

中国科学院过程工程研究所
2003 年硕士研究生入学考试《化工原理》试题
 (试题随考卷交回 考试时间: 180 分钟)

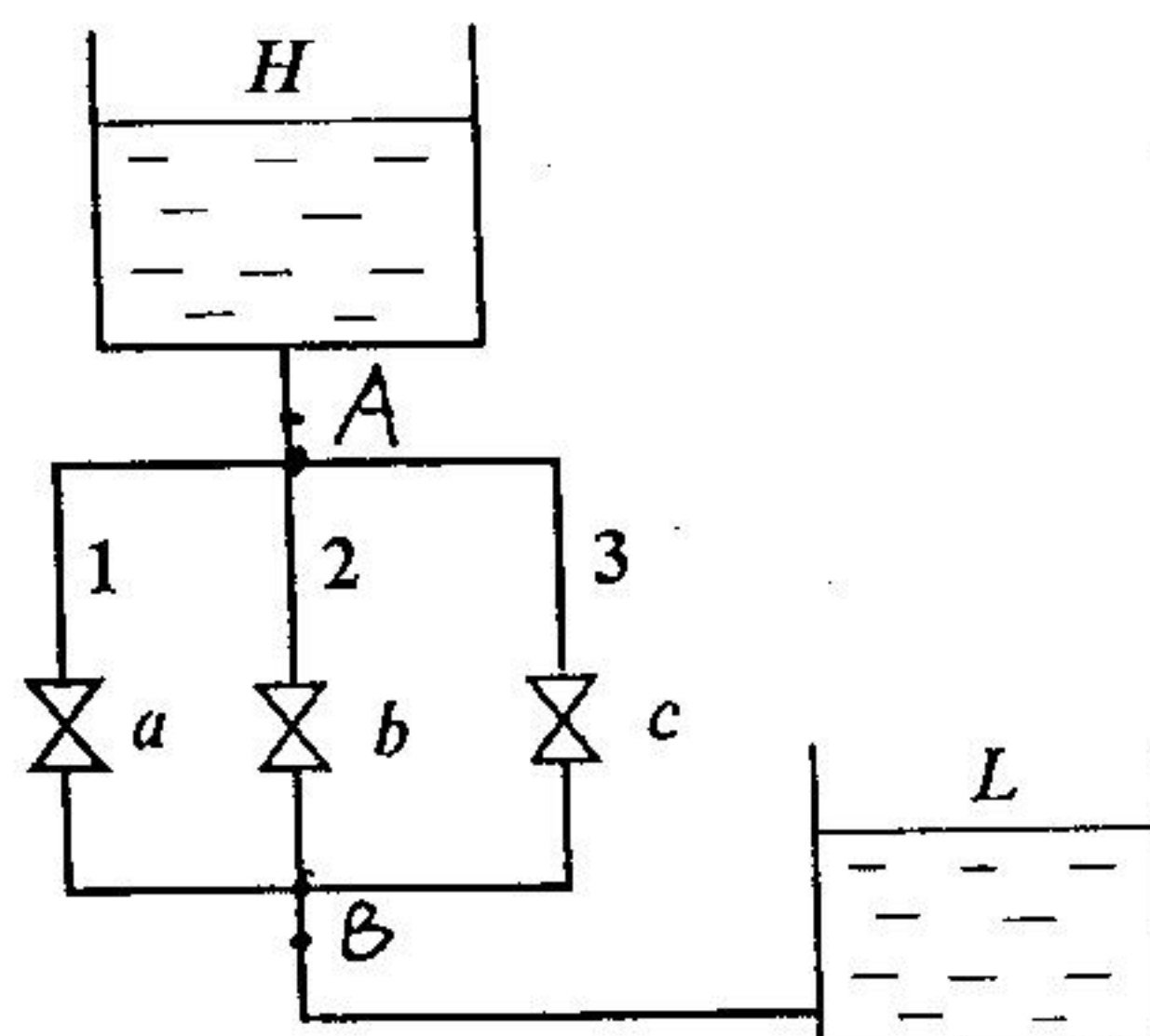
一. (共 45 分) 简要解答下列问题或选择正确答案 (可选多项):

① (5 分) 下列形式的贝努里方程:

$$\Delta \left(gz + \frac{\alpha u^2}{2} + \frac{p}{\rho} \right) = W_e - \sum h_f$$

选择其适用的场合: (1) 非稳态流动, (2) 气泡内外的压力差, (3) 跨流线计算, (4) 非匀速运动, (5) 超声速流动, (6) 静止流体中任意两点, (7) 湍流流动。

② (5 分) 如图所示, 将水通过一并联管路从高位槽 H 向低槽 L 输送, 两槽的液面维持恒定, 支管 1、2、3 上的阀门 a、b、c 都处于半开状态。如果将阀门 a 关小, 试根据机械能守恒原理, 定性分析三个支管流量 V_1 、 V_2 、 V_3 和总流量 V 的变化 (与原值相比)。



