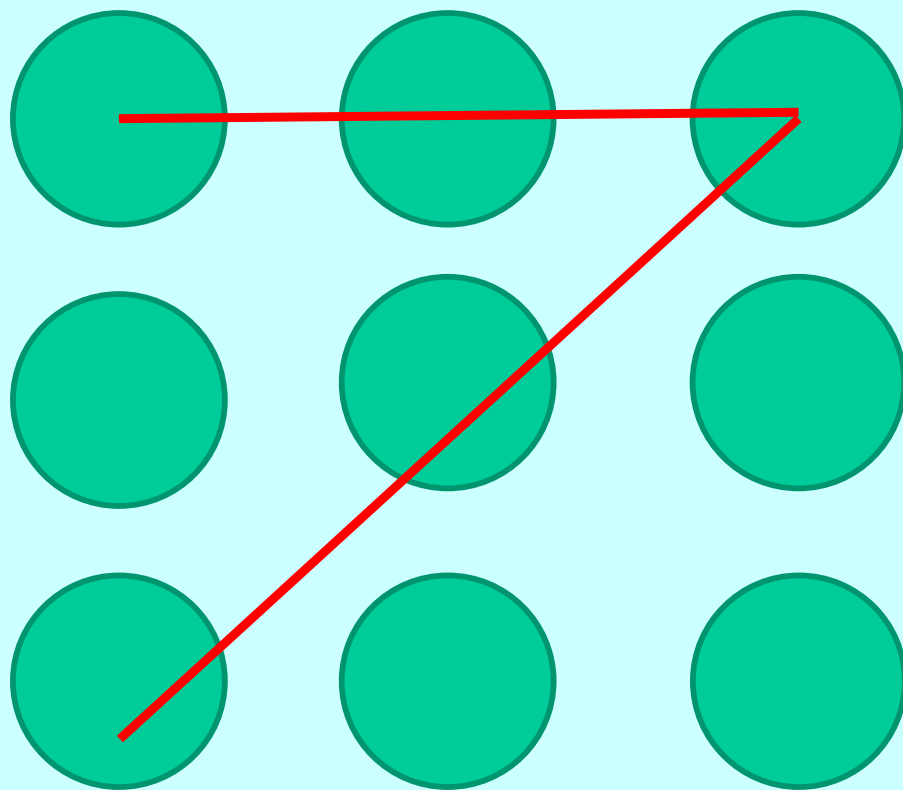


手势签到



复习

问题：间歇精馏过程的特点

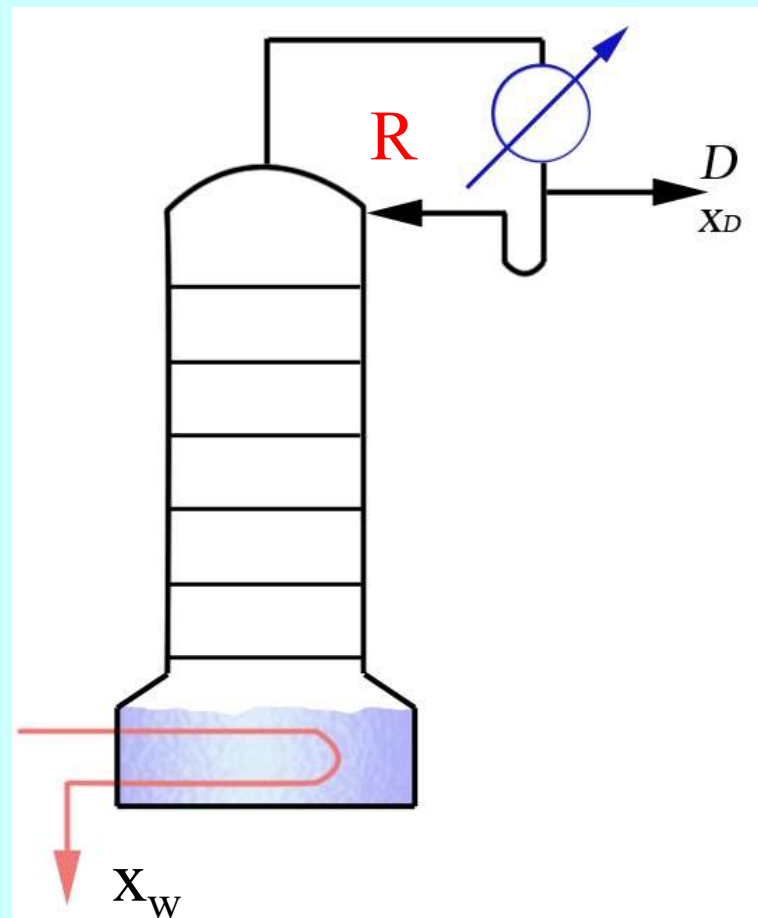
(1) 过程非定态

x_W 不断下降。

- ✓ 若 R 不变，则 x_D 不断下降；
- ✓ 要提高 x_D ，则 R 必须增大。

(2) 无提馏段

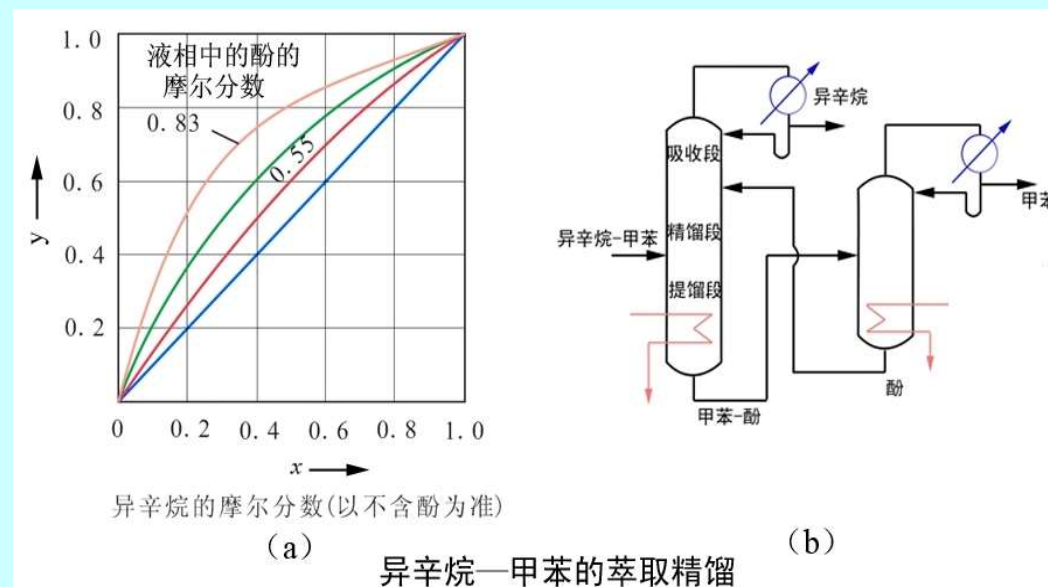
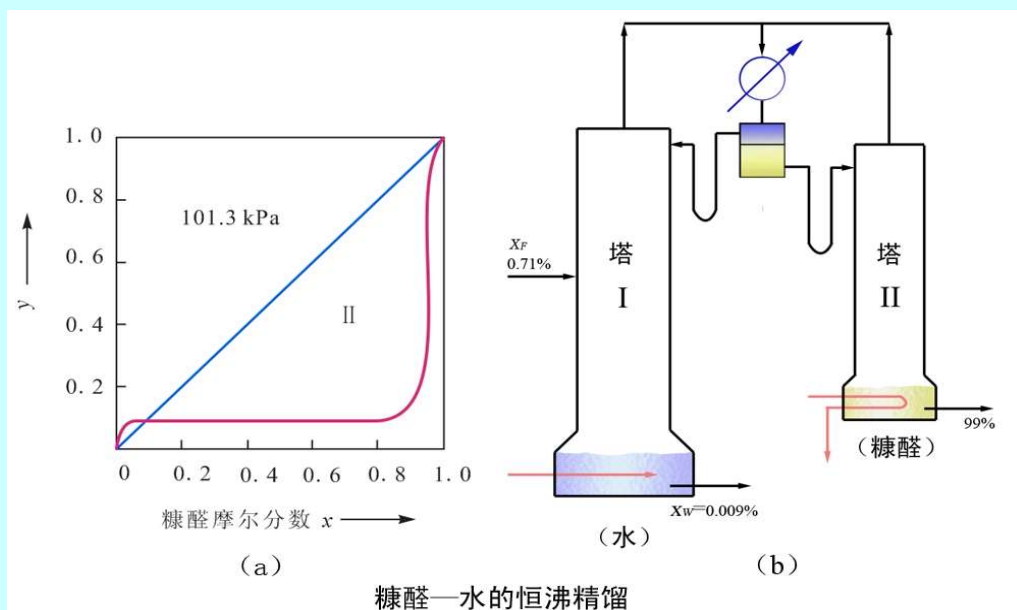
获得 x_D, x_W 一定的产品，
能耗大于连续精馏。



问题：对于 $\alpha=1$ 的体系，如何进行精馏分离？

对于 $\alpha=1$ 的体系，不能用普通精馏方法分离

可以采取萃取精馏或者恒沸精馏。



第三组分和原溶液中的一种组分形成最低恒沸物，从塔顶馏出。

第三组分仅改变组分间的相对挥发度，随重组分从塔底排出。

萃 取

1、液液萃取目的和依据

目的：液体混合物分离。

依据：液体混合物各组分在某种溶剂中溶解度的差异。

2、实施工业过程须解决的问题：

- (1) 选择一合适的萃取剂；
- (2) 提供优良的萃取设备；
- (3) 完成萃取相、萃余相的脱溶剂。

3、萃取剂的选择

要求

- 1、对溶质溶解能力强
- 2、选择性高（**B**与**S**互溶度越小越好）
- 3、在混合液中的溶解度要小
- 4、萃取剂易于回收
- 5、萃取相与萃余相密度差异大

