

考试科目： (803) 化工原理 共 5 页
★★★★ 答题一律做在答题纸上，做在试卷上无效。★★★★

一、单项选择题（请选择正确项，并将答案填写在答题纸上。共 15 小题，每小题 2 分，共 30 分）

- 1、化工单元操作主要针对（ ）。
 - A. 无化学反应的物理过程
 - B. 以化学反应为主的化学过程
 - C. 操作与反应过程之间的复杂关系
 - D. 放大规律及其与各种化学反应之间的本质关系
- 2、以下观点正确的是（ ）。
 - A. 静止流体所受的压力属于体积力
 - B. 双液柱压差计中两种指示液的密度相差较大，有利于降低测量误差
 - C. 服从牛顿粘性定律的流体，是牛顿型流体
 - D. 非稳态流是指流速随位置变化的流动
- 3、对水平圆管内稳态流动的单相理想流体，若将其流速增大 2 倍，则摩擦阻力（ ）。
 - A. 增大 4 倍
 - B. 减小 4 倍
 - C. 取决于雷诺数和管壁相对粗糙度
 - D. 不变
- 4、流体速度边界层分离的必要条件是（ ）。
 - A. 近壁面存在逆压梯度
 - B. 实际流体具有粘性
 - C. 实际流体具有粘性及存在逆压梯度
 - D. 边界层内粘性应力的作用
- 5、关于离心泵的相关观点，正确的是（ ）。
 - A. 离心泵启动前灌满液体，是为了防止发生汽蚀现象
 - B. 离心泵蜗壳的作用主要是收集液体和能量转化
 - C. 离心泵的安装高度要求不超过允许安装高度，是为了避免发生气缚现象
 - D. 将双泵并联，流量是原单泵工作时的 2 倍以上
- 6、助滤剂的主要作用是（ ）。
 - A. 堵塞过滤介质中的大孔道，使其表面形成致密的滤饼
 - B. 改善滤饼的结构，提高滤饼的刚性
 - C. 增加深层过滤过程中的颗粒沉积
 - D. 减小过滤过程中的流体粘度和过滤的阻力

- 7、描述热传导过程的基本定律是 ()
- A. 牛顿冷却定律
 - B. 迪图斯-贝尔特定律
 - C. 斯蒂芬-波尔兹曼定律
 - D. 傅里叶定律
- 8、化工过程中选用或设计换热器时，一般走壳程的是 ()
- A. 饱和蒸汽
 - B. 腐蚀性流体
 - C. 高压流体
 - D. 有毒流体
- 9、以下观点正确的是 ()
- A. 单项扩散的传质通量比等摩尔反向扩散时小，是因为分子扩散引起的混合物流动阻碍了传质
 - B. 单项扩散的传质通量比等摩尔反向扩散时大，原因是分子扩散引起的混合物流动促进了传质
 - C. 对于传质过程而言，任何条件下压强梯度和温度梯度都不会引起扩散
 - D. 对一维稳态扩散传质过程，分子扩散通量与浓度成正比
- 10、某混合气体经加压吸收后进行解吸，最节能的方法 ()
- A. 直接水蒸气汽提
 - B. 惰性气体气提
 - C. 精馏分离
 - D. 降压闪蒸
- 11、简单蒸馏与平衡蒸馏的主要区别是 ()
- A. 简单蒸馏釜内轻组分含量不断增大，而平衡蒸馏则处于平衡状态
 - B. 简单蒸馏原料液中轻组分受热气化分离，而平衡蒸馏原料液则处于过热状态，经闪蒸分离
 - C. 简单蒸馏是一级汽-液平衡过程，而平衡蒸馏是多级汽-液平衡过程
 - D. 简单蒸馏需要蒸汽加热，平衡蒸馏是精馏的简化过程
- 12、板式塔溢流堰的主要作用是 ()
- A. 促进喷淋均匀性，减小流动阻力
 - B. 降低持液量，促进气液传质
 - C. 维持液层，使气液充分接触，从而促进传质与分离
 - D. 加强塔板的机械强度，防止雾沫夹带
- 13、液-液多级逆流萃取是 ()
- A. 萃余相作为下一级的料液，而萃取剂则使用逆向上一级的萃取液
 - B. 用新鲜萃取剂对前一级萃余相进行萃取，直至符合要求
 - C. 在填料塔内液-液两相连续接触，直至符合要求
 - D. 在筛板塔内液-液两相连续接触，直至符合要求
- 14、属于对流干燥的是 ()
- A. 用红外线干燥金属表面涂层
 - B. 用微波干燥食品
 - C. 用热壁面干燥新采摘的茶叶
 - D. 用热空气干燥湿的碳酸钙颗粒

