

化工原理（下）

吸 收

黄婕老师

第一节 概述

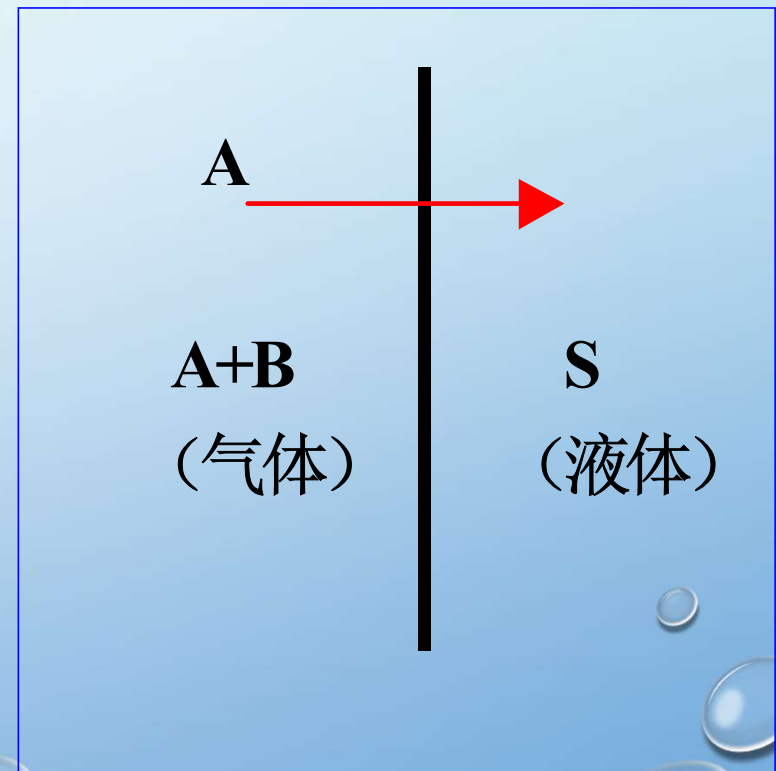
问题-1 什么是吸收或者吸收依据是什么？

利用**气体混合物**各组分在液体溶剂中**溶解度的差异**来分离气体混合物的**操作**称为吸收。

气体A溶质

气体B惰性组分

液体S溶剂



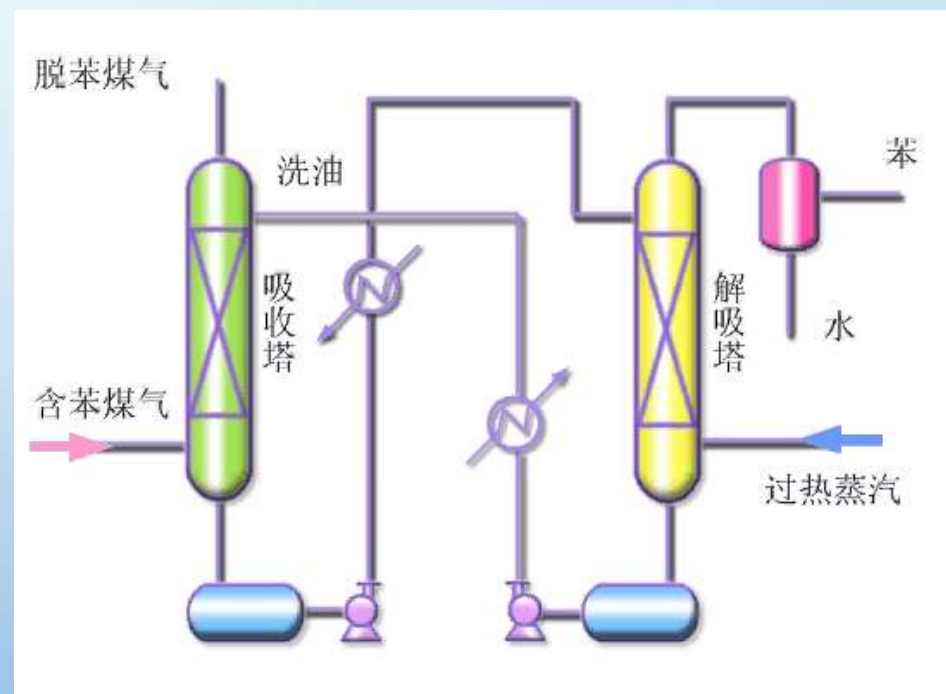
问题-2 工业过程需要解决的问题？

工业吸收过程

实施吸收操作须解决的问题：

- (1) 选择合适的**吸收剂**；
- (2) 提供适当的**设备**；
- (3) **溶剂再生**。

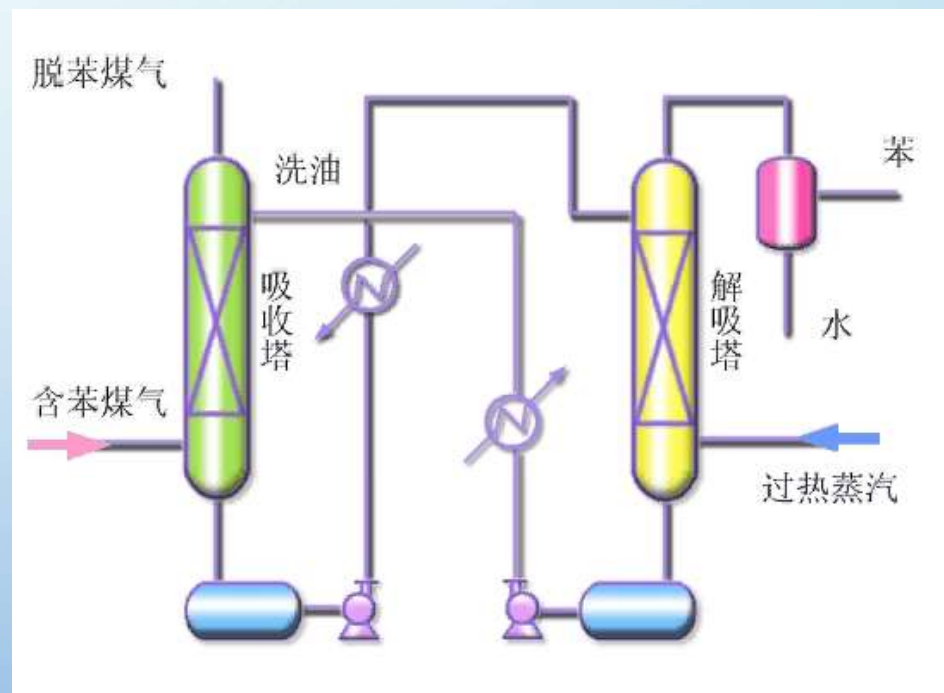