请同学们比较选择萃取剂和吸收剂的特点

4、两相的接触方式

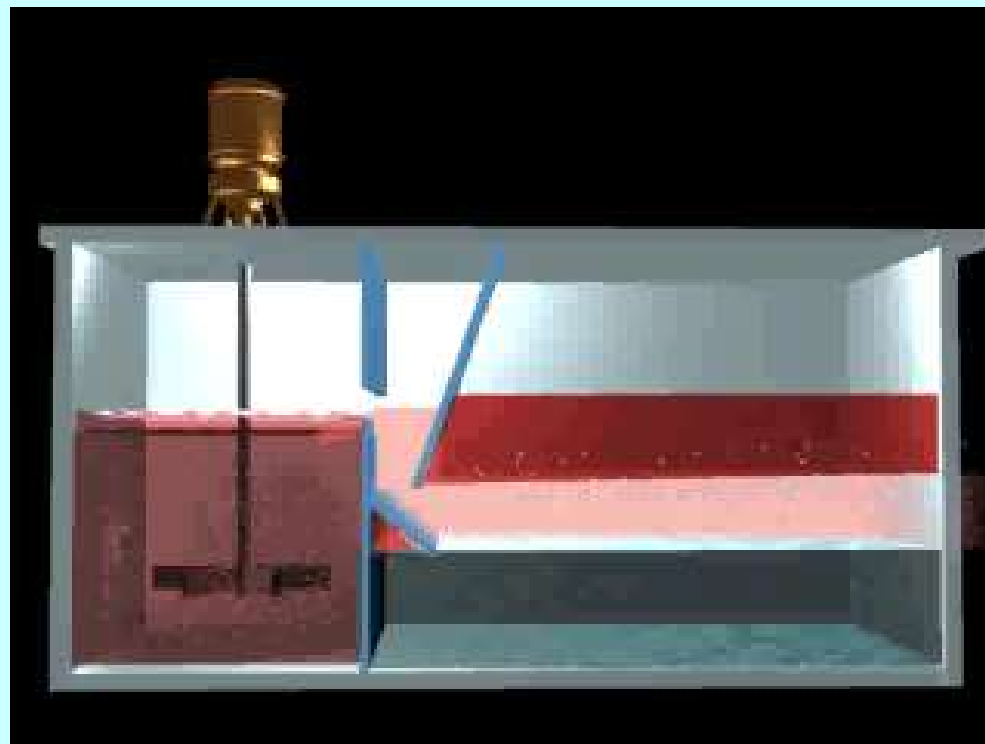
① 微分接触



喷洒萃取塔

② 级式接触

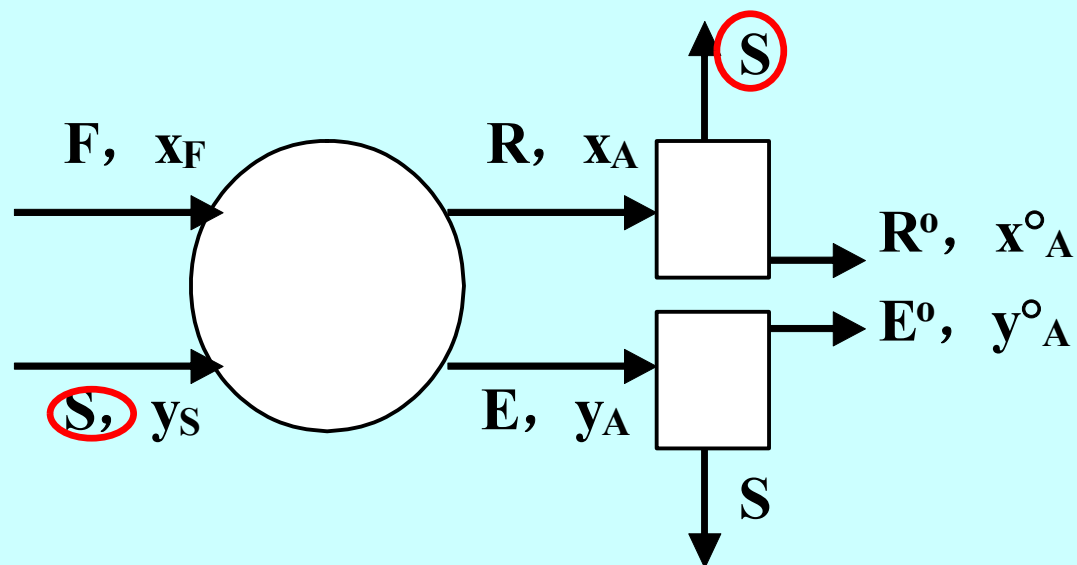
单级连续萃取



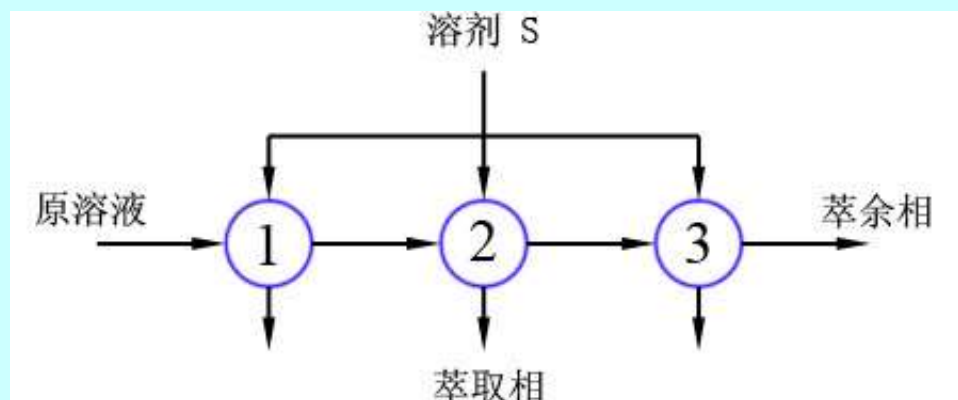
单级混合沉降槽

5、萃取方式

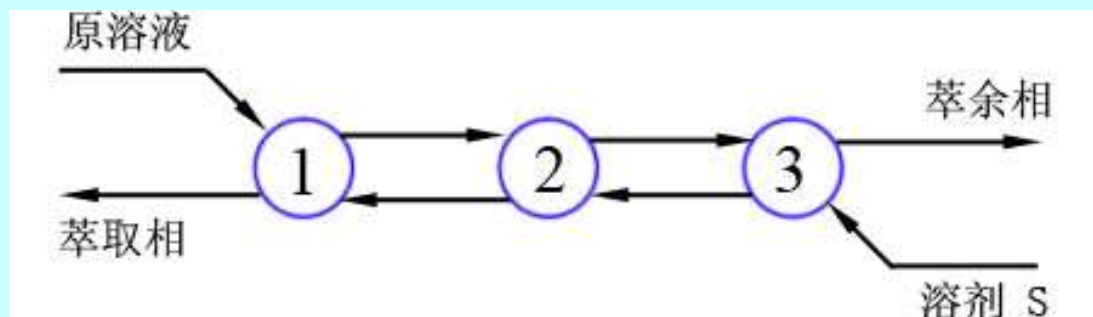
单级萃取



多级错流萃取



多级逆流萃取

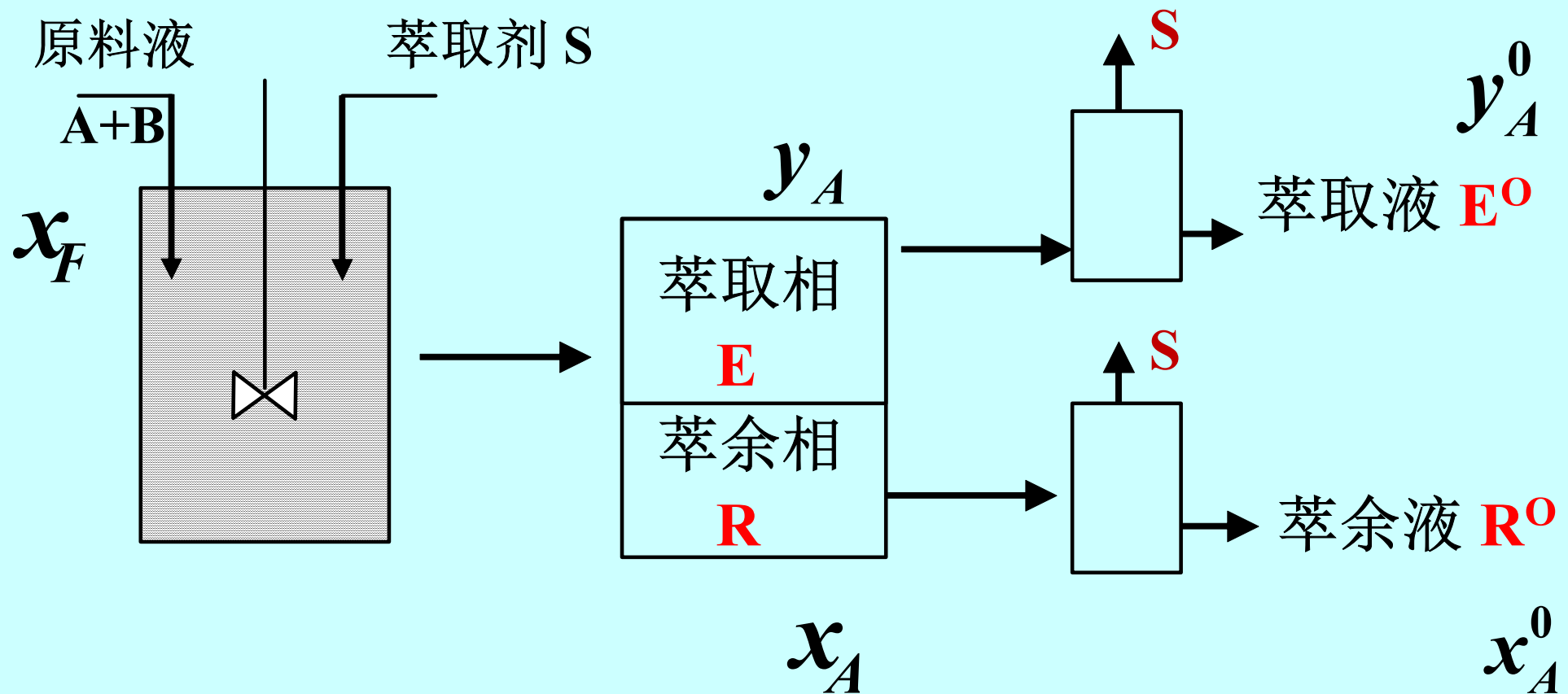


问题1

请详细写出萃取过程（单级萃取）

萃取相**E**，萃余相**R**，含有**S**

组成分别用 y_A 、 x_A 表示



萃取液**E⁰**，萃余液**R⁰**，去除**S**

组成分别用 y_A^0 、 x_A^0 表示

问题2

请讲解液液相平衡关系及相图

- ✓ 如何查取浓度
- ✓ 如何表示混合、分离过程
- ✓ 如何定量计算
- ✓ 什么是混合液的和点和差点

二、液液相平衡关系及相图

1、三角形相图及其应用

✓ 查取浓度

①顶点代表纯组分

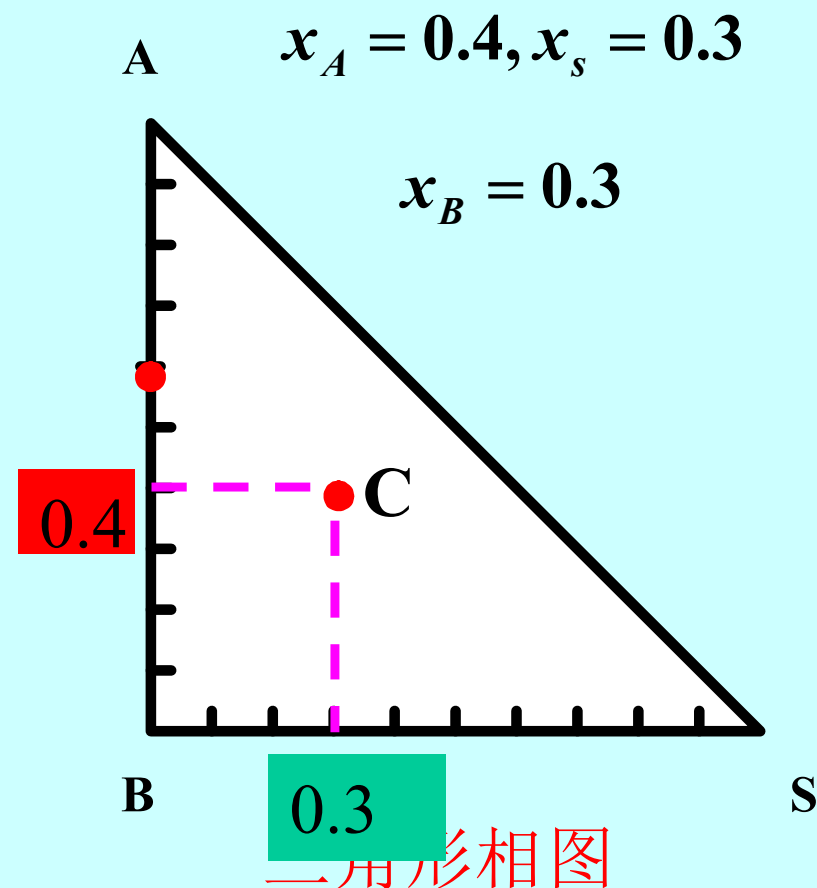
②每条边代表二元溶液

③相图中的点代表三元溶液

$$x_A + x_B + x_S = 1$$

x_i 均为质量分率

◆ 读出C点的各组分的组成



1、 三角形相图及其应用

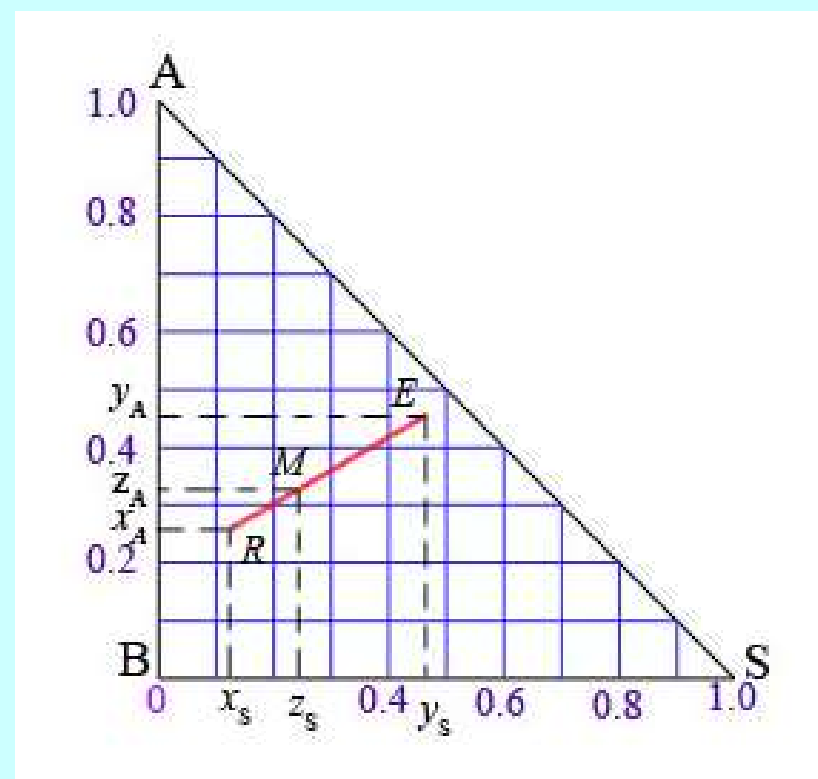
混合物的和点和差点

M 为 R 与 E 的和点

R 为 M 与 E 的差点

E 为 M 与 R 的差点

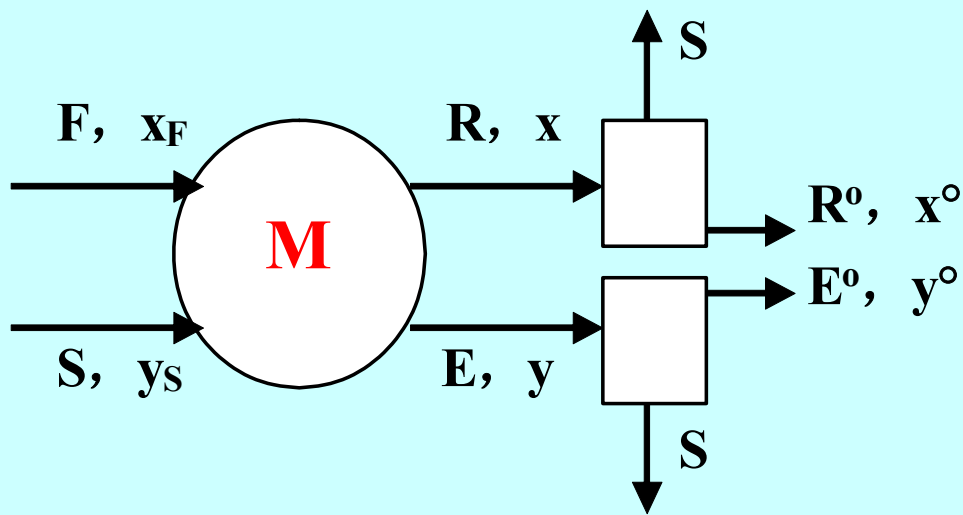
$$\frac{E}{M} = \frac{\overline{MR}}{\overline{RE}}$$



