

2023 年 4 月高等教育自学考试全国统一考试

化学反应工程

(课程代码 05044)

注意事项:

1. 本试卷分为两部分, 第一部分为选择题, 第二部分为非选择题。
2. 应考者必须按试题顺序在答题卡(纸)指定位置上作答, 答在试卷上无效。
3. 涂写部分、画图部分必须使用 2B 铅笔, 书写部分必须使用黑色字迹签字笔。

第一部分 选择题

一、单项选择题: 本大题共 10 小题, 每小题 1 分, 共 10 分。在每小题列出的备选项中只有一项是最符合题目要求的, 请将其选出。

1. 30 年代, 石油化学工业刚刚兴起, 提出了“单元操作”和“单元过程”等概念。下列选项中不属于单元操作的工序的是
 - A. 流体输送
 - B. 干燥
 - C. 蒸馏
 - D. 水解
2. 转化率 x , 收率 Y 和选择性 S 三者存在的关系是
 - A. $Y=Sx$
 - B. $Y=S/x$
 - C. $x=SY$
 - D. $x=S/Y$
3. 下列选项中不属于化学吸附特点的是
 - A. 温度低时, 吸附很慢
 - B. 吸附层为多层
 - C. 常为不可逆过程
 - D. 吸附热比较大
4. 对于在多孔催化剂颗粒上进行的不可逆反应 $A(g) \rightarrow B(g)$, 属于内扩散的是
 - A. 反应物 A 由气相主体扩散到颗粒外表面
 - B. 产物 B 由颗粒外表面扩散到气相主体
 - C. 反应物 A 由外表面向孔内扩散, 到达可进行吸附/反应的活性中心
 - D. 吸附态的 A 在表面上反应生成吸附态的 B

5. 对一平行一连串反应 $A \xrightarrow{(1)} P \xrightarrow{(2)} Q$, P 为目的产物, 若活化能次序为: $E_2 < E_1 < E_3$, $A \xrightarrow{(3)} R$

为了使目的产物的收率最大, 则最佳操作温度序列为

- A. 先高后低
 - B. 先低后高
 - C. 高温操作
 - D. 低温操作
6. 连续流动釜式反应器在强烈搅拌的情况下可视为
 - A. 全混流反应器
 - B. 平推流反应器
 - C. 等温反应器
 - D. 间歇釜式反应器
 7. 混合现象按照混合发生的尺寸大小可以分为宏观混合和微观混合, 其中微观混合是一种微团尺度上的混合, 下列选项中不属于微团的是
 - A. 固体颗粒
 - B. 液滴
 - C. 气泡
 - D. 蛋白质
 8. 对于一级不可逆气-液相反应, $M = \delta_L^2 \frac{k_1}{D_{AL}}$, 当 M 在什么范围内, 反应速率很大?
 - A. $\ll 1$
 - B. < 1
 - C. $= 1$
 - D. $\gg 1$
 9. 流体流过固定床会产生压力降, 对 ΔP 影响最大的是床层空隙率 ε 和空床平均流速 u_0 , 以下选项能正确表示 ΔP 与 ε 、 u_0 的关系是
 - A. $\varepsilon \uparrow \Delta P \uparrow, u_0 \uparrow \Delta P \uparrow$
 - B. $\varepsilon \uparrow \Delta P \uparrow, u_0 \uparrow \Delta P \downarrow$
 - C. $\varepsilon \uparrow \Delta P \downarrow, u_0 \uparrow \Delta P \downarrow$
 - D. $\varepsilon \uparrow \Delta P \downarrow, u_0 \downarrow \Delta P \downarrow$
 10. 连续换热内冷自热式催化反应器一般用于哪种反应?
 - A. 高温
 - B. 超低温
 - C. 高压
 - D. 中低压

二、判断题: 本大题共 15 小题, 每小题 1 分, 共 15 分。

判断下列各题正误, 正确的在答题卡相应位置涂“A”, 错误的涂“B”。

11. 化学反应过程是一个综合化学反应与动量、热量、能量交互作用的宏观反应过程。
12. 人们在实践中提出了各种化工生产的工程放大方法, 主要有相似放大法、经验放大法和数学模拟放大法。
13. 任何反应组分的反应量与其化学计量系数之比为一恒值。
14. 多重反应体系需要多个参数才能进行关联, 参数的数目应该大于独立反应数。
15. 对于单一反应, 转化率与收率在数值上相等。
16. 化学反应速率用于衡量化学反应快慢的程度。