15、降速干燥阶段的热、质传递阻力主要来源于 ()

- A. 热空气与物料表面之间
- B. 非结合水分
- C. 物料内部
- D. 物料表面

二、填空题 (请将正确答案填写在答题纸上。每空 0.5 分, 共 20 分)

- 1、二氧化碳气体粘度随温度升高而_____，其原因是_____。
- 2、运动流体的连续性方程描述的是流动过程中的_____守恒，奈维-斯托克斯方程描述的是_____守恒。
- 3、根据普兰特边界层理论，实际流体沿固体壁面流动时，整个流区可以划分为边界层和_____两个区域；流体以均匀流速进入内径为 d 的圆管，流动达到充分发展层流所需的入口段长度 L 。为_____。
- 4、离心泵内主要有_____、_____和机械损失等机械能损耗，因此，离心泵的有效功率必然小于其轴功率。
- 5、从原理上看，隔膜泵属于_____式泵，其流量调节主要通过_____调节方式。
- 6、往复压缩机的一个工作循环包括_____、_____、膨胀和吸气等四个阶段。
- 7、工业上利用重力沉降原理从气-固体系中分离颗粒的设备如_____。
- 8、化工过程中常用的间歇式操作过滤设备如_____和_____。
- 9、适于乳浊液离心分离的离心机如_____和_____。
- 10、流体进入圆管内对流传热，入口段的对流传热系数比充分发展段_____。
- 11、大容器内过渡沸腾阶段传热通量和传热系数迅速降低的原因是_____。
- 12、辐射传热包括物体间相互_____和_____能量的总效果。
- 13、描述一维分子扩散的菲克定律表达式是_____；其物理意义是_____。
- 14、双模理论中气液相界面的传质阻力为_____，膜内的传质方式为_____。
- 15、精馏节能的主要途径有减小回流比、原料预热、增加中间换热器、_____和_____。
- 16、对于沸点相近的物系进行精馏分离，可以有的精馏方法有_____和_____。
- 17、填料塔内压力增大使液膜形成连续相，气流变为分散相鼓泡式上升，则塔内发生了_____。
- 18、板式塔的操作下限是_____。
- 19、化工过程中强化液-液萃取的塔设备如_____和_____。
- 20、对流干燥过程传递的特点是_____和_____。
- 21、空气绝热饱和过程中，热、质交换达到的平衡是_____平衡。
- 22、气流干燥器和流化床干燥器的共同特点是气固两相_____接触，且接触面积_____。
- 23、依靠孔径筛分相应实现不同大小物质分离的膜分离方法有_____和_____。

三、简答题（简要回答问题，请将正确答案填写在答题纸上。共 30 分）

某同学在一搅拌槽式反应器内，采用同轴多叶轮搅拌桨，对油相底物、水相溶液及细胞组成的多相体系进行搅拌，并从反应器底部引入空气，形成气-液-液-固多相体系，通过细胞合成某水溶性产物。产物的生成过程主要在细胞内部和表面进行，该过程中细胞需要与底物油相充分接触，并利用空气，才可以顺利合成。已知细胞为密度 1020 kg/m^3 的颗粒状固相，分散在水相溶液中，细胞直径为微米级；反应器内的分散相为油相，其密度为 800 kg/m^3 ；连续性为水相，其密度为 1000 kg/m^3 ；合成过程的温度为 35°C ，常压。试结合化工原理中的相关知识，分析回答以下问题：