溶液组成的表示方法

1、三角形相图的应用

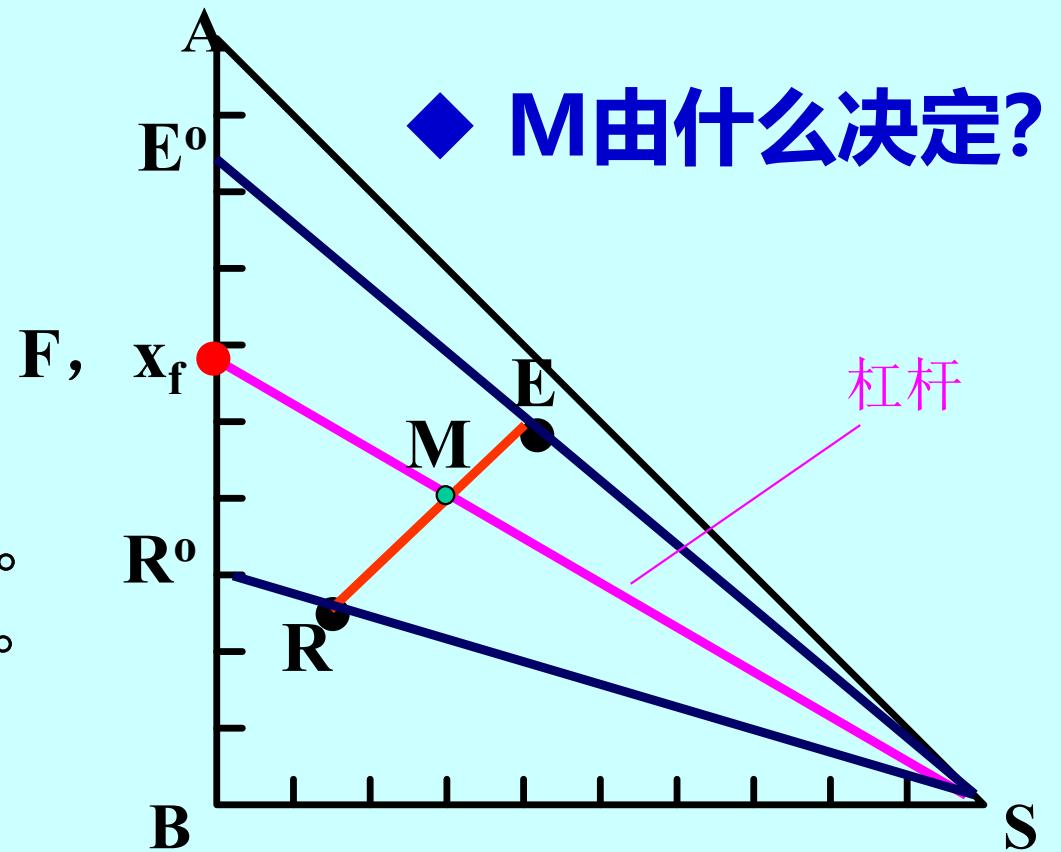
- ✓ 表示混合、分离过程
- ✓ 定量计算——杠杆原理



杠杆原理：

$$\frac{F}{\textcircled{S}} = \frac{\overline{MS}}{\overline{FM}}$$

$$\frac{R}{E} = \frac{\overline{ME}}{\overline{RM}}$$



◆ M由什么决定？

◆ M为？的和点

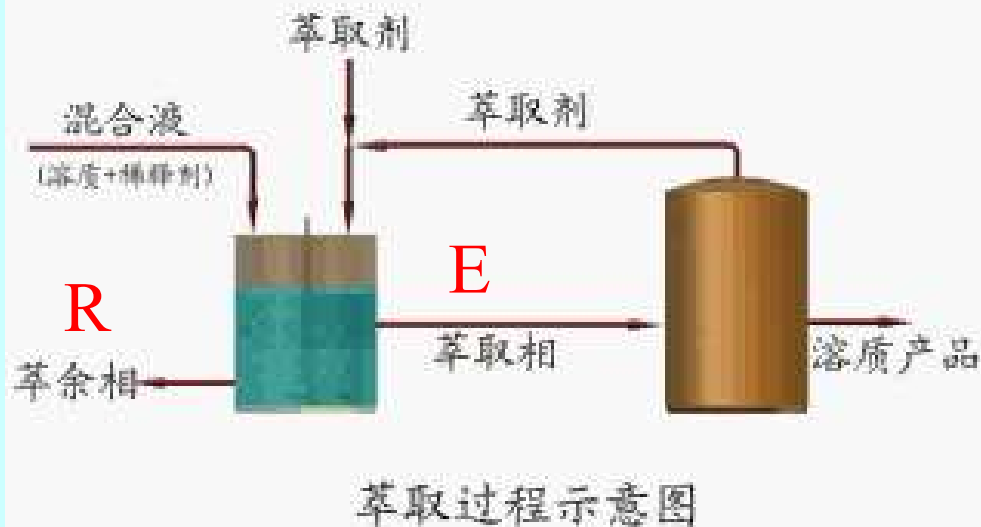
◆ 思考图中有几对差点？

问题3

请讲解萃取过程中的相平衡关系

- ✓ 如何表示溶解度曲线和平衡联结线
- ✓ 如何表示临界混溶点，与萃取什么关系？

2、



$$= 3 - 2 + 2 = 3$$

的两相组成自由度为1。

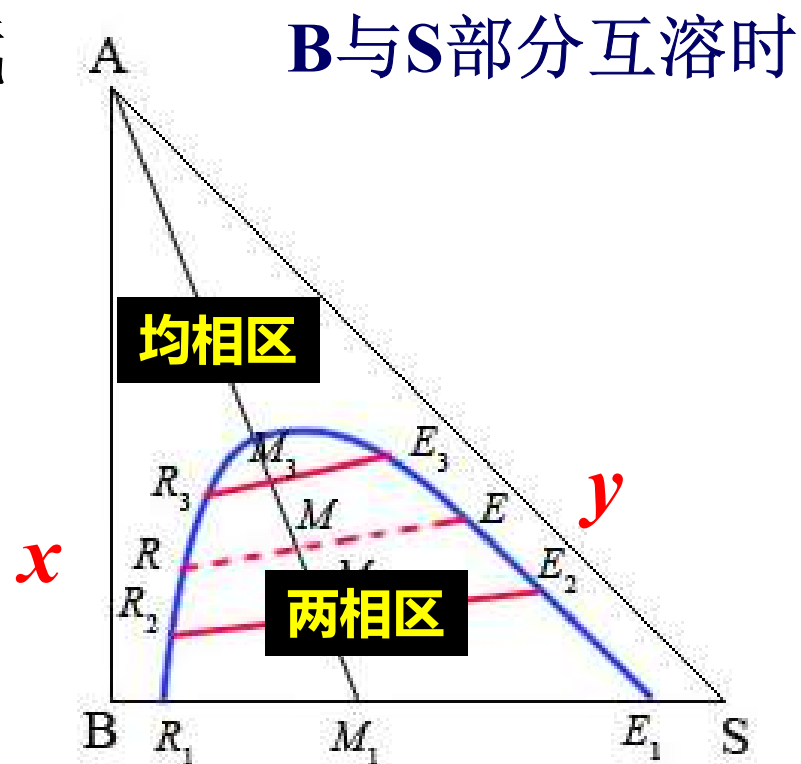
(1) 溶解度曲线和平衡联结线

溶解度曲线: (蓝线)

$$E \quad y_s = \varphi(y_A); \quad R \quad x_s = \varphi(x_A)$$

平衡联结线: (红线)

$$y_A = f(x_A)$$



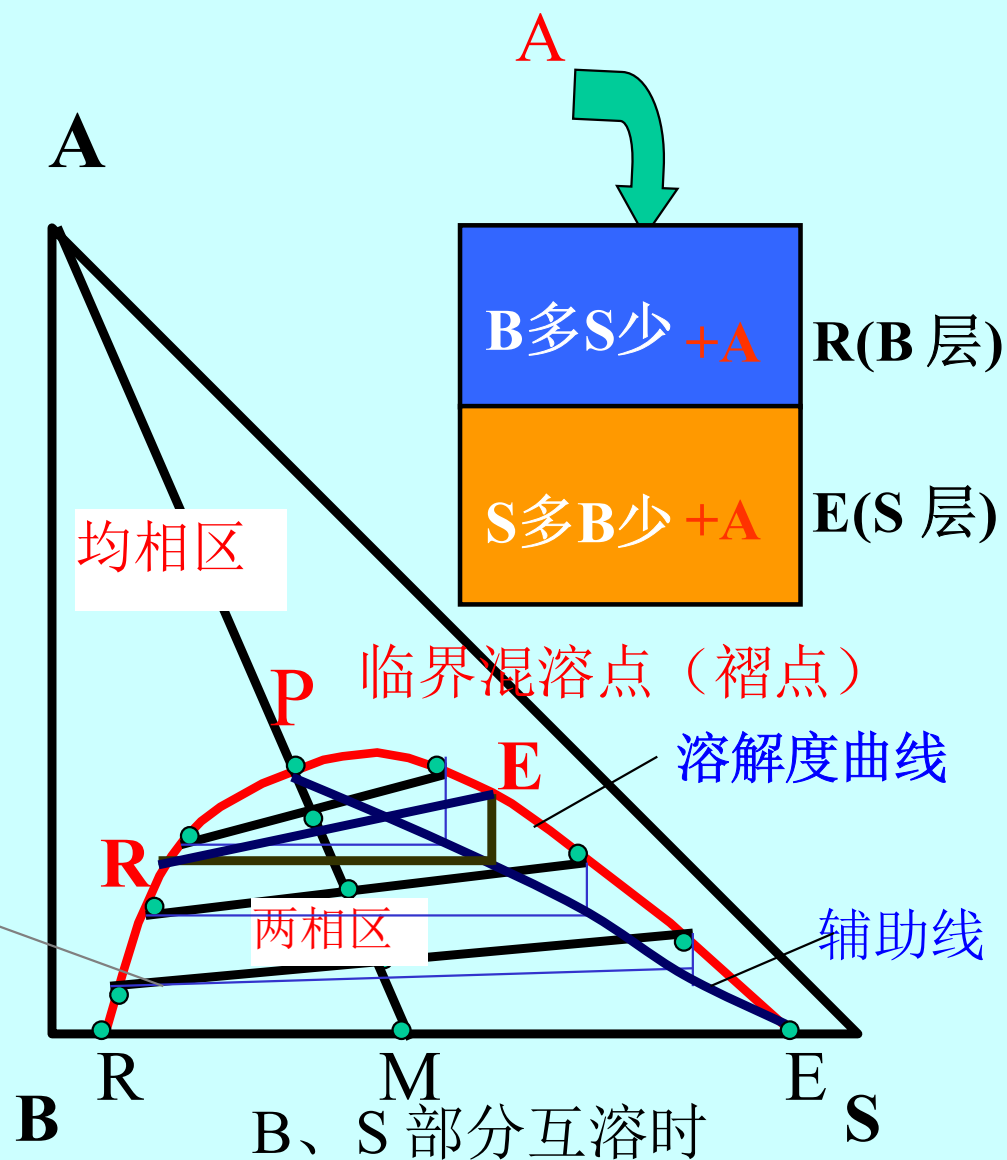
B与S部分互溶时

溶解度曲线

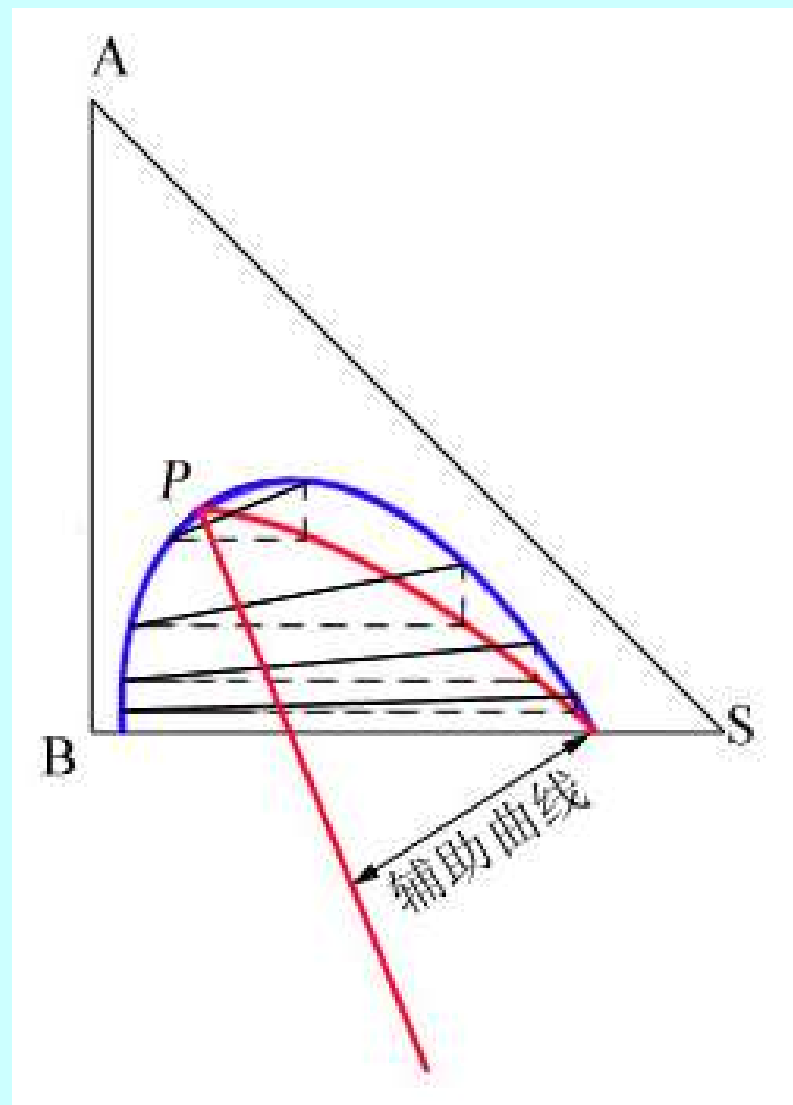
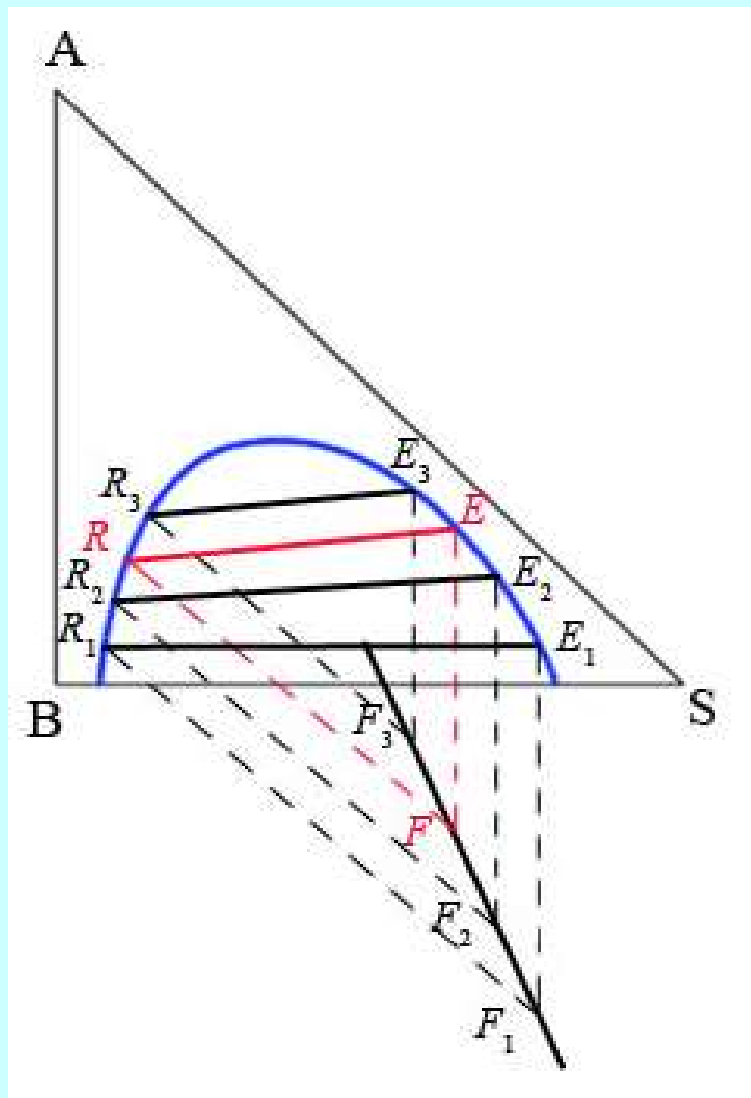
平衡联结线

辅助线

思考：若B与S互溶度变大，
则两相区范围如何变化？

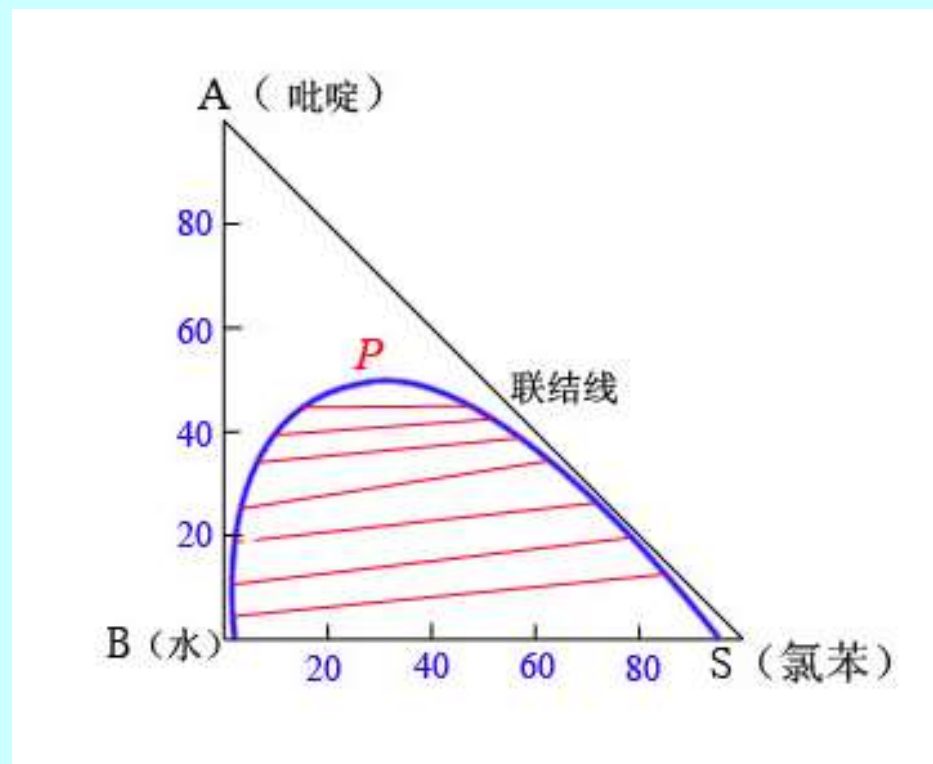


(2) 平衡联结线的内插



辅助曲线的作法

(3) 临界混溶点 (P)