有哪两类设备？



问题-3 吸收操作的经济性取决哪个费用？

吸收的操作费用：

- (1) 流动能耗；
- (2) 溶剂损耗；
- (3) 解吸操作费用**
(此项费用最大)。



问题-4 常用的解吸方法？

解吸目的：降低溶剂中溶质浓度

常用的解吸方法：升温、减压、吹气。

- 升温、减压 → 溶质的溶解度降低，→有利于溶质的析出
→溶液浓度降低；
- 通过吹气→将溶质随气体一起带出，完成解吸过程。

问题-5

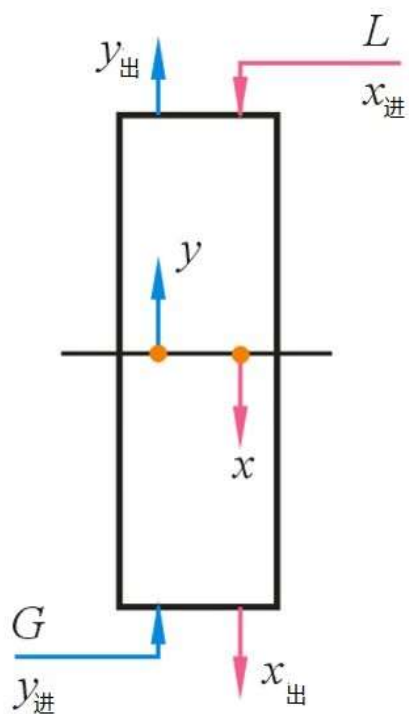
- ✓ 如何理解：一个完整的吸收分离过程包括吸收和解吸
- ✓ 如何理解溶剂的技术要求：溶解度大；选择性高；对温度的敏感性强。

