

中国科学院研究生院
2007 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：化工原理

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
 2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上均一律无效。
-

一. 单选题（每题 2.5 分，共 25 分）

1. 某流体在内径为 D 的水平管中平稳流动，当该流体以相同的体积流量通过等长的内径为 $0.5D$ 的水平管时，如果流动为完全湍流（阻力平方区），则压降是原来的（ ）。
A. 4 倍； B. 8 倍； C. 16 倍； D. 32 倍。
2. 在空气—蒸汽间壁换热过程中可采用（ ）方法来提高传热速率。
A. 提高蒸汽速度；
B. 采用过热蒸汽；
C. 降低空气流速；
D. 提高空气流速。
3. 有关多效蒸发器的三种加料类型：并流加料、逆流加料、平流加料，说法**错误**的是：
（ ）。
A. 并流加料和平流加料都采用并流换热方式；
B. 在同等进料条件下，逆流加料的蒸发效率高于并流加料；
C. 平流加料更适用于易结晶的物料；
D. 三种加料方式的采用都提高了物料蒸发量，但以牺牲蒸汽的经济性为代价。
4. 结晶分离的过程通常采用降温或者浓缩的方法，其目的是提高溶液的（ ），从而推动晶体的析出。
A. 过饱和度； B. 浓度差； C. 粘度差； D. Gibbs 自由能。
5. 双组分溶液萃取分离体系实际上是两个部分互溶的液相，其组分数为 3，根据相律，系统的自由度为 3，当两相处于平衡时，组成只占用 1 个自由度，因此操作中（ ）。
A. 只能调整压力；
B. 只能调整温度；

- C. 压力和温度都可以调整；
D. 无法确定调整压力还是温度。
6. 假设一液滴与一固体球的体积和密度都相同，并且在同一流体中自由沉降，则下列哪种液滴所受到的曳力小于流体对固体球的曳力：（ ）。
- A. 刚性小液滴；
B. 有内部环流的球形液滴；
C. 曲折运动的椭球形液滴；
D. 上述 3 种液滴受到的曳力作用都大于固体球。
7. 空气的干球温度为 t ，湿球温度为 t_w ，露点为 t_d ，当空气的相对湿度为 95% 时，则（ ）。
- A. $t = t_w = t_d$ ； B. $t > t_w > t_d$ ； C. $t < t_w < t_d$ ； D. $t > t_w = t_d$
8. 如果某固定床中的颗粒装填为紧密排列，假设该固定床内部包括下述几种区域（圆柱状颗粒与球形颗粒的当量直径相等），请问流体最难通过的床层区域是：（ ）。
- A. 壁面附近；
B. 直径均一的球形颗粒区；
C. 乱堆的圆柱状颗粒区；
D. 直径不等的球形颗粒区。
9. 下列板式塔中操作弹性最大的是（ ）。
- A. 筛板塔； B. 浮阀塔； C. 泡罩塔； D. 舌形喷射塔。
10. 厚度不同的两种材料构成两层平壁，层接触良好，已知壁厚 $d_1 > d_2$ ，导热系数 $\lambda_1 < \lambda_2$ ，在稳定传热过程中，下列关系式正确的是：（ ）。
- A. 导热速率 $q_1 > q_2$ ；
B. 热阻 $R_1 > R_2$ ；
C. 温差 $\Delta T_1 < \Delta T_2$ ；
D. $R_1 \Delta T_1 = R_2 \Delta T_2$

二. 填空题（每空 1 分，共 30 分）

1. 如果板式塔设计不合理或操作不当，可能产生 ____、____ 及 ____ 等不正常现象，使塔无法工作。

2. 启动时需要关闭出口阀门的液体输送泵是：____。为改善往复泵流量不均匀的缺点，常用的两个方法是：____、____。
3. 用裸露热电偶测量管道内温度为 1000K 的高温气体，由于辐射造成的测量误差为 10%，管壁温度为 400K，当气体加热到 1500K 时，辐射造成的测量误差约为 ____。
4. 恒定干燥条件下的干燥速率曲线一般包括 ____ 和 ____ 阶段，其中两干燥阶段的交点对应的物料含水量称为 ____。
5. 对一定操作条件下的填料吸收塔，如将填料层增高一些，则塔的 H_{OG} ____， N_{OG} ____。
6. 对流传质理论的主要三个理论是：____、____、____。
7. 蒸发器的热阻主要是由四部分组成：____、____、____ 和 ____。
8. 膜分离发生所需要的驱动力是____ 或____，请列举三种典型的膜分离过程：____、____、____。
9. 表征“三传”的三个类似的定律是：表征动量传递的____、表征热量传递的____、表征质量传递的____。
10. 边界层分离会大大增加机械能的损耗，从流体流动的结构上分析，这是因为：____。在管路流动中，由于边界层分离导致阻力损失增加的两个典型的例子是：____、____。

三. 简答题（每题 4 分，共 20 分）

1. 简述化学吸收的主要优点。
2. 化工厂有一搅拌反应釜，反应的选择性一直不理想。经研究发现，是因为反应器内的湍流微观混合效果不好，必须强化混合。要强化微观混合，对搅拌器输出液体量和输出压头的大小有什么要求？如果该反应釜的搅拌功率已不能再提高了，请问如何改变搅拌桨的大小和搅拌操作条件？
3. 在气体吸附分离或者气体膜分离中，经常碰到一个重要的扩散—努森（Knudsen）扩散，请叙述努森扩散对含有不同分子量的气体混合物进行分离的原理。