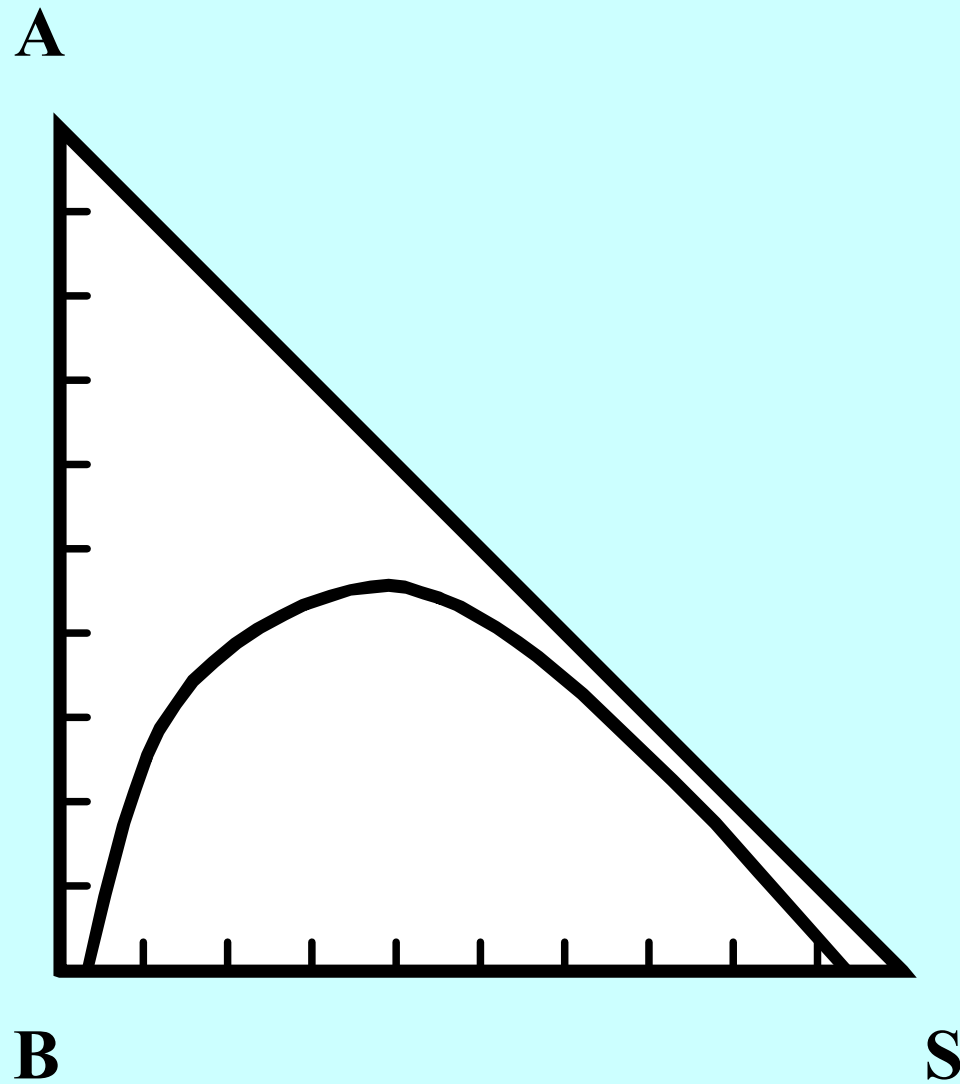


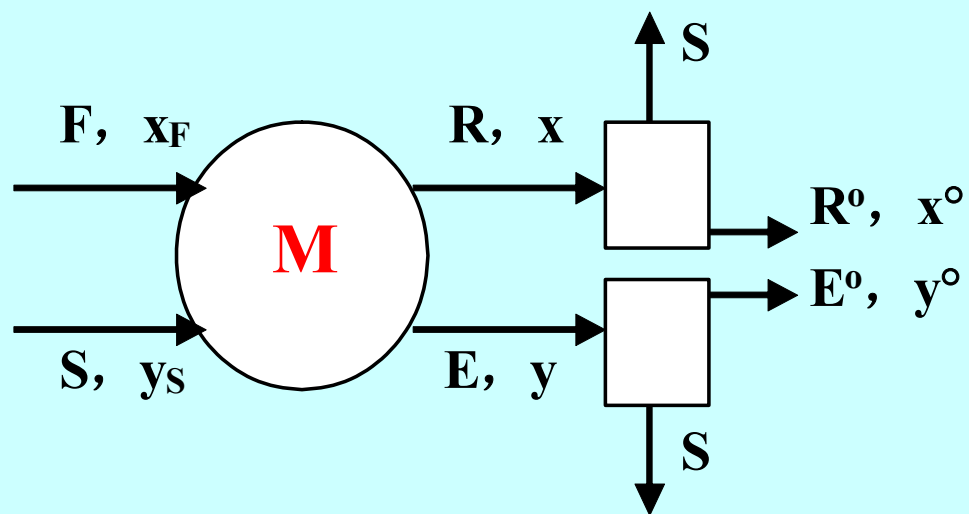
吡啶-氯苯-水系统的平衡联结线

- ◆ 两共轭相的组成无限趋近而变为一相，表示这一组成的点。
- ◆ P 点分成了 E 和 R 两相。

问题4

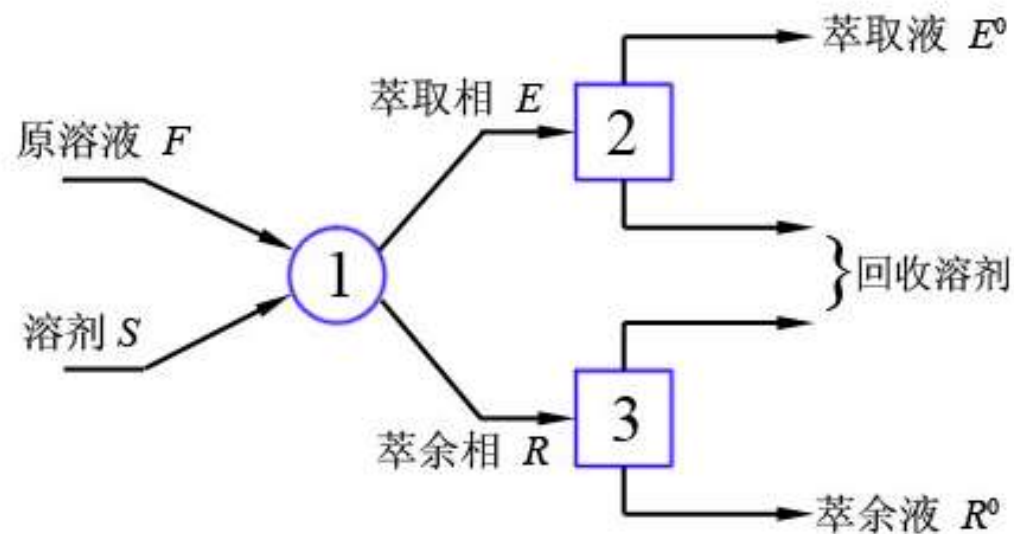
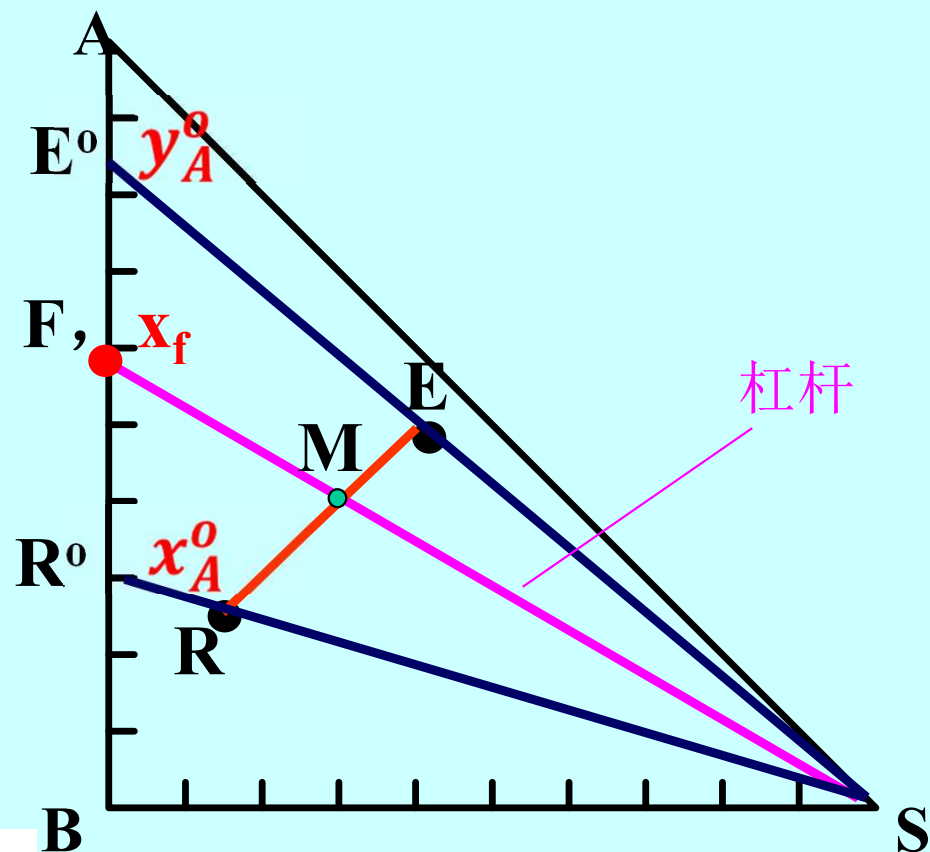
✓ 作图表示萃取过程





$$F = E^0 + R^0$$

$$Fx_{FA} = E^0 y_A^0 + R^0 x_A^0$$



1—萃取器 2—溶剂回收装置

整个过程将组成为 F 点的混合物分离成为含 A 较多的萃取液 E^0 与含 A 较少的萃余液 R^0 。

问题5

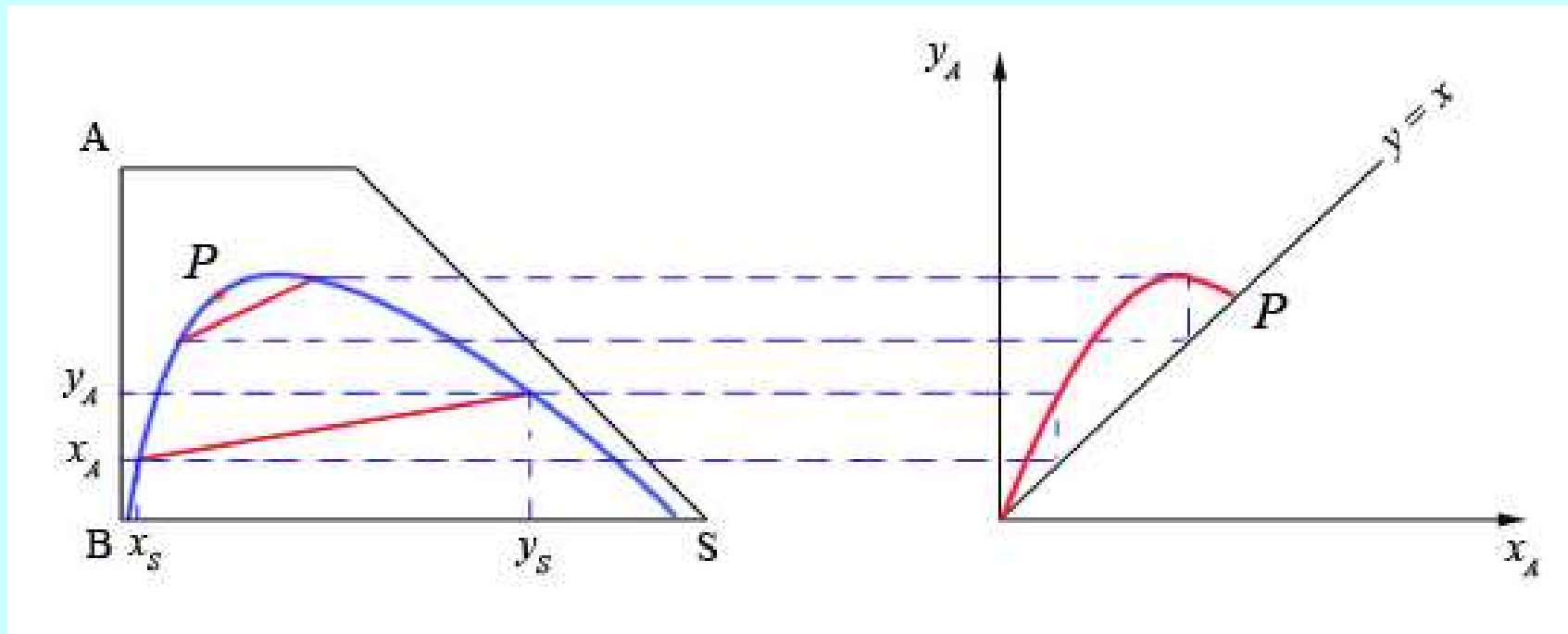
- ✓ 萃取中分配系数和选择性系数各自代表什么？

在 $B-S$ 部分互溶的单级萃取中，用纯溶剂萃取，已知萃取相中 $y_A / y_B = 12/5$ ，萃余液中 $x_A^0 / x_B^0 = 2/5$ ，求：选择性系数 β

(1) 分配曲线与分配系数

$$y_A = f(x_A)$$

$$k_A = \frac{y_A}{x_A} = \frac{\text{萃取相 } E \text{ 中 } A \text{ 的质量分数}}{\text{萃余相 } R \text{ 中 } A \text{ 的质量分数}} \quad k_B = \frac{y_B}{x_B}$$

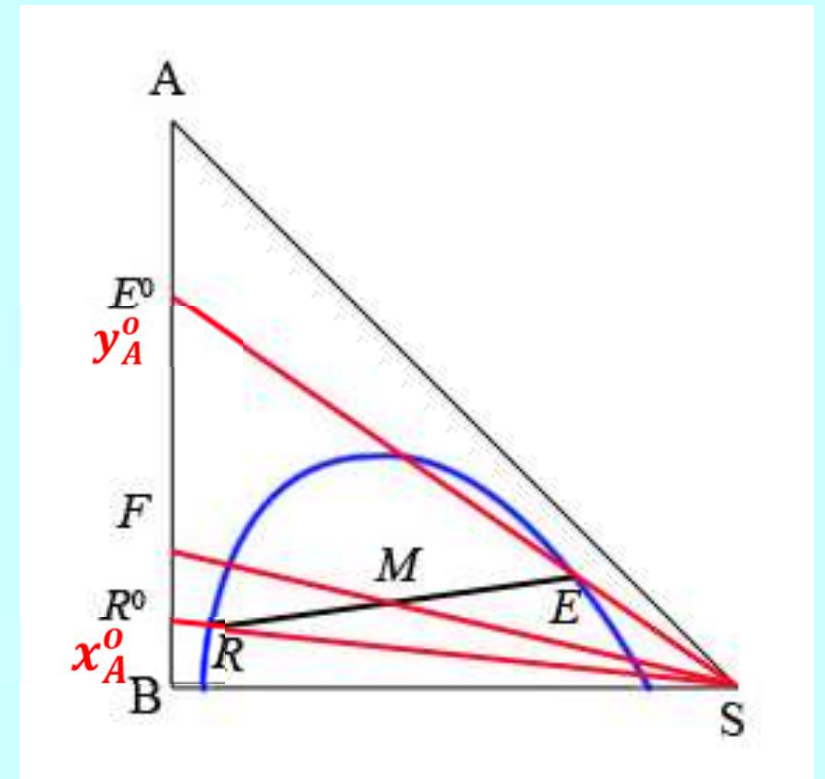


分配曲线与平衡联结线的关系

(2) 选择性系数 β

$$k_A = \frac{y_A}{x_A} \quad k_B = \frac{y_B}{x_B}$$

$$\beta = \frac{k_A}{k_B} = \frac{y_A / x_A}{y_B / x_B} = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{y_A^0 / y_B^0}{x_A^0 / x_B^0}$$



选择性系数 β 表示溶质A在两液相中浓度的差异

要求: $\beta \neq 1$,

k_A 越大越好, k_B 越小越好。

$$\beta = \frac{k_A}{k_B} = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{y_A^0 / (1 - y_A^0)}{x_A^0 / (1 - x_A^0)} \quad y_A^0 = \frac{\beta x_A^0}{1 + (\beta - 1) x_A^0}$$

在***B-S***部分互溶的单级萃取中，用纯溶剂萃取，已知萃取相中 $y_A / y_B = 12/5$ ，萃余液中 $x_A^0 / x_B^0 = 2/5$ ，试求：选择性系数 β

解：

$$x_A / x_B = x_A^0 / x_B^0 = 2 / 5$$
$$\beta = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{12 / 5}{2 / 5} = 6.0$$