溶剂的选择

若溶剂溶解能力差 $\Rightarrow x_{\text{出}} \downarrow$,
则 $L \uparrow$, 再生消耗的能量 \uparrow

选择性高, 有利于分离。

若溶剂的溶解能力对
温度不敏感, 所需解
吸温度较高, 溶剂再
生能耗也将增大。



问题-6

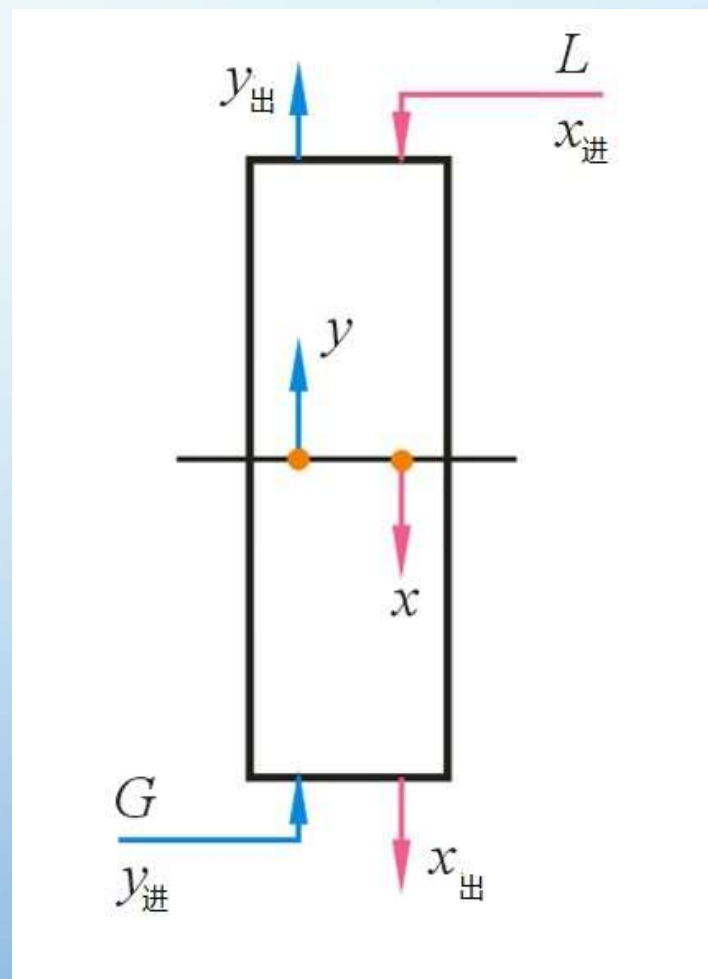
x, y 是否为同一种物质?