17. 对于催化反应，反应速率常数不仅与温度有关并且与催化剂的性能有关。所以，选择合适的催化剂，使主反应的反应活化能比副反应的活化能大，可以改善反应的选择率。
18. 多相催化反应是一个多步骤的过程，其中表面反应过程包括：吸附、表面反应和脱附三步。
19. 内扩散的存在对连串反应有利。
20. 间歇反应器是分批操作的，操作时间由以下两部分组成：反应时间 t 和辅助时间 t_0 。
21. 以（产品产量/操作时间）为目标函数时，最优反应时间是必然存在的。
22. 即使是对于特定的反应器，反应时间分布是不同的。
23. 流体流经固定床层时，由于颗粒间的孔道截面积不规则，流体不断发生分散与汇合，尤其是高流速、大颗粒时，这种分散与汇合更为剧烈。
24. 固定床床层是由许许多多的催化剂颗粒堆积而成的，床层空隙率是表征床层压力的主要参数。
25. 换热式反应器，又称非绝热变温反应器，其结构大部分不同于列式换热器。

第二部分 非选择题

三、填空题：本大题共 10 小空，每小空 1 分，共 10 分。

26. 用数学方法来模拟反应过程的模拟方法称为_____。
27. 工业反应过程的原料中各反应组分之间往往不符合化学计量数关系，通常选择不过量的反应物计算转化率，这样的组分称为_____。
28. 化学计量学是研究化学反应系统中_____和产物组成改变关系的数学表达式。
29. 间歇釜式反应器主要用于_____或以液相占反应器中大部分体积的反应。
30. 对于一级反应（单一反应），选择两个体积相同的釜串联，可使总反应体积_____。
31. 一种反应物同时形成多种产物，称为_____反应。
32. 停留时间是指物料质点从进入到离开_____总共停留的时间。
33. 固定床气-固相催化反应器主要分为_____和连续换热式。
34. 紧密填充固定床的床层空隙率比疏松填充固定床的床层空隙率_____。
35. 填充床反应器适用于_____和瞬间反应过程。

四、名词解释题：本大题共 5 小题，每小题 3 分，共 15 分。

36. 空间速度
37. 填充系数

38. 全混流
39. 形状系数
40. 气液反应

五、简答题：本大题共 2 小题，每小题 5 分，共 10 分。

41. 简述绝热式固定床反应器的特点。
42. 简述双膜论的主要内容。

六、推导题：本大题共 1 小题，每小题 10 分，共 10 分。

43. 用脉冲法测得一流动系统的响应曲线 $c(t)$ ，试推导平均停留时间和方差 σ^2 与 $c(t)$ 的关系式。

七、计算题：本大题共 3 小题，每小题 10 分，共 30 分。

44. 用空气在常压下烧去催化剂上的积炭，催化剂颗粒直径为 5mm，颗粒有效热导率 λ_e 为 $0.35 \text{ J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ，每燃烧 1 mol O_2 放出热量 $5.4 \times 10^8 \text{ J}$ ，燃烧温度 760°C 时，氧在催化剂颗粒内的有效扩散系数 D_{eff} 为 $5 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。请估计定态下催化剂颗粒表面与中心的最大温度差。
45. 在全混流反应器中进行液相反应 $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{P} + \text{R}$ 在 120°C 时，反应速率 $r_{\text{A}} = 8c_{\text{A}}c_{\text{B}} - 1.7c_{\text{P}}c_{\text{R}} \text{ L}^{-1}$ ，反应器体积为 100mL，两股进料同时等流量进入反应器，一股含 A $3.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，另一股含 B $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，当 B 的转化率为 80% 时，每股料流量为多少？
46. 用 NaOH 吸收 CO_2 时，过程的反应速率 $r = k_2 c_{\text{CO}_2} c_{\text{B}}$ ，NaOH 浓度 $c_{\text{B}} = 0.5 \text{ kmol} \cdot \text{m}^{-3}$ ， $k_1 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $k_2 = 5 \times 10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $D_{\text{AL}} = 1.8 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ，界面上 CO_2 分压为 1000 Pa， $H_{\text{CO}_2} = 0.14 \text{ kmol} \cdot \text{MPa}^{-1} \cdot \text{m}^3$ ，若液膜中 c_{B} 为常量，求吸收速率。