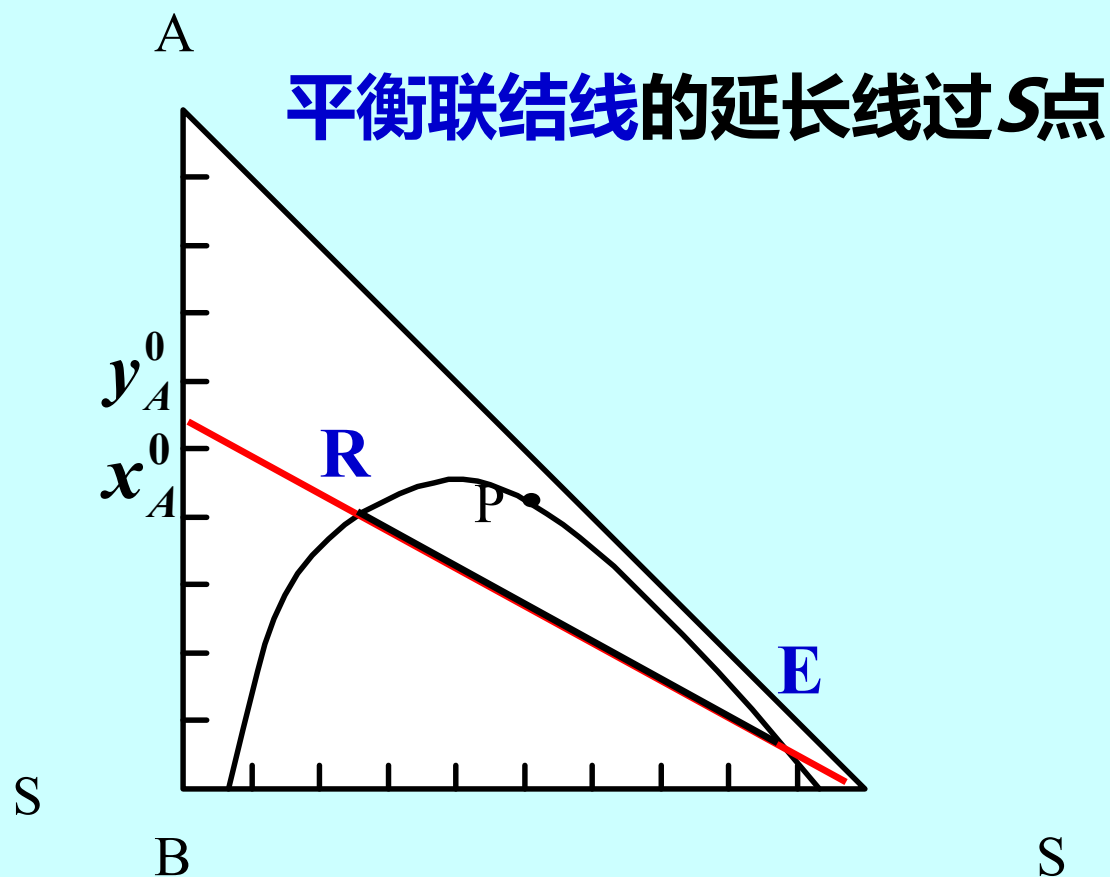
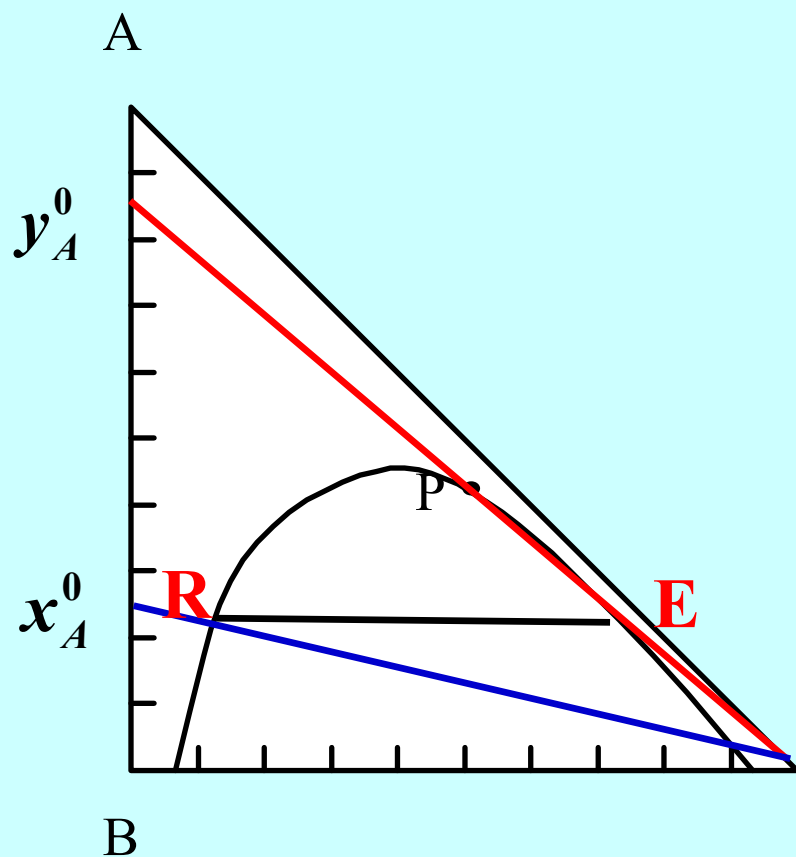
问题6

- ✓ 画出分配系数 $k=1$ 和选择性系数 $\beta=1$ 的图示
- ✓ 萃取分离取决于分配系数 k 还是选择性系数 β ?

◆ 画出分配系数 $k=1$ 和选择性系数 $\beta=1$ 的图示

$$K=1 \quad k_A = \frac{y_A}{x_A}$$

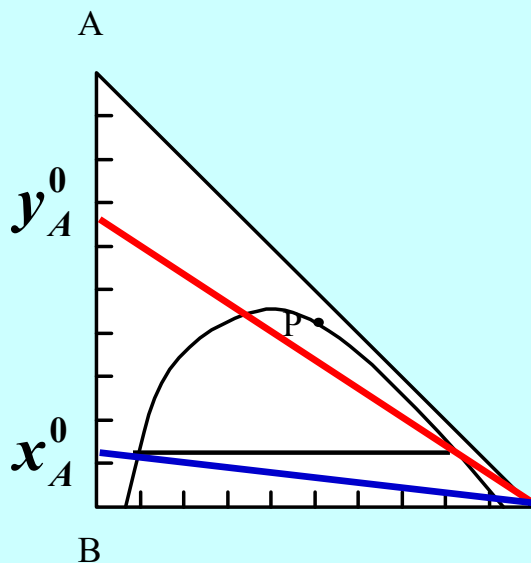
$$\beta = 1 \quad y_A^0 = \frac{\beta x_A^0}{1 + (\beta - 1)x_A^0}$$



萃取分离取决于分配系数 k 还是选择性系数 β ?

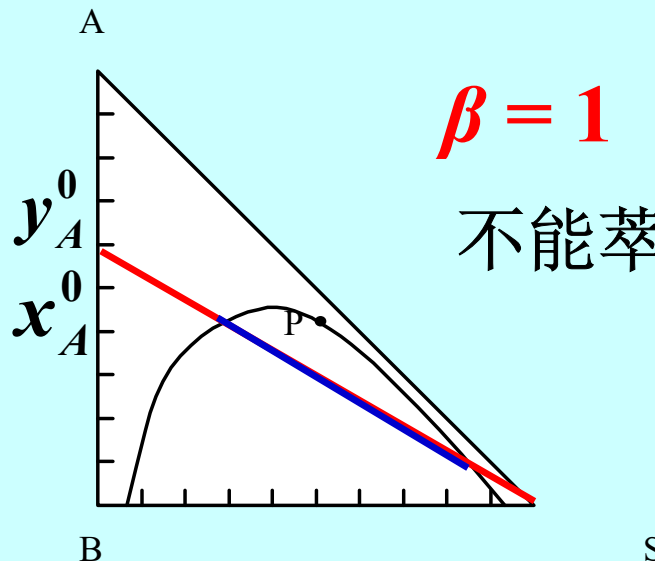


$K=1$
能萃取分离



$\beta = 1$

不能萃取分离



$\beta > 1$, 能萃取分离;

$\beta = 1$, 平衡联结线的延长线过 S 点, 不能萃取分离;

$\beta \rightarrow \infty$, B 与 S 不互溶。

问题7

萃取中互溶度的影响

- ◆ 互溶度大还是小对萃取有利?
- ◆ 温度是如何影响萃取的?

互溶度的影响

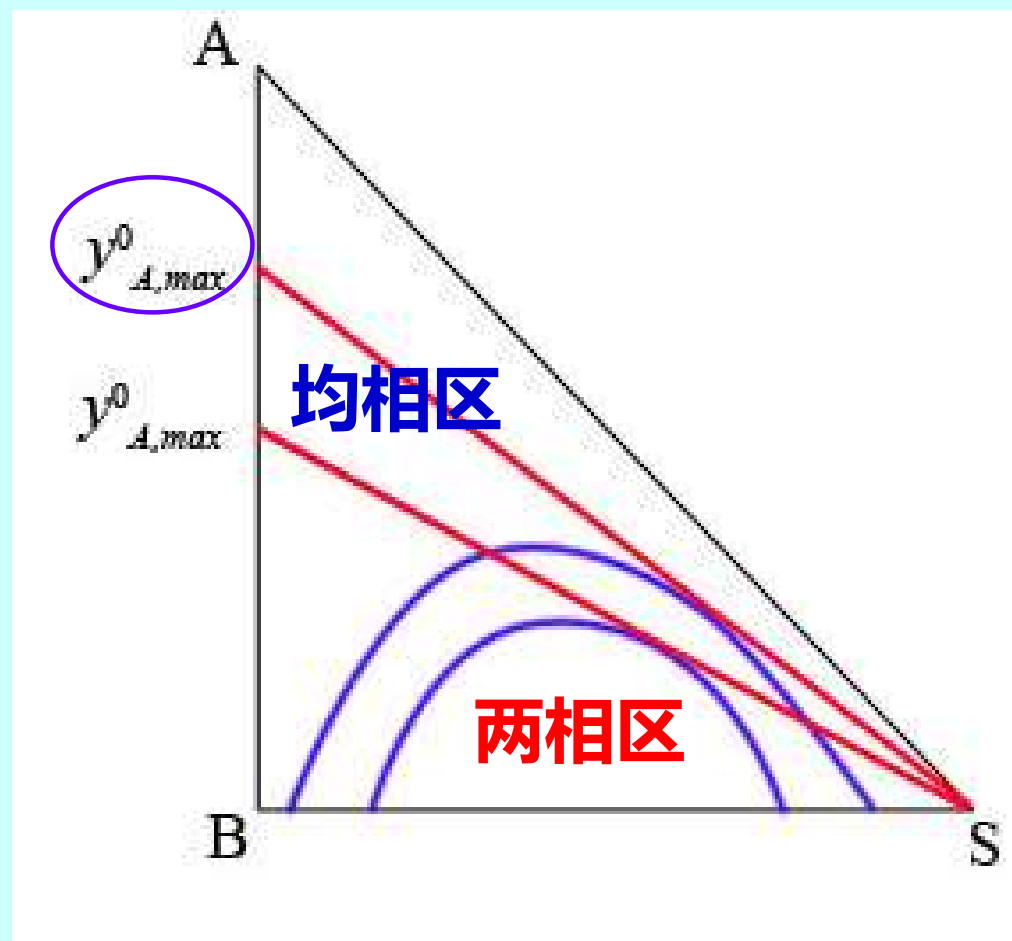
◆ 互溶度大还是小对萃取有利？

互溶度越小，萃取的操作范围越（大/小） 大

$y_{A,\max}^0$ 越（大/小） 大

◆ 温度对萃取的影响

- ✓ 温度降低，
互溶度减小，
利于萃取。

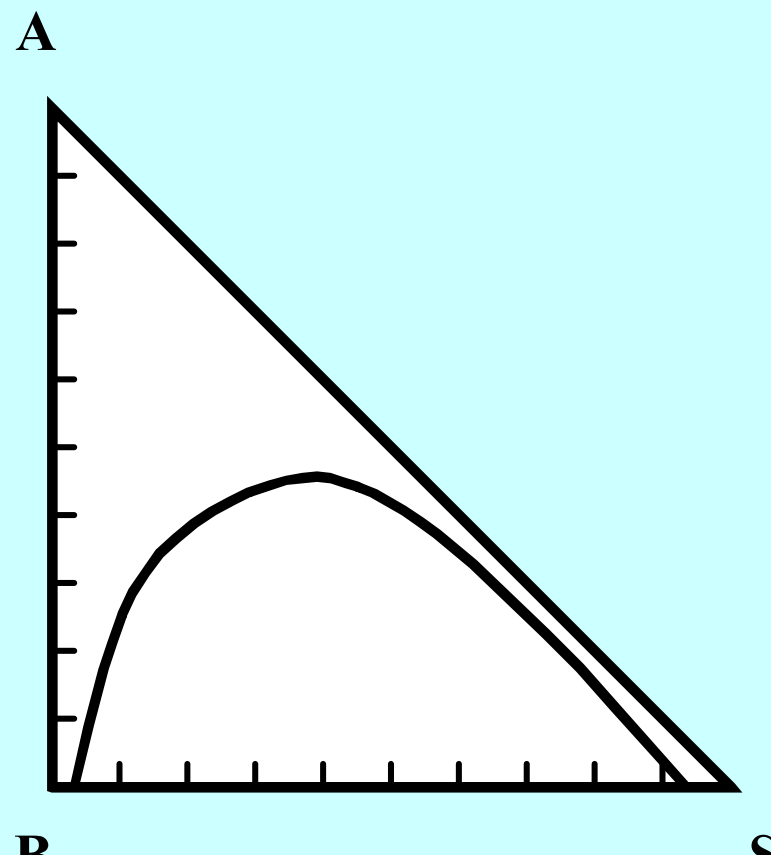
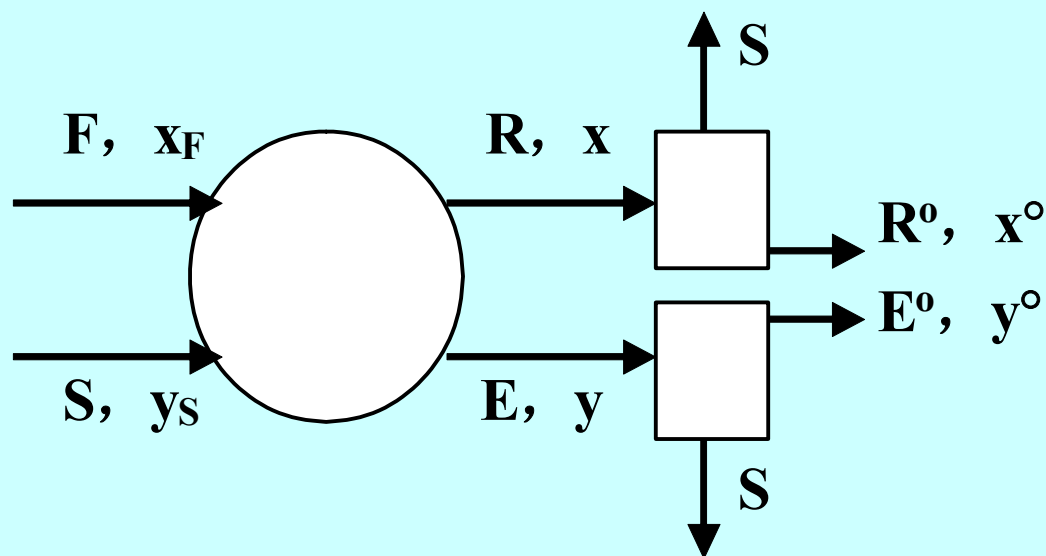


问题8

采用纯溶剂进行单级萃取。已知料液组成 $x_F=0.3$ (质量分率, 下同), 选择性系数为6, 在萃余相中

$x_A/x_B = 0.25$ $k_A < 1$, 溶解度曲线如图所示。试求:
萃取液量与萃余液量的比值;

采用解析法解



解析法:

