

# 中国科学院研究生院

## 2005 年硕士研究生入学考试试题

考试科目：化工原理

### 一、选择填空题(共 34 分)

1. 层流与湍流的本质区别是\_\_\_\_\_。(2 分)  
A. 流速不同      B. 流通截面积不同      C. 雷诺数不同      D. 有无脉动速度
2. 在完全湍流区, 直管内流动摩擦阻力损失与\_\_\_\_\_成正比。(2 分)  
A. 流速的一次方      B. 流速的二次方      C. 流速的三次方      D. 流速的 0.5 次方
3. 下列哪种泵不是正位移泵\_\_\_\_\_。(2 分)  
A. 往复泵      B. 齿轮泵      C. 轴流泵      D. 隔膜泵
4. 关于过滤, 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。(2 分)  
A. 过滤速率与过滤面积成正比      B. 过滤速率与过滤面积的平方成正比  
C. 过滤速率与滤布阻力成反比      D. 过滤速率与操作压差的平方成正比
5. 旋风分离器选型主要根据\_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_。(3 分)

6. 黑体的表面温度从  $327^{\circ}\text{C}$  升至  $927^{\circ}\text{C}$ , 其热辐射能力增大到原来的\_\_\_\_\_倍。(2 分)
7. 强制对流的给热系数与下列哪个无因次数无关\_\_\_\_\_。(2 分)
- A. 雷诺数  $\text{Re}$  (Reynolds)                      B. 普朗特数  $\text{Pr}$  (Prandtl)
- C. 格拉斯霍夫数 (Grashof)
8. 用逆流填料吸收塔处理低浓度的含苯气体混合物, 假定其它操作条件不变, 请分析塔出口处气相和液相中的苯浓度 ( $y_2$ 、 $x_1$ ) 的变化趋势。(1) 当入口吸收液流量减少, 则\_\_\_\_\_ ; (2) 当操作温度升高时, 则\_\_\_\_\_。(4 分)
- A.  $y_2$  增大、 $x_1$  增大                      B.  $y_2$  增大、 $x_1$  减小
- C.  $y_2$  减小、 $x_1$  增大                      D.  $y_2$  增大、 $x_1$  减小
- E.  $y_2$  不变、 $x_1$  减小                      F.  $y_2$  增大、 $x_1$  不变
9. 某三组分混合物, 设 A 为易挥发组分, 已知某条件下液相中的组成为  $x_A = 0.5$ , 此时对应的泡点为  $t_1$ , 与液相平衡的汽相组成为  $y_A = 0.8$ , 所对应的露点为  $t_2$ , 则\_\_\_\_\_。(2 分)
- A.  $t_1 < t_2$                       B.  $t_1 = t_2$                       C.  $t_1 > t_2$                       D. 无法判断
10. 湿空气在冷却过程中不变化的参数是\_\_\_\_\_。(2 分)
- A. 焓                      B. 相对湿度                      C. 露点温度                      D. 湿球温度                      E. 熵
11. 某等温对流传质过程, 流体密度为  $\rho$ , 粘度为  $\mu$ , 速度  $u$ , 特征尺寸为  $d$ , 扩散系数  $D$ , 对流传质系数为  $k$ , 请给出描述该过程的三个独立无因次准数的表达式: \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。(3 分)
12. 为了提高液液萃取过程的传质速率, 拟采用以下的强化措施, 其中不利于强化传质的是\_\_\_\_\_。(2 分)
- A. 促使液滴不断凝聚和再分散
- B. 减小轴向混合
- C. 加入少量表面活性剂抑制液滴内部的环流
- D. 改变分布板的结构以减小液滴尺寸
13. 采用热空气在一连续干燥器内干燥某湿物料, 要求干燥后物料的含水量从 50% 减至 20% (为湿基含量), 湿物料的处理量为  $2000 \text{ kg/h}$ , 热空气的初始湿度为  $0.008 \text{ kg 水/kg 干气}$ , 离开干燥器的空气湿度为  $0.048 \text{ kg 水/kg 干气}$ 。如干燥过程无物料损失, 则水分蒸发量为\_\_\_\_\_  $\text{kg 水/h}$ , 空气消耗量为\_\_\_\_\_  $\text{kg 干气/h}$ 。(6 分)

## 二、简要回答下列问题(共 24 分)

1. 试解释离心泵启动前往往需要“灌泵”的原因。(3 分)
2. 试简述两种搅拌器的相似放大准则。(5 分)
3. “为了节省冷却介质的用量, 在设计换热器时, 应尽量提高冷却介质的出口温度”, 这种说法是否正确, 为什么?(4 分)
4. 有一搅拌式结晶器, 试列举 3 个影响结晶速率的主要因素。(3 分)
5. 一筛板塔, 因结构参数设计不合理, 非理想流动很严重, 导致塔板效率较低。试针对塔板的主要结构参数, 分析可能的原因和改进措施(只需分析 2 个结构参数)。(6 分)
6. 单一传热过程的极限是什么? 单一气液传质过程的极限又是什么? 采用凉水塔能突破上述传递极限吗? 并简述原因。(4 分)