(1) 该过程中搅拌桨的主要作用是什么？该同学为何采用了多叶轮搅拌桨？其与单叶轮搅拌桨有何不同？（10 分）

(2) 该同学在操作中发现产物产量大幅度下降，且大量细胞分散在反应器底部区域，而中部和上部则很少；油相底物集中在反应器上部区域，底部很少。可能的原因有哪些？应该采取什么改善措施？其依据的原理是什么？（10 分）

(3) 对该过程中空气的流量进行检测，可以选择什么仪表？其依据的原理是什么？在安装和操作中需要注意哪些细节？（10 分）

四、计算题（请将正确答案填写在答题纸上。共 4 题，共 70 分）

1、（共 15 分）某离心泵输 20°C 水进塔，升扬高度为 15 m 。塔内表压力 1.0 atm ，水槽敞口。管子内径 100 mm ，阀全开时管子全长 285 m （包括局部阻力），摩擦系数 0.028 。试求：

(1) 管路特性曲线，并在图上描出（只需按流量 $Q=30、40、50 \text{ m}^3/\text{h}$ 三点描出）；

(2) 若要求流量为 $45 \text{ m}^3/\text{h}$ ，泵的扬程为 40.2 m ，此泵是否可用？

(3) 当泵的转速降低 5% ，这时此泵对 (2) 的流量要求能否满足？出口动能可略。已知原转速时，流量与压头分别为 $Q=47.4 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $H_e=39.5 \text{ m}$ 。

2、（共 20 分）某厂精馏塔顶冷凝器中有 $\phi 25 \times 2.5 \text{ mm}$ 的管 50 根，长 2 m 。管内通冷却水，流速为 1.0 m/s ，其进、出口温度分别为 20°C 和 40°C 。管外为 119.6°C 的有机蒸汽冷凝，对流传热系数为 $11000 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ 。如果热损失、管壁两侧的污垢热阻及壁的导热热阻忽略不计，水物性数据取为：比热 $c_p=4.174 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ，密度 $\rho=995.7 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，导热系数 $\lambda=0.617 \text{ W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ ，粘度 $\mu=0.8 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ，试求：

(1) 管壁与冷却水之间的对流传热系数；

(2) 基于管外表面积的总传热系数；

(3) 该厂仓库有一台与上述传热面积相同，管径相同，但管数为 60 根的换热器拟作备品。若要求维持原有的冷凝任务，有机蒸汽温度也不变，问该换热器是否合用？

3、（共 15 分）在拟在逆流操作的塔径为 1 m 的填料塔内，用清水吸收空气—氨混合气中的氨。操作压力为 101.3 kPa （绝对），温度为 20°C ；混合气的处理量为 $113 \text{ kmol}/\text{h}$ ，氨含量为 4.2% （体积%）。当水用量为 $2355 \text{ kg}/\text{h}$ 时，出塔水溶液的氨浓度为平衡浓度的 70% 。已知：操作范围内氨在水中的相平衡关系为 $y=0.9x-0.3 \times 10^{-2}$ ，总体积传质系数 $K_{y,a}=0.03 \text{ kmol}/(\text{m}^3\cdot\text{s})$ 。试求：

(1) 吸收率；

(2) 填料层高度。

7

4、(共 20 分) 用一连续精馏塔分离二元理想溶液，进料量为 100 kmol/h ，进料组成为 0.4 (摩尔分率，下同)，馏出液组成为 0.9 ，残液组成为 0.1 ，相对挥发度为 2.5 ，饱和蒸汽进料。塔顶冷凝器为全凝器，塔釜间接蒸汽加热。试求：

- (1) 馏出液量及残液量；
- (2) 最小回流比；
- (3) 操作回流比为 3 时，塔釜每小时产生的蒸汽量为多少 kmol ？
- (4) 塔釜上一块理论板液相组成为多少？
- (5) 计算第 3 问时作了什么假定？

(6) 现下达生产指标，要求在料液不变及 $x_D \geq 0.9$ 条件下，增加馏出物产量。有人认为，由于本塔的冷凝器和塔釜能力均较富裕，因此，完全可以采取操作措施，提高馏出物产量，并有可能达到 $D=40 \text{ kmol/h}$ 以上，你认为：此种说法有无根据？可采取的操作措施是什么？