解: 萃取液量与萃余液量的比值

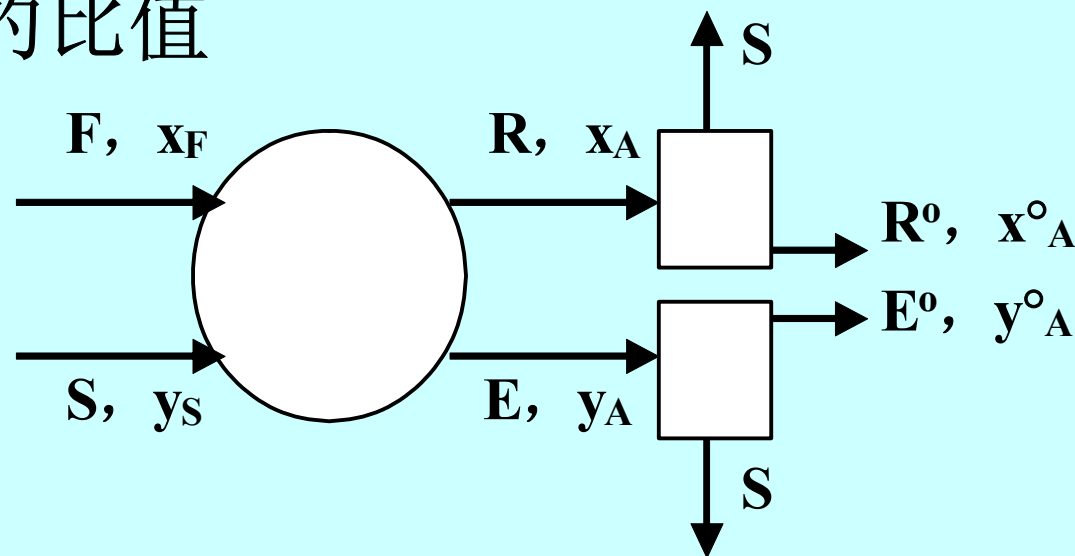
E^0 和 R^0 。

$$\begin{cases} R^0 + E^0 = F \\ R^0 x_A^0 + E^0 y_A^0 = F x_F \end{cases}$$

$$\frac{x_A}{x_B} = \frac{x_A^0}{x_B^0} = \frac{x_A^0}{1 - x_A^0} = 0.25 \quad \therefore x_A^0 = 0.2$$

$$y_A^0 = \frac{\beta x_A^0}{1 + (\beta - 1)x_A^0} = 0.6 \quad (\beta = 6)$$

$$\frac{E^0}{R^0} = \frac{x_F - x_A^0}{y_A^0 - x_F} = \frac{0.3 - 0.2}{0.6 - 0.3} = \frac{1}{3}$$



请同学们采用作图法解

单级萃取计算举例

纯溶剂， $x_F=0.3$ ，选择性系数为6，

$$k_A < 1 \quad x_A/x_B = 0.25$$

解： 萃取液量与萃余液量的比值

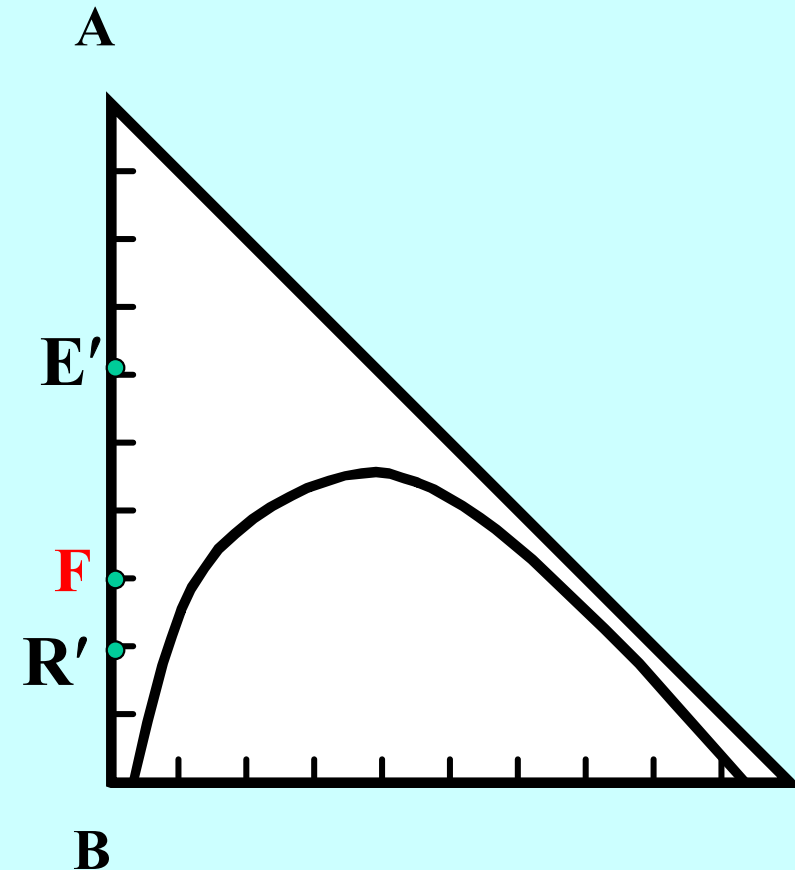
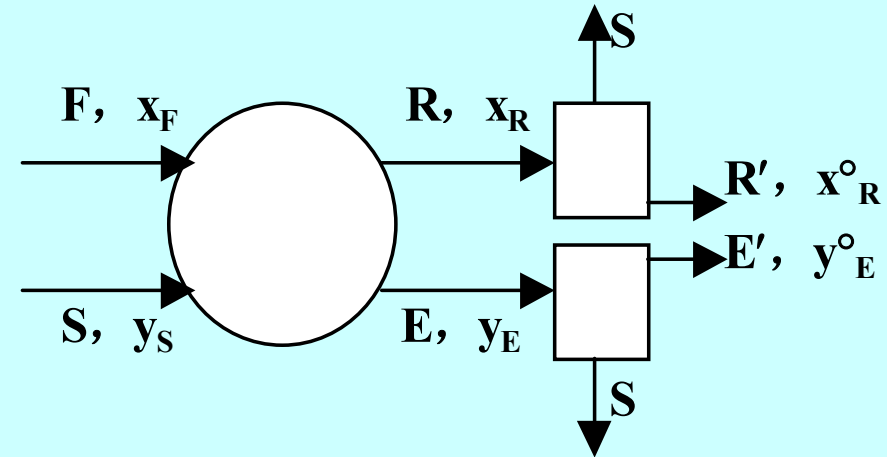
图解法： 找到点F、E'、R'，然后应用杠杆原理求E'、R'的大小。

$$\frac{x_A}{x_B} = \frac{x_A^0}{1 - x_A^0} = 0.25 \quad \therefore x_A^0 = 0.2$$

$$\beta = \frac{y_A/x_A}{y_B/x_B} = \frac{y_A^0/x_A}{(1 - y_A^0)/x_B} = \frac{y_A^0}{1 - y_A^0} \times \frac{1}{0.25} = 6$$

$$\therefore y_A^0 = 0.6$$

$$\frac{E'}{R'} = \frac{\overline{R'F}}{\overline{FE'}} = \frac{x_F - x_A^0}{y_A^0 - x_F} = \frac{0.3 - 0.2}{0.6 - 0.3} = \frac{1}{3}$$

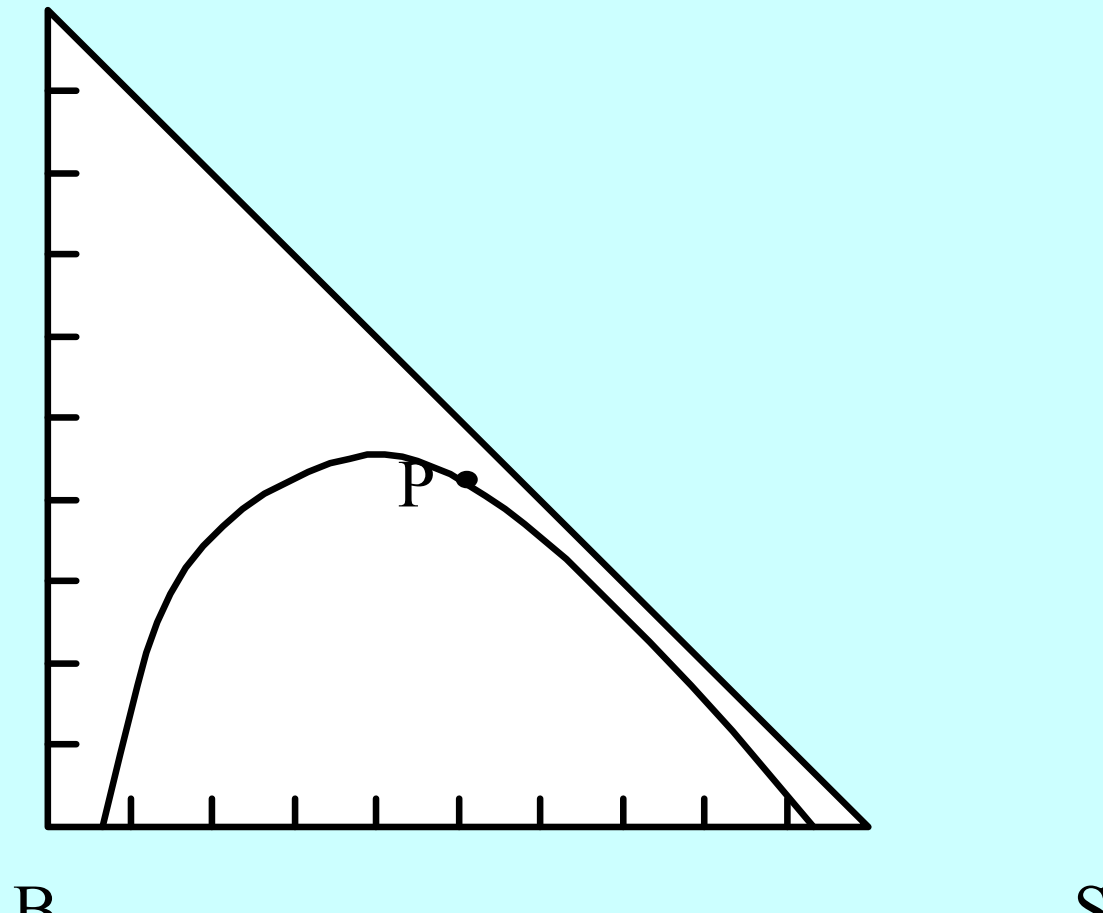


问题9

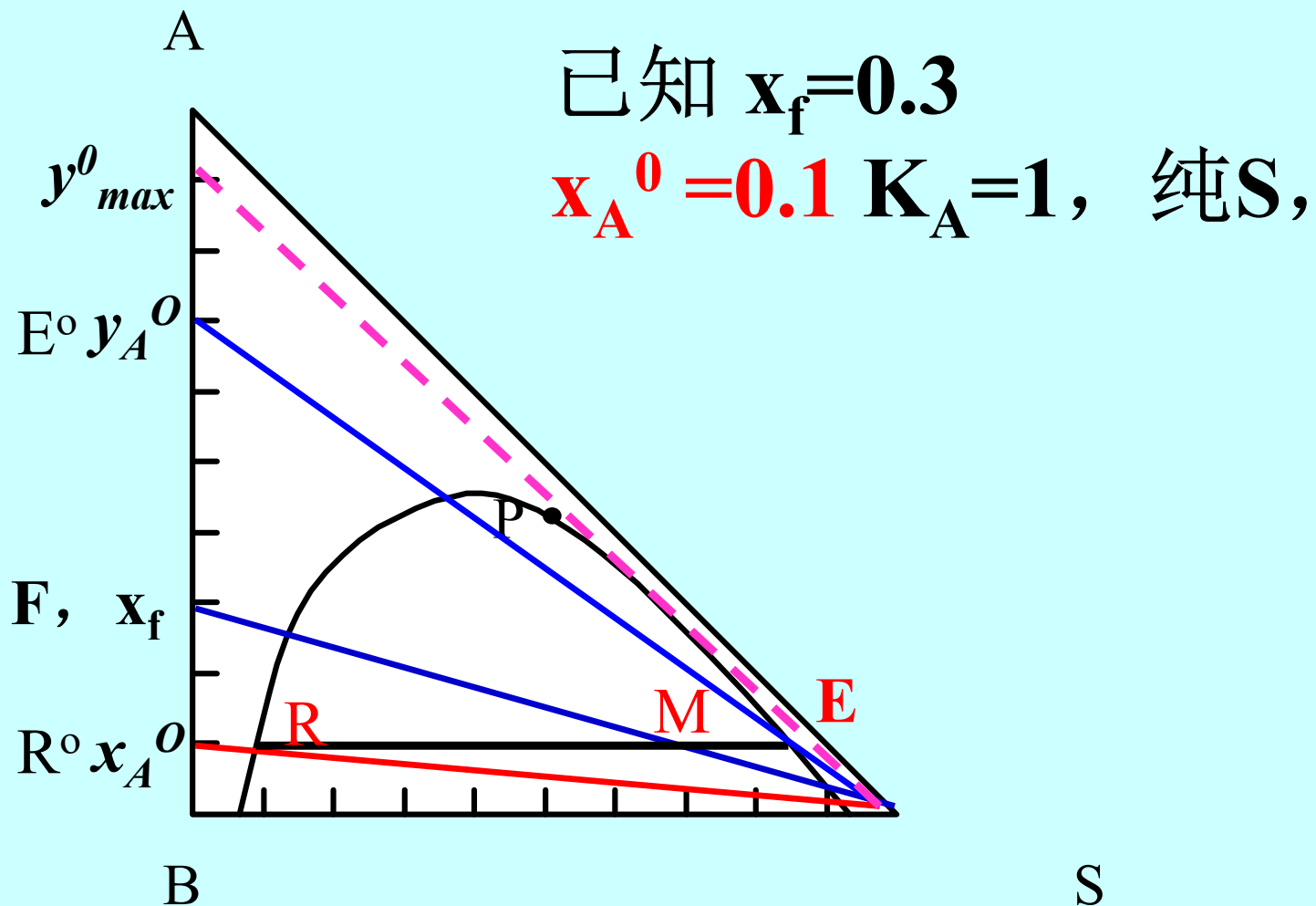
作图题 已知 $x_f = 0.3$

$x_A^0 = 0.1$ $K_A = 1$, 纯 S, 单级萃取。

求: β 、M点的位置, y_{\max}^0



1、



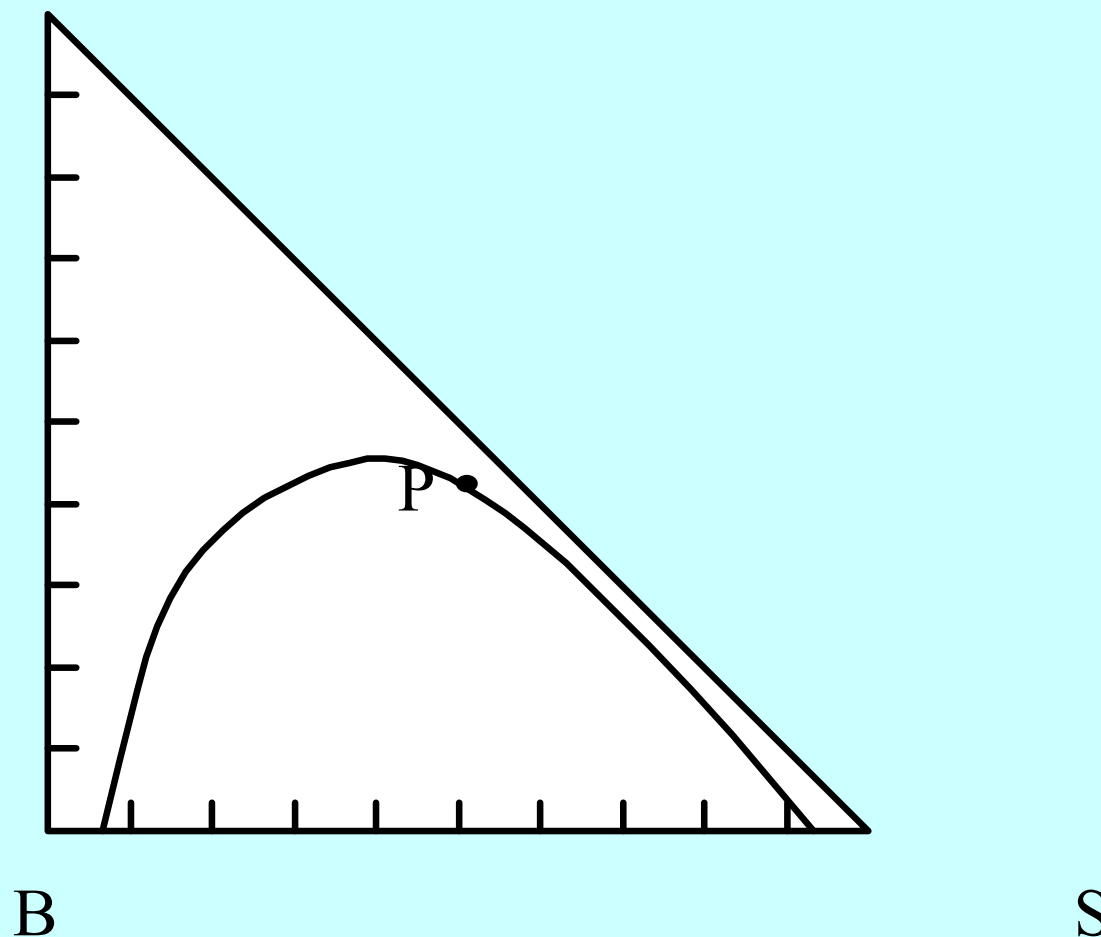
$$\beta = \frac{k_A}{k_B} = \frac{y_A / y_B}{x_A / x_B} = \frac{y_A^0 / (1 - y_A^0)}{x_A^0 / (1 - x_A^0)}$$