是

√ 溶质A

惰性组分B

溶剂 (吸收剂) S



第二节 气液相平衡

平衡溶解度

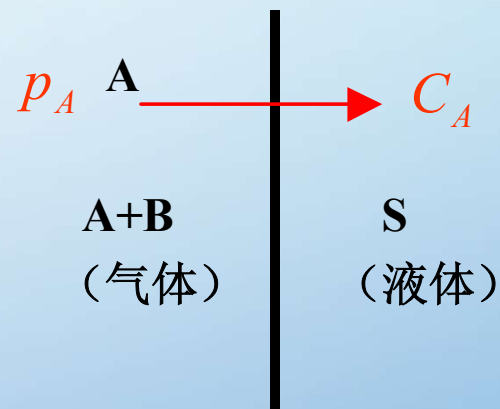
溶解度概念

气液达到相平衡时，液相中的溶质浓度称为**溶解度** C

根据相律可知，相平衡时

$$\text{自由度数 } F = C - \phi + 2$$

$$= 3 - 2 + 2 = 3 \quad (\text{对双组分气体})$$

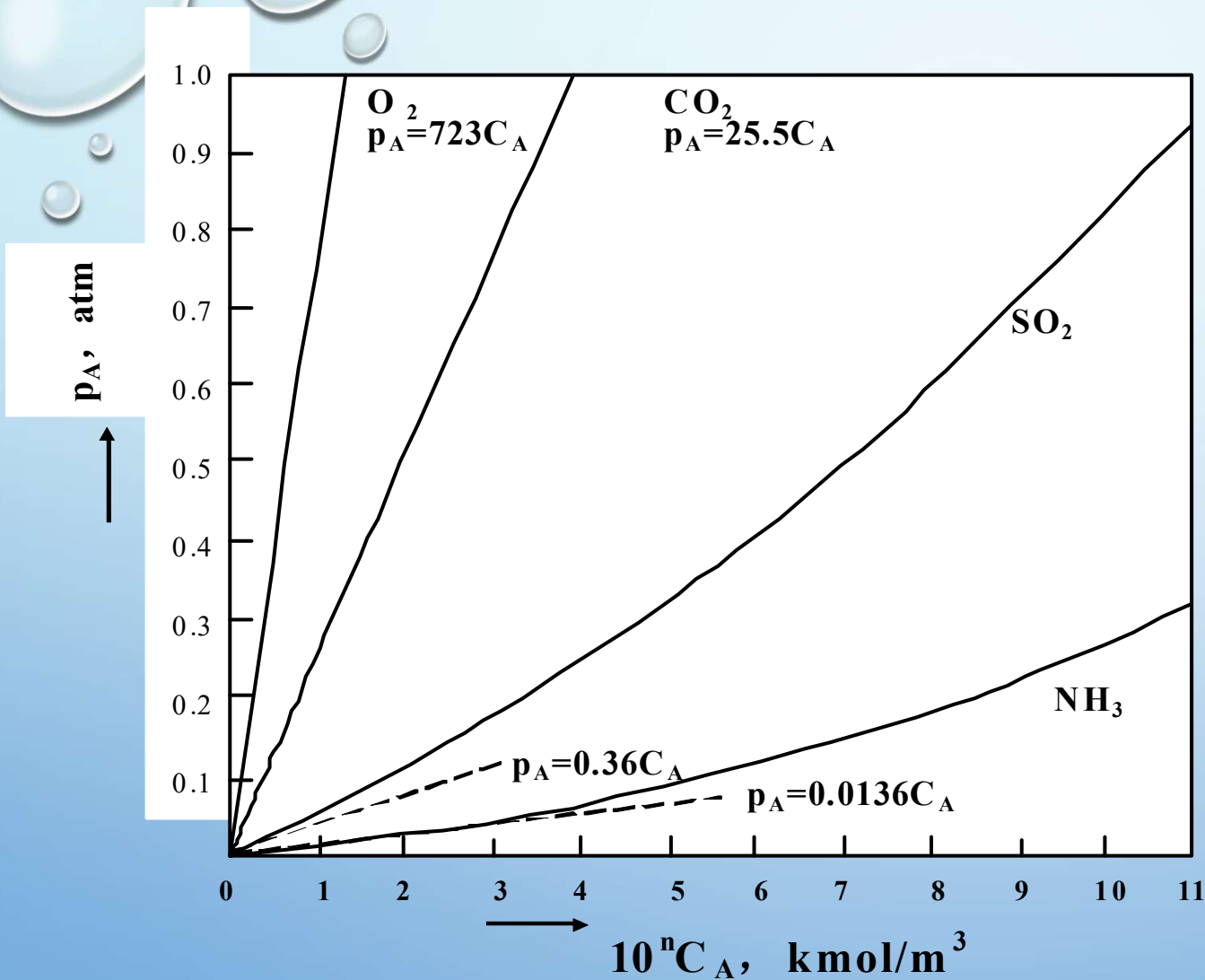


所有独立变量：温度、总压、气相组成、溶解度等

$$C_A = f(T, P, p_A)$$

在5个大气压以内，温度一定时，

$$p_A = g(C_A)$$



几种气体在 20°C 水中的溶解度曲线

指出

易容体系

难溶体系

溶解度适中

问题-7 如何表示气液两相平衡?

