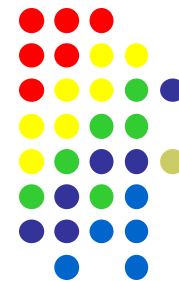
Development of dispersive micro-solid phase extraction based on micro and nano sorbents



例：色谱——研究最活跃、发展最快的分离技术

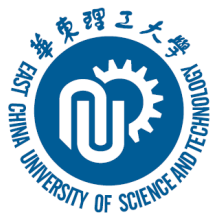
以生命科学、天然产物、环境科学等领域中复杂样品的分析为切入点，取得了重大进展：

- 在高效富集分离新材料方面
 - 在微尺度生物分离分析方面
 - 在多维色谱与联用技术方面
 - 在创新仪器与装置方面
- ✓ 针对目前国家对人口健康、环境资源等领域的重大需求，将上述新材料、新技术、新方法和新装置，应用于蛋白质组学、代谢组学、中医学和天然产物等领域复杂体系的分析，显著提高了样品的分离能力、检测灵敏度和分析通量。

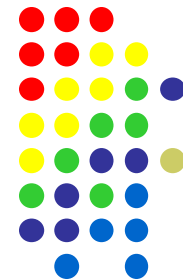


如果我比其他人看得远些，那是因为我是站在巨人的肩膀上——牛顿

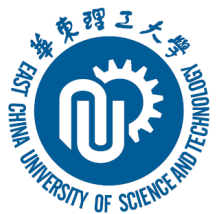




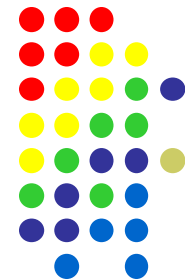
章节



- 试样的采取、处理和分解
- 沉淀分离法
- 萃取分离法
- 色层分析法
- 离子交换分离法
- 膜分离法
- 电泳法
- 分离方法的选择



课程要求



学习要领：掌握重点，融会贯通

小论文：

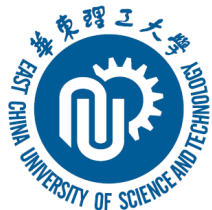
字数：5000字以上

格式：华东理工大学学报格式

题目，中英文摘要，正文，参考文献

时间：第10周之前

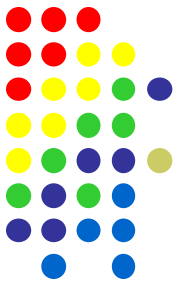
列举一个得益于分离科学的实例，分析解决这个分离问题时可以采用哪几种分离方法，这些分离方法分别依据被分离物质的哪些性质和原理？



教材



分离分析化学（第二版）	张文清主编	华东理工大学	2016年
现代分离方法与技术（第二版）	丁明玉	化学工业出版社	2012年
《Separation Process Principles》 3rd edition	D. Seader Ernest J. Henley D. Keith Roper	John Wiley & Sons	2010年



分离分析化学（第二版）

第一章 要求

- 自学
- 书后习题： P24 1-6