问题10

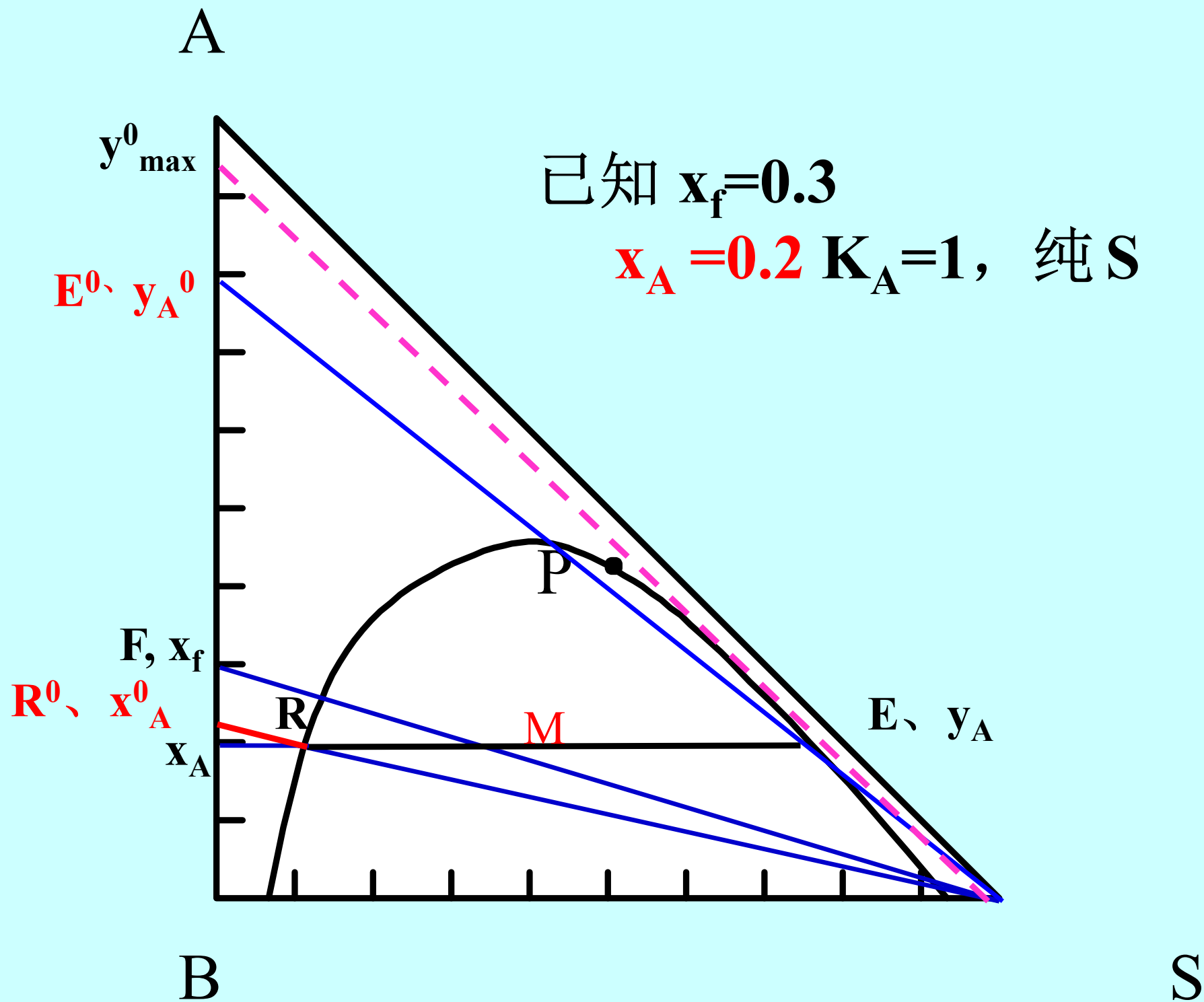
作图题 已知 $x_f=0.3$

$x_A=0.2$ $K_A=1$, 纯 S, 单级萃取。

求: β 、M点的位置, y^0_{\max}



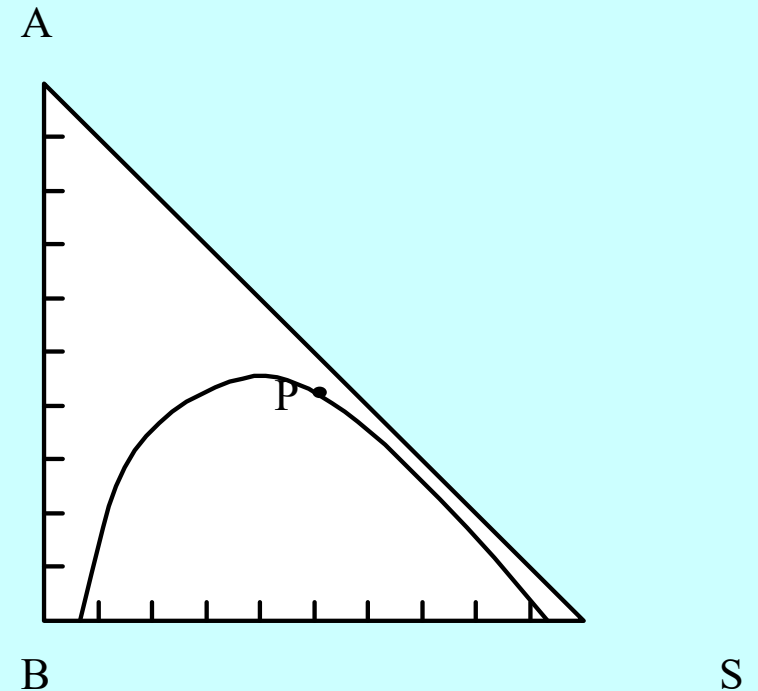
2、



问题11

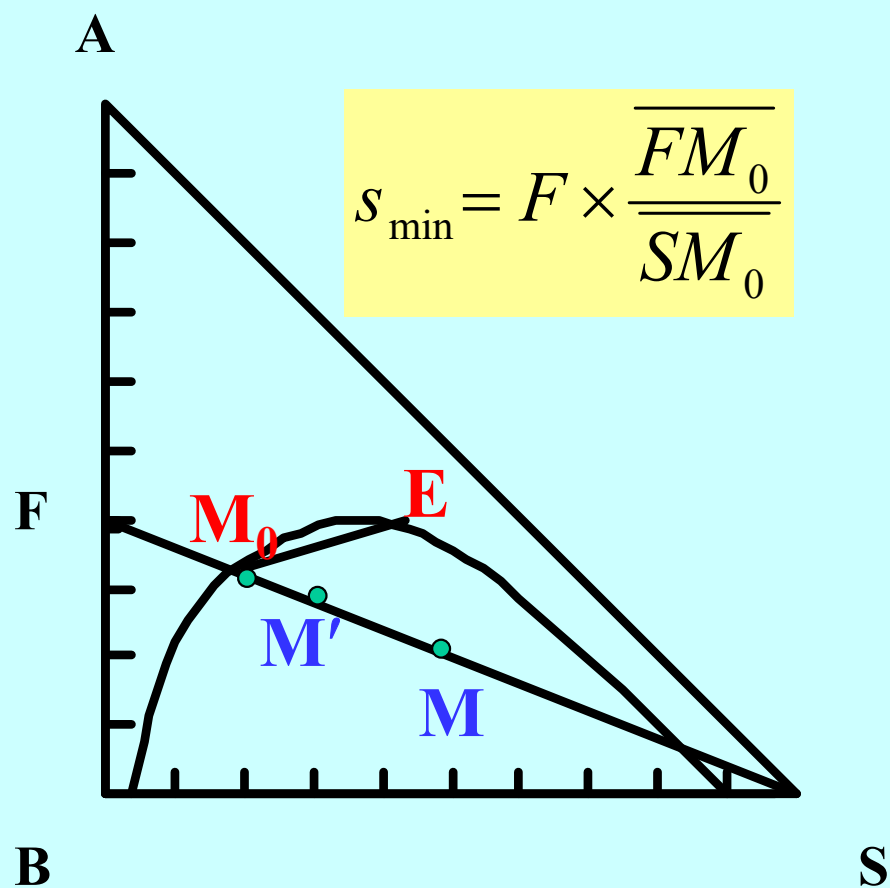
画出单级萃取的操作范围

- ✓ 图示最小萃取剂用量 S_{\min}
- ✓ 图示最大萃取剂用量 S_{\max}
- ✓ 图解溶剂比 S/F

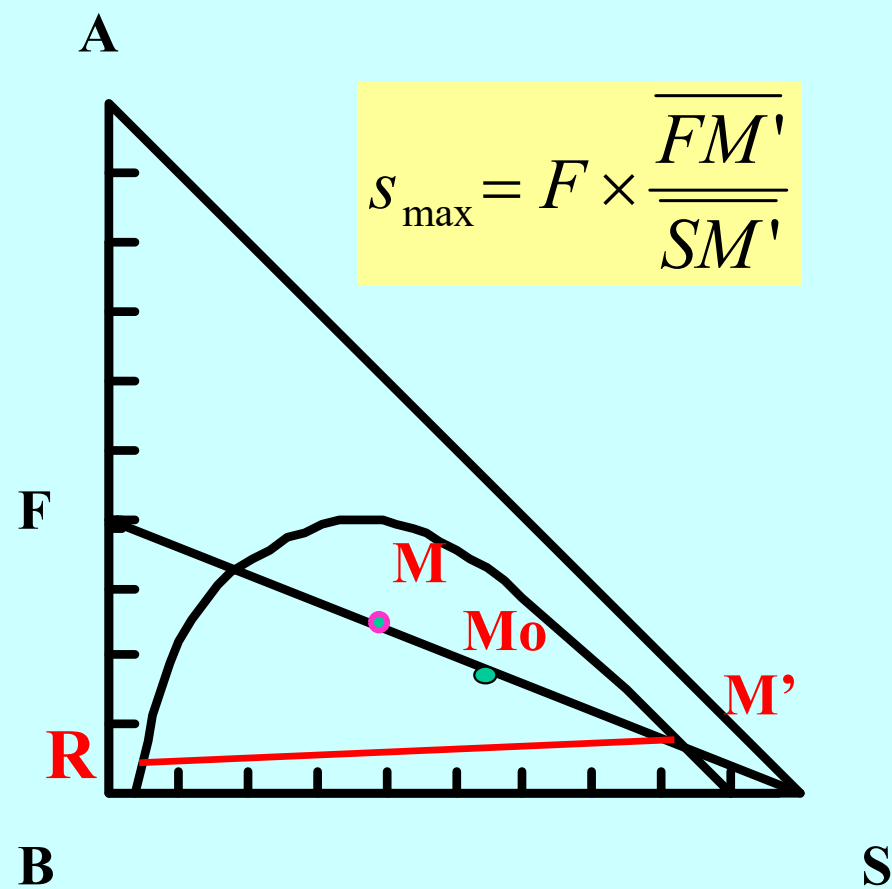


单级萃取的操作范围

最小萃取剂用量 S_{\min}



最大萃取剂用量 S_{\max}



单级萃取最小溶剂比

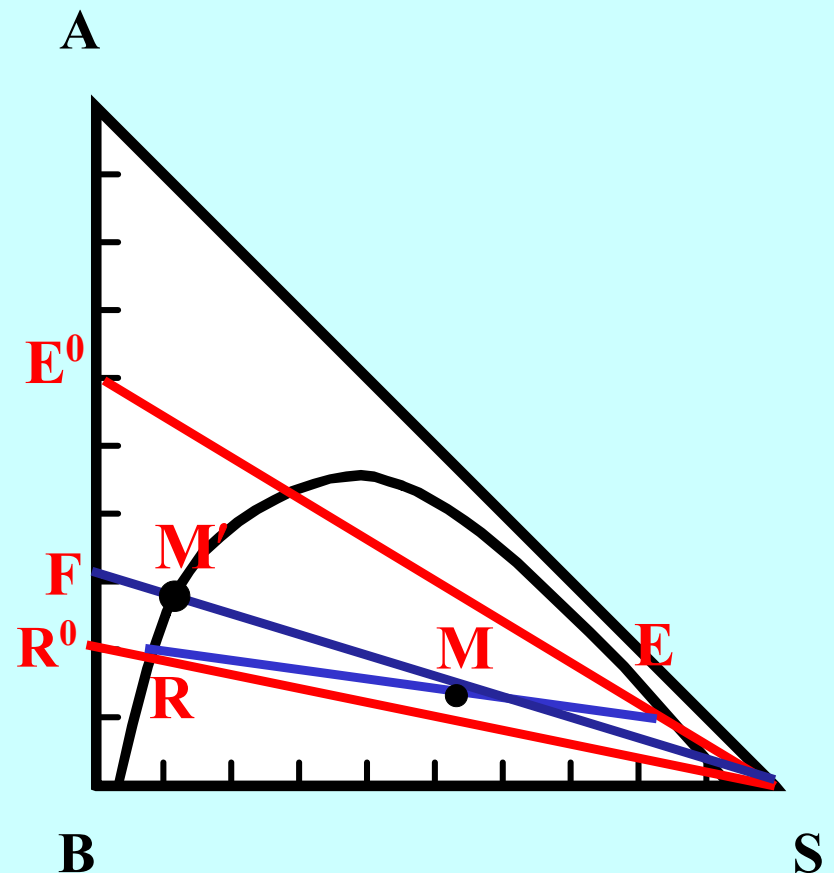
纯溶剂， $x_F=0.3$ ，选择性系数为6， $k_A < 1$

$$x_A/x_B = 0.25, y_A^0 = 0.6, x_A^0 = 0.2$$

图解求溶剂比 S/F 是最小溶剂比 $(S/F)_{\min}$ 多少倍？（用线段表示）

解：

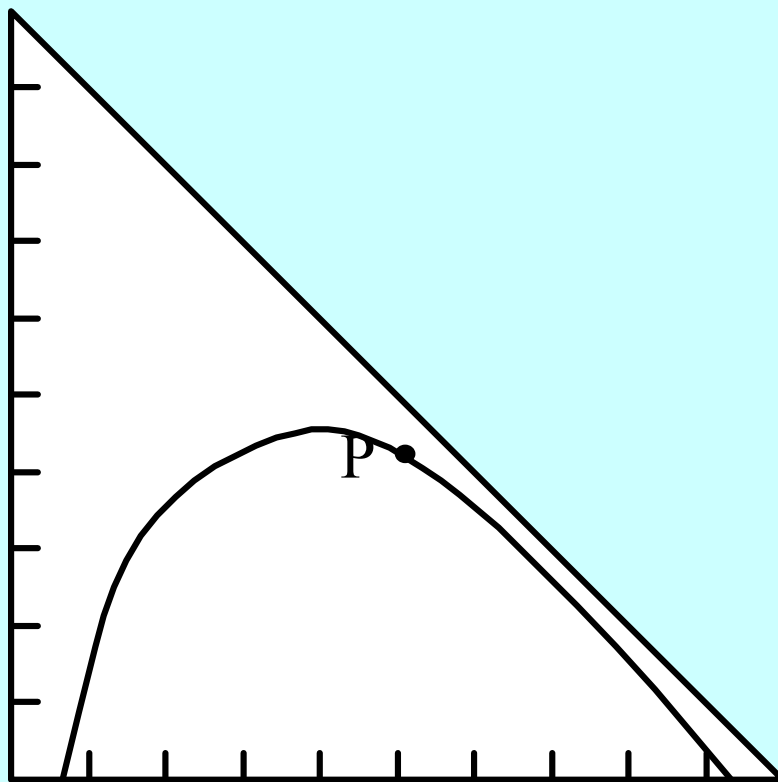
$$\begin{aligned} \frac{S/F}{(S/F)_{\min}} &= \frac{\overline{MF}/\overline{MS}}{\overline{M'F}/\overline{M'S}} \\ &= \frac{\overline{MF}}{\overline{M'F}} \cdot \frac{\overline{M'S}}{\overline{MS}} \end{aligned}$$