亨利定律

亨利三种表达方式

$$p_e = E x \quad p_e = H c \quad y_e = m x$$

亨利常数

亨利常数间的关系

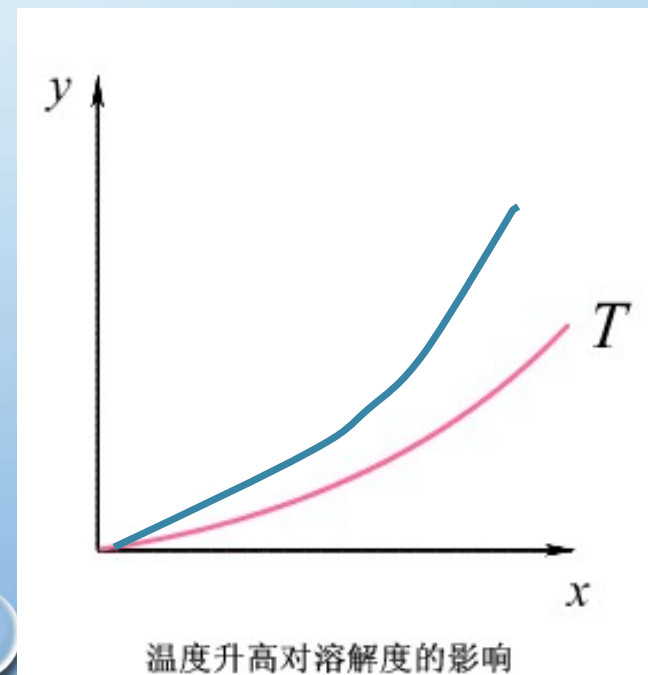
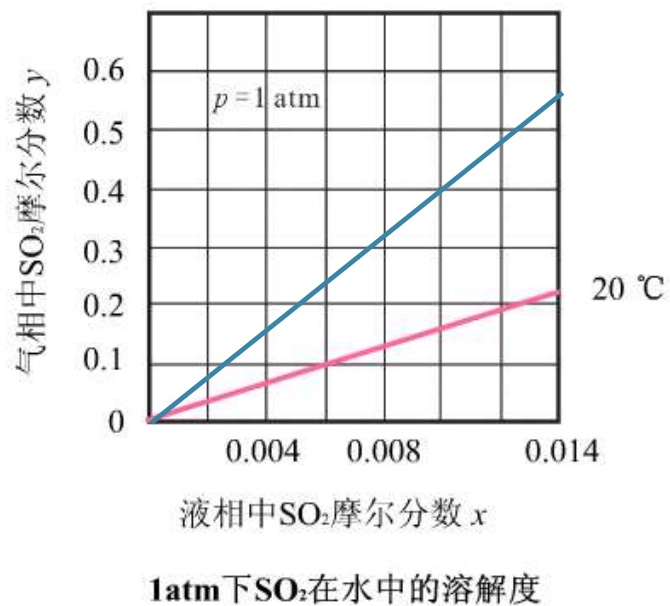
$$m = \frac{E}{p}, \quad E = H c_M, \quad c = c_M x,$$

$$c_M = \frac{\rho_m}{M_m} \approx \frac{\rho_s}{M_s}, \quad E \approx \frac{H \rho_s}{M_s}。$$

问题-8 温度对吸收的影响

$t \uparrow$, $E \uparrow$, $H \uparrow$, $m \uparrow$, 溶解度 \downarrow ,
温度升高, 不利吸收。

温度升高,
曲线如何变?