4. 气固流态化可分为散式流态化和聚式流态化两类，已知经典散式流态化的床层膨胀方程为： $\frac{u_0}{u_t} = \varepsilon^n$ ，式中的 u_0 为流体表观速度， u_t 为颗粒终端沉降速度， ε 为床层空隙率， n 为膨胀指数。聚式流态化不满足上述方程。请问：如果以此方程为判据，如何设计一套实验与数据处理程序，来鉴别某气固流化床为聚式流态化还是散式流态化？
5. 对于 A+B 的可萃取分离体系，采用一般的多级逆流萃取，可以使最终萃取余相中 A 的含量降至很低，但是仍含有一定量的 B，这时如果引入精馏中采用的回流技术以实现 A 和 B 的高纯分离。请简要叙述回流萃取及其实现高纯分离的原理？

四. 分析计算题（共 75 分）

1. （10 分）有一板框过滤机，恒压过滤某悬浮液。过滤时间为 2 小时，滤渣完全充满滤框时的滤液量为 20 m^3 。随后用 10% 滤液量的洗涤液（物性与滤液相同）洗涤，每次拆装所需时间为 15 分钟。已知该操作过程中的过滤介质当量滤液量 $V_e = 2.5 \text{ m}^3$ 。请问该过滤机的生产能力是多少 (m^3/h)？
2. （12 分）一精馏塔，原料液组成为 0.5（摩尔分率），饱和蒸气进料，原料处理量为 100 kmol/h ，塔顶、塔底产品量各为 50 kmol/h 。已知精馏段操作线方程为 $y = 0.833x + 0.15$ ，塔釜用间接蒸汽加热，塔顶全凝器，泡点回流。试求：
- (1) 塔顶、塔底产品组成 x_D 和 x_w ；
 - (2) 全凝器中每小时冷凝蒸汽量；
 - (3) 蒸馏釜中每小时产生蒸汽量；
 - (4) 若全塔平均挥发度 $\alpha = 3.0$ ，塔顶第一块塔板默弗里效率 $E_{mvl} = 0.6$ ，求离开塔顶第二块塔板的气相组成。
3. （12 分）某非牛顿流体在直管内流动，可以用幂律模型来描述该流体的剪切力 τ 与剪切率之间的关系，即 $\tau = -K \left(\frac{du}{dr} \right)^n$ ， u 是流体的轴向速度， r 是圆管的径向坐标， K 和 n 是常数。请依据管流的剪应力分布，证明该流体在圆管截面上的平均流速是：

$$\bar{u} = \frac{n}{3n+1} \left(\frac{\Delta P}{2LK} \right)^{\frac{1}{n}} R^{\frac{n+1}{n}}$$

式中， L 是管子长度， ΔP 为包含位能和压强能的压力差， R 是圆管半径。

4. (13分) 在由若干根 $\phi 25 \times 2.5 \text{mm}$ ，长为3m的钢管组成的列管式换热器中，用温度为 140°C 的饱和水蒸汽加热空气，空气走管程。空气的质量流量为 3600kg/h ，空气的进、出口温度分别是 20°C 和 60°C ，操作条件下的空气比热为 $1.0 \text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ，空气的对流给热系数为 $50 \text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ，蒸汽冷凝给热系数为 $8000 \text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ，假定管壁热阻、垢层热阻及热损失可忽略不计。试求：

- (1) 加热空气需要的热量 Q 为多少？
- (2) 以管子外表面为基准的总传热系数 K 为多少？
- (3) 列管换热器至少需要多少根管子？

5. (13分) 某湿物料 10kg ，均匀地平铺在面积为 0.50m^2 的平底浅盘内，并在恒定干燥条件下进行干燥。物料的初始含水量为 15% ，已知在此条件下物料的平衡含水量为 1% ，临界含水量为 6% （均为湿基），并已测出在恒速阶段的干燥速率为 $0.394 \text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，假设降速阶段的干燥速率与物料的自由含水量（干基）成线性关系。试求：（1）将物料干燥至含水量为 2% （湿基），所需要的总干燥时间为多少小时？（2）现将物料均匀地平铺在两个与上述尺寸相同的浅盘内，并在同样的空气条件下进行干燥，只需4小时便可将物料的水分降至 2% （湿基），问物料的临界含水量有何变化？恒速及降速两个干燥阶段的时间各为多少小时？（可假设一个物料临界含水量 X'_c 值试算）

6. (15分) 如图所示的双塔流程以纯溶剂 S 吸收某组分 Z ，混合气中的 Z 的摩尔含量为 y_1 ，两塔的纯溶剂 S 用量相等，且均为最少溶剂使用量的 R 倍。在操作范围内，物系的平衡关系服从亨利定律，两个塔的总传质系数相同，塔直径相同。

试证明：(i) $y_2 = \sqrt{y_1 y_3}$ ； (ii) 两个塔的塔高 $H_A = H_B$ 。