问题12

- ✓ 图示最小萃余液浓度
- ✓ 图示最大萃取液浓度

A



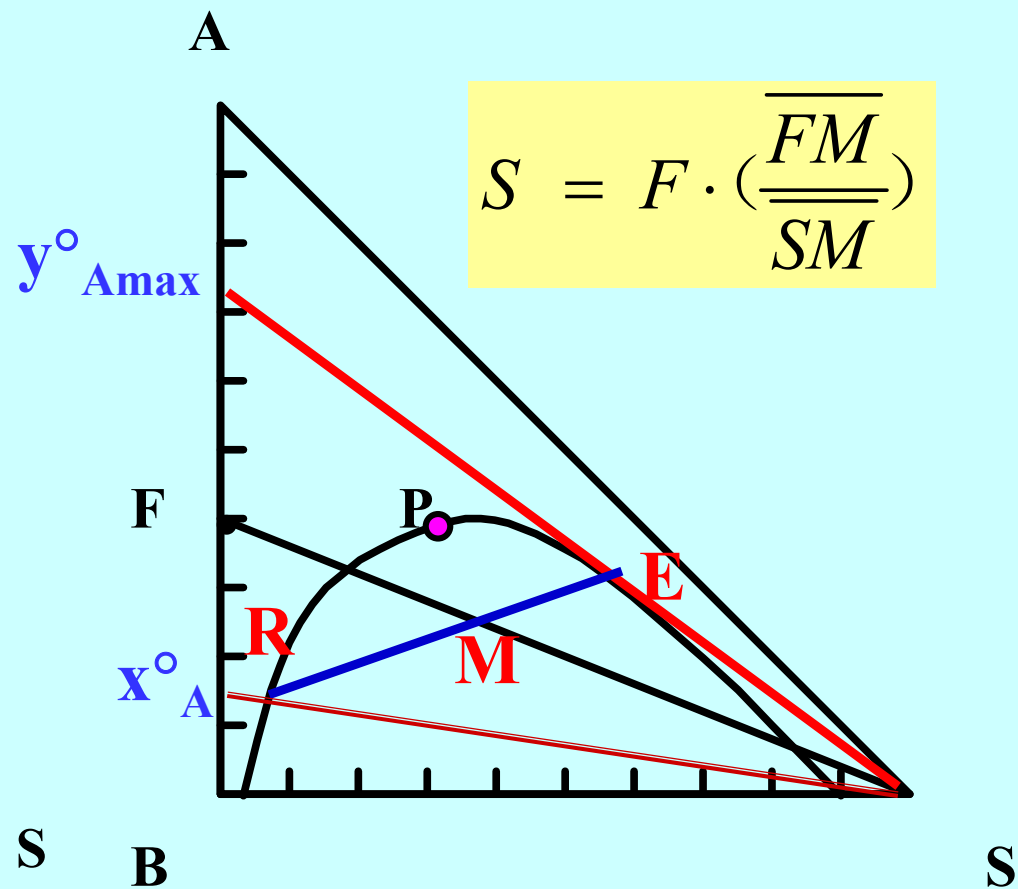
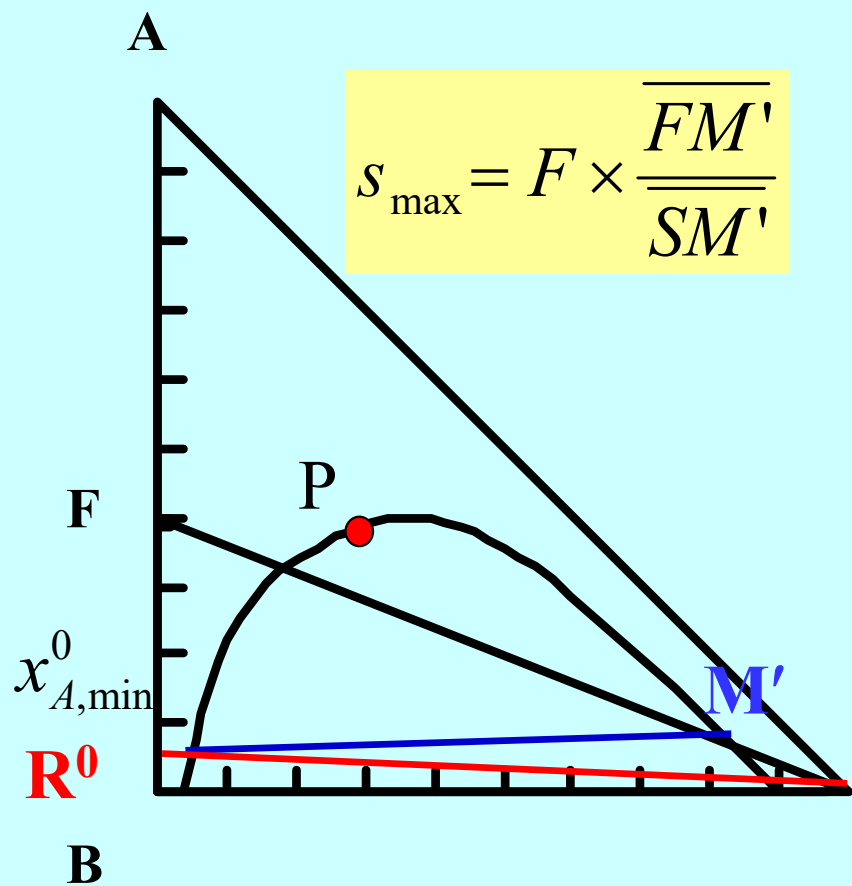
B

S

辨析 $x_{A,min}^0$ 与 $y_{A,max}^0$ 并非一一对应关系

最小萃余液浓度 $x_{A,min}^0$

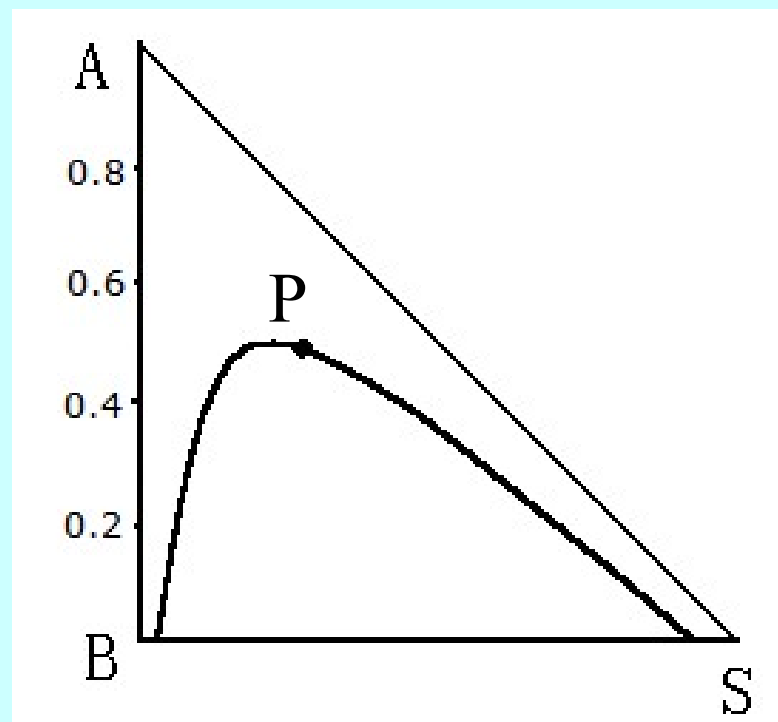
最大萃取液浓度 $y_{A,max}^0$



练习

图示某萃取物系的互溶曲线：原料组成为 $x_f=0.4$ （质量分率，下同），用纯溶剂萃取，经单级萃取后所得的萃余相中含溶质A的浓度 $x_A=0.2$ ， $\beta=4.0$ ，求：

- ① 溶剂比 S/F ；
- ② 该级的分配系数 k_A ；



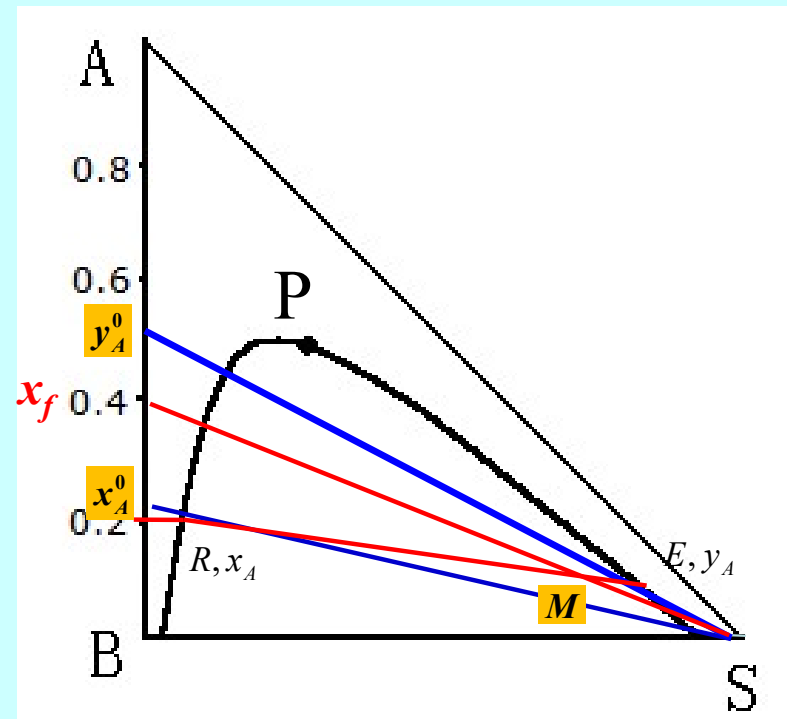
解：

$$(1) \quad x_A \rightarrow R \rightarrow x_A^0 = 0.22$$

$$y_A^0 = \frac{\beta x_A^0}{1 + (\beta - 1)x_A^0} = \frac{4 \times 0.22}{1 + 3 \times 0.22} = 0.53$$

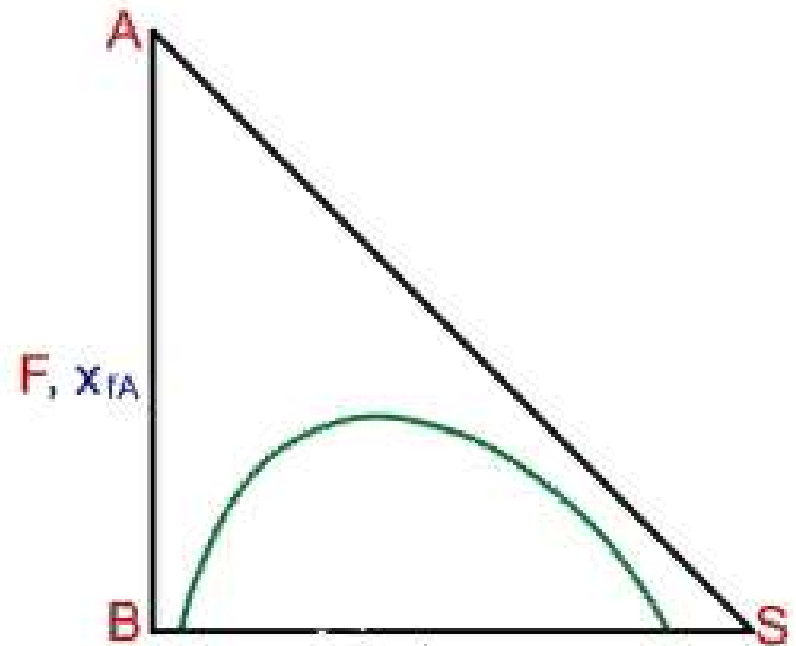
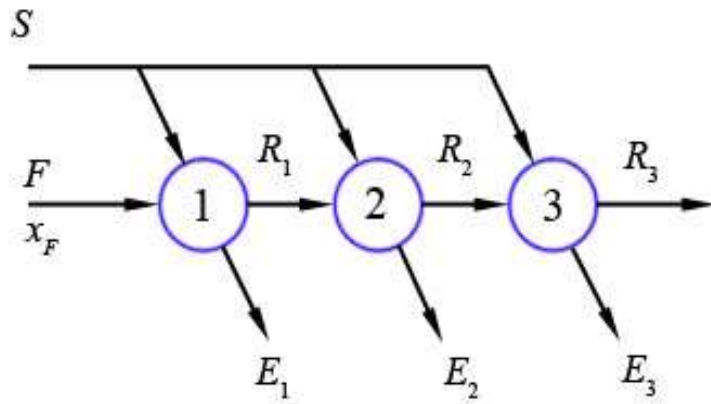
$$\frac{S}{F} = \frac{\overline{FM}}{\overline{SM}} = \frac{41}{18} = 2.28$$

$$(2) \quad k_A = \frac{y_A}{x_A} = 0.5$$



多级错流萃取介绍

多级错流萃取的计算是单级萃取的多次重复。

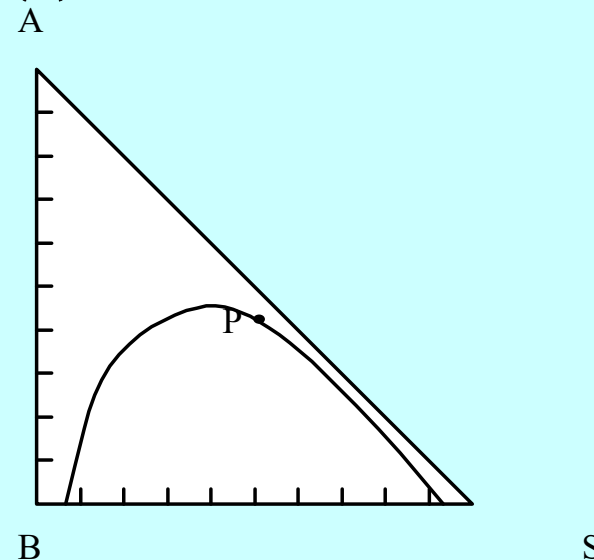


多级错流萃取

萃取练习

1、某A、B混合物用纯溶剂S进行单级萃取，已知 $x_f=0.2$ (wt%)
分配系数 $k_A=1$ ，萃余相中组成 $x_A/x_B=1/7$ ，试求：

- (1) 选择性系数 β (7分)
- (2) 萃取液量与萃余液量的比值 (2分)
- (3) 最大萃取液浓度。 (1分)



2、在B-S部分互溶的单级萃取中，进料中含A=53kg，B=47kg，
用纯溶剂萃取，已知萃取相中 $y_A/y_B=2$ ，选择性系数 $\beta=5$ 。试求

- (1) 萃余液中A组分的浓度 x_A^0 (4分)
- (2) 萃取液的量 E^0 和萃余液的量 R^0 (6分)

自学了解

完全不互溶物系萃取过程的计算

完全不互溶物系的多级错流萃取

回流萃取过程

萃取设备的主要类型

作业： 1、 2、 3

自学第**12**章 其他分离方法

写一篇分离方法的小论文