问题-9 压力对吸收的影响

$P < 5$ 个大气压， H ， E 与压力无关；

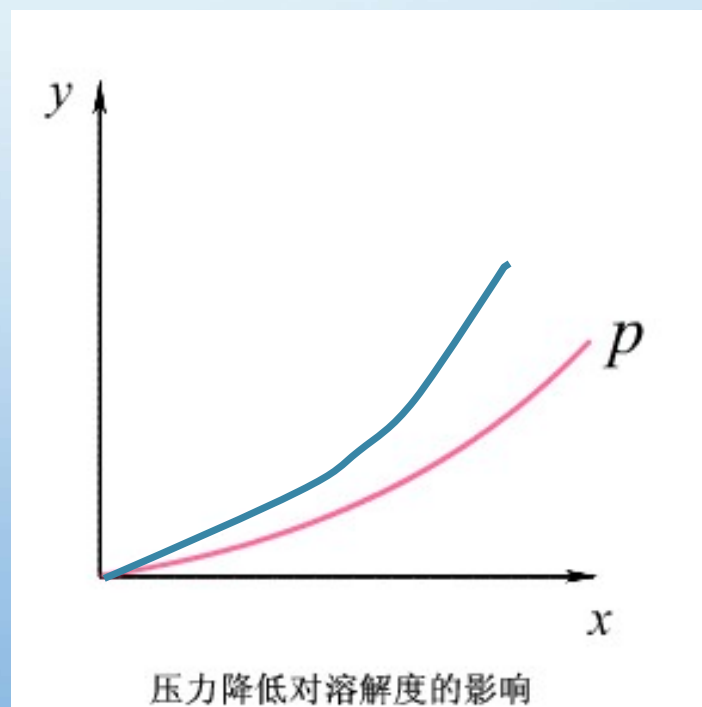
$$m = \frac{E}{p}$$

$P \downarrow$ ， $m \uparrow$ ，溶解度 \downarrow ；

压力减小，不利吸收。

压力增大，有利吸收。

压力降低，
曲线如何变？



例题

在总压 $P = 500\text{kN/m}^2$ 、温度 $t=27^\circ\text{C}$ 下使含3.0%（体积%） CO_2 的气体与含 370g/m^3 CO_2 的水相接触，求 CO_2 的平衡分压 P_E 。

已知在操作条件下，

亨利系数 $E = 1.73 \times 10^5\text{kN/m}^2$ ，水溶液的密度可取 1000kg/m^3 。

解：由题意可知，

$$C=n/v=m/M_{\text{分}}/v=\rho/M_{\text{分}}$$

3%的稀溶液，总摩尔浓度 $C_M = 1000/18=55.56\text{kmol/m}^3$

$$C_A = \frac{0.37}{44} = 8.409 \times 10^{-3} \text{ kmol / m}^3$$

$$x_A = C_A/C_M = 8.409 \times 10^{-3} / 55.56 = 1.514 \times 10^{-4}$$

$$P_E = E x_A = 1.73 \times 10^5 \times 1.514 \times 10^{-4} = 26.19\text{kPa}$$

例题

在**常压**下,测定水中溶质A 的摩尔浓度为 **0.56 kmol/m^3** ,此时气相中A 的平衡摩尔分率为**0.02** ,则此物系的相平衡常数 $m = \underline{\textcircled{1}}$ 。

当其他条件不变,而**总压增加一倍**时,相平衡常数 $m = \underline{\textcircled{2}}$,若测得**总压值为 200 kPa** ,则此时的亨利系数 $E = \underline{\textcircled{3}}$ kPa , 而溶解度系数 $H \approx \underline{\textcircled{4}}$ kPa/kmol/m^3 。