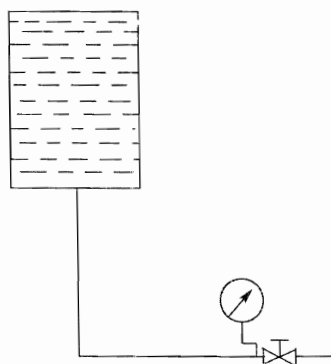
## 三、分析计算题(共 92 分)

1. (8 分) 试推导重力场中球形颗粒在静止流体中作自由沉降运动, 其沉降速度  $u_i$  满足:

$$u_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho)gd_p}{3\rho\xi}}$$

其中,  $\rho$ 、 $\rho_p$  分别是流体和颗粒的密度,  $g$  为重力加速度,  $d_p$  为颗粒直径,  $\xi$  为曳力系数。

2. (16 分) 水从下图所示的水槽管道中流出, 已知水槽中水的液面高度恒定, 水槽水平管线上出口阀门关闭时, 压强表的读数为 98.1 kPa(表压, 下同); 当该出口阀门开启后, 压强表读数变为 40 kPa。另知水槽至压强表处管线总阻力为 4.5 mH<sub>2</sub>O, 求阀门开启时管中水的流速。

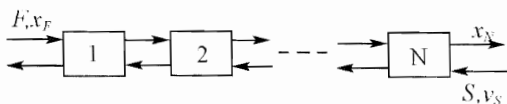


题 2 图

3. (18 分) 为减少热损失, 在外径  $\phi 150$  mm 的饱和蒸汽管处覆盖厚度为 80 mm 的保温层, 保温材料的导热系数  $\lambda = 0.1 + 0.002t$  (式中  $t$  的单位为  $^{\circ}\text{C}$ )。已知饱和蒸汽温度为  $180^{\circ}\text{C}$ , 并测得距保温层中央即厚度为 40 mm 处的温度为  $120^{\circ}\text{C}$ , 试求保温层的外侧温度是多少?

4. (18 分) 质量流量为  $F$  的某待分离混合物, 含有溶质 A 的浓度为  $x_F$  (质量分数), 欲采用含 A 浓度为  $y_S$  (质量分数) 的溶剂萃取分离该混合物中的溶质 A, 要求萃余相中 A 的浓度为  $x_N$ , 萃取剂的质量流量为  $S$ 。如果用多级逆流萃取的操作方式, 假定物料在各级萃取器内充分接触, 离开时已达相平衡状态, 该体系的分配系数为  $m$ , 即  $y = mx$ 。请你根据物料衡算推导出萃取所要的理论级数表达式为:

$$N = \frac{1}{\ln(mS/F)} \ln \left( \left( 1 - \frac{F}{mS} \right) \left( \frac{x_F - y_S/m}{x_N - y_S/m} \right) + \frac{F}{mS} \right)$$



题 4 图

5. (16 分) 某逆流填料吸收塔, 用清水吸收混合气中的低浓度组分 A, 已知入塔混合气 A 的摩尔浓度为  $y_1 = 0.05$ , 进口混合气的摩尔流率为  $G = 200 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{h}$ , 要求吸收回收率  $\eta = 90\%$ , 吸收剂的用量采用最小用量的 1.5 倍, 操作条件下的气相体积总传质系数  $K_y a = 160 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{h}$ , 气液相平衡关系为  $y = 0.8x$ 。试求:

- (1) 清水的用量  $L$  ( $\text{kmol/m}^2 \cdot \text{h}$ );
- (2) 出塔溶液中组分 A 的摩尔含量  $x_1$ ;
- (3) 所需填料层的高度  $h$  (m)。

6. (16 分) 某精馏塔只有一块塔板, 塔底设一再沸器(相当于 1 块理论板), 塔顶设一全凝器, 全部作为产品。流量为  $F$ , 易挥发组分组成为  $x_F = 0.3$  (摩尔分率, 下同) 的原料从塔顶加入, 采用汽液混合物进料 ( $q = 0.8$ )。测得塔顶挥发组分的组成为  $x_D = 0.4$  回收率为 85%, 该物系的相对挥发度  $\alpha = 3.5$ 。试求:

- (1) 塔底出口残液的组成  $x_W$ ;
- (2) 该精馏塔内的一层塔板的液相默弗里板效率  $E_{\text{ml}}$ 。