解：对于稀水溶液，

① 总摩尔浓度 $C_M = 1000/18 = 55.56 \text{ kmol/m}^3$

$$c = C_M x, \quad 0.56 = 55.6x, \quad x=0.01$$

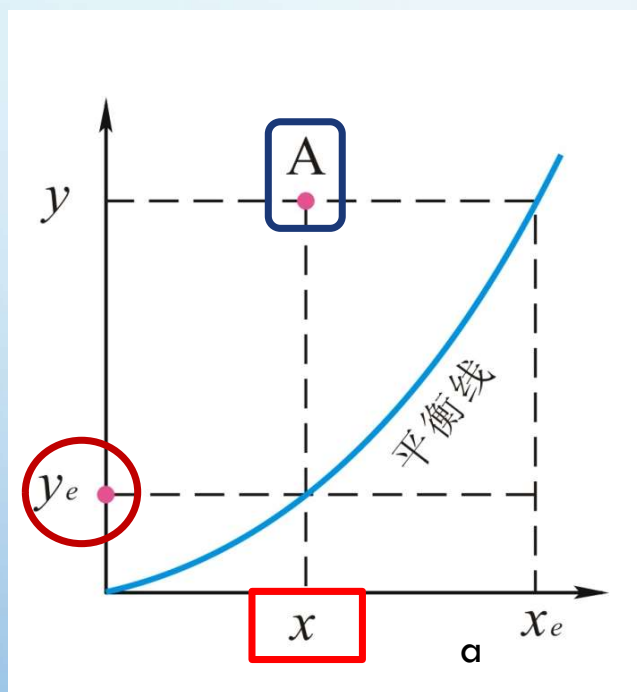
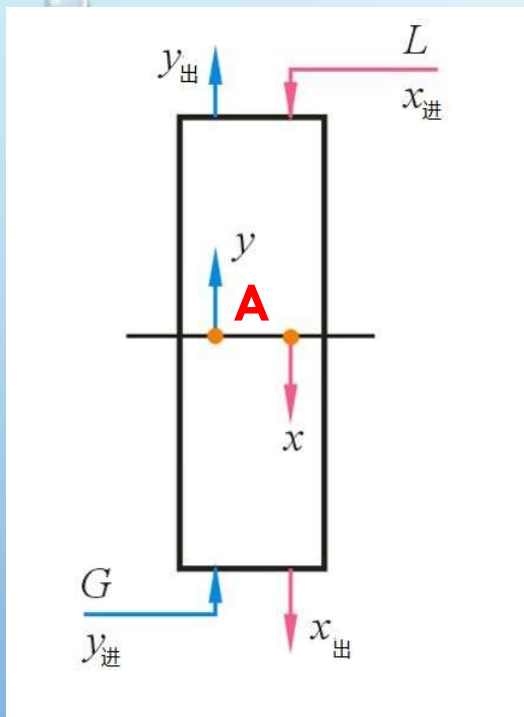
$$y_e = mx \quad 0.02 = 0.01m, \quad m=2$$

② $m = \frac{E}{p}$ P 增大一倍， m 减小一半， $m=1$

③ $E = mP = 1 * 200 = 200 \text{ kPa}$

④ $E = Hc_M, \quad H = \frac{E}{C_M} = \frac{200}{55.56} = 3.6 \text{ kPa/ kmol/m}^3$

问题-10 如何表达吸收过程推动力



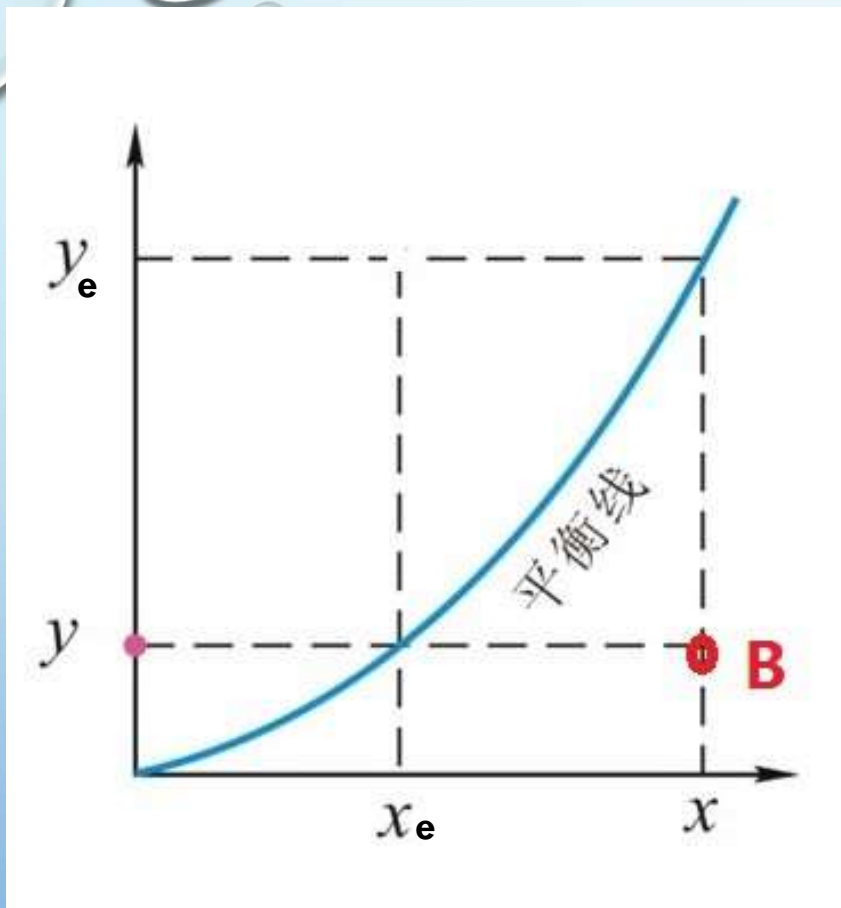
吸收推动力

推动力：实际浓度（或温度）与平衡时的偏离程度。

与x的关系？

$$y_e = mx$$

$$\begin{cases} \Delta y = y - y_e \quad (\Delta p = p - p_e) \\ \Delta x = x_e - x \quad (\Delta c = c_e - c) \end{cases}$$



解吸

解吸推动力

$$\begin{cases} \Delta y = y_e - y (\Delta p = p_e - p) \\ \Delta x = x - x_e (\Delta c = c - c_e) \end{cases}$$

小练习

- 1、吸收操作的物理依据是_____。
- 2、亨利定律的三种表达式以及适用条件_____。
- 3、汽液传质设备分为填料塔和板式塔。填料塔为_____接触设备；板式塔为_____接触设备。
- 4、若增加吸收的总压，则亨利常数 E ____， H ____， m ____，溶解度（↓，↑，不变），对吸收_____。
- 5、若体系的温度下降，亨利常数 m ___ E ___ H ___。（↓，↑，不变）
- 6、温度升高 对_____有利。常用解吸方法_____。



第三节 扩散与单相传质

学习智慧树MOOC

什么是扩散流？什么是主体流动？

在分子扩散时，漂流因子的数值=1，表示_____

对流传质理论中，三个有代表性的是_____

温度、压力对组分在气相和液相中的扩散系数影响分别是什么？

等分子方向扩散，写出下列式子的关系：

$$J_A \text{ ____ } N_A \text{ ____ } N \text{ ____ } N_M \text{ ____ } 0 \quad (>, <, =)$$

A分子单向扩散，写出下列式子的关系：

$$N_M \text{ ____ } N \text{ ____ } N_A \text{ ____ } J_A \text{ ____ } 0 \quad (>, <, =)$$

线上学习内容

- 1、复习今天的视频内容
- 2、完成相际传质章节视频学习
- 3、第一组准备讲解相际传质速率归纳
- 4、第二组准备讲解传质阻力控制归纳

讲解要求

- 1、本节内容的定义、定理和公式
- 2、知识点图谱归纳
- 3、PPT讲解

作业： **1、3、4、5、8、9、10、12、14**

作业： 1、 3、 4、 5、 8、 9、 10、 12、 14