③ (4 分) 输送含细微结晶 15% 的母液, 要求输送流量恒定, 不受接受容器内压力波动的影响。请选择合适的泵: (1) 柱塞泵, (2) 离心泵, (3) 涡轮泵, (4) 齿轮泵, (5) 隔膜泵。

④ (4 分) 黑体辐射的斯蒂芬--玻尔茨曼定律为: $E = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$,

其中黑体辐射系数为 $C_0 = 5.67 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ 。若表面涂黑的电热管在室内对流传热的传热系数 $\alpha = 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, 室内温度 300K, 问加热管温度升高到什么程度时, 就可以不计管壁的对流传热了。

⑤ (2 分) 简要说明层流和湍流的本质区别是什么。

⑥ (5 分) 用净水吸收 O_2 , CO_2 , NH_3 , H_2 和 SO_2 时, 传质过程由气膜阻力控制的有 (), 液膜阻力控制的有 (), 气膜、液膜传质阻力共同控制的有 ()。

⑦ (5 分) 有滤饼形成的过滤基本方程为: $\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu r v (V + V_e)}$,

式中各物理量的名称、物理意义和单位是什么? 此式适用于恒速过滤吗? 此时式中哪些量是随时间变化的? 请加以解释。

⑧ (5 分) 某过滤机在前 5 个小时采用恒压过滤悬浮液, 得到滤液 4 m^3 , 之后将过滤压强提高到原来的 1.5 倍, 请问在新的操作条件下再过滤 10 小时将得到多少滤液? 假定滤饼不可压缩, 且介质阻力可以忽略。

⑨ (5 分) 写出管内外两流体主体间的总传热系数的表达式, 图示说明每一项的物理意义。并据此分析强化传热的措施, 按重要性大小排出顺序。

⑩ (5 分) 定义一种蒸馏塔板的板效率, 并在体系的 $x-y$ 图上说明。

二. (13 分)

对于稳态管内强制对流传热过程, 已知影响该过程的物理变量包括: 管长 L (m)、管径 D (m)、流体密度 ρ (kg/m^3)、流体粘度 μ ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)、流体速度 u (m/s)、定压比热 C_p ($\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$)、流体导热系数 λ ($\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$)、重力加速度 g (m/s^2) 和对流传热系数 α ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$), 即该过程可用函数 $f(\rho, \mu, u, C_p, D, L, g, \lambda, \alpha) = 0$ 来描述。请问该过程的基本因次数是几个? 用因次分析法得到影响该过程的无因次准数, 并说明这些准数表示的物理意义。

三. (12 分)

已知直径为 d_p 的某小颗粒在 Stokes 区沉降, 颗粒所受的曳力可表示为 $F_D = 3\pi\mu d_p u$, 式中 u 为颗粒沉降速度、 μ 为周围流体粘度。如果颗粒的初始状态是静止的, 试给出沉降时间为 τ 时的颗粒运动速度 u 的表达式。

四. (20 分)

试推导以 $(P-P^*)$ 表示总推动力的吸收速率方程, 说明气相总传质系数的意义, 并分析下述低浓度气体溶质被吸收时过程的控制因素: 汽液平衡关系服从亨利定律, 气膜传质系数 $k_G = 2.74 \times 10^{-7} \text{ kmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{kPa})$, 液膜传质系数 $k_L = 6.94 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, 溶解度系数 $H = 1.5 \text{ kmol}/(\text{m}^3\cdot\text{kPa})$ 。如果系统的总压强 (绝压) 从原来的 0.1 MPa 增加至 1.0 MPa , 试给出气体总传质系数增加的倍数。

五. (20 分)

请用蒸馏体系的 $x-y$ 图, 阐述精馏塔回流比两个极限值的概念与意义。推导理想体系的计算全回流操作时的理论板数和最小回流比的公式。

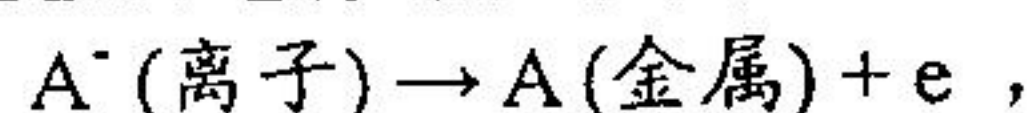
六. (20 分)

采用逆流式圆筒空气干燥器干燥结晶碳酸氢钠。空气进入干燥室时的温度 $t_1=120^\circ\text{C}$, 湿含量 $x_1=0.01$ 。进入干燥室的湿物料温度 $\theta_1=20^\circ\text{C}$, 含水量 $w_1=12\%$; 干燥后产品的温度 $\theta_2=90^\circ\text{C}$, 产品量 $G_2=415\text{ kg/h}$, 产品含水量 $w_2=0.05\%$ 。设湿物料平均比热为 $c_m \approx c_{p,\text{干物料}}=1.01\text{ kJ}/(\text{kg 绝干料}\cdot^\circ\text{C})$, 空气排出干燥器的温度为 $t_2=50^\circ\text{C}$ 。已知水蒸汽的平均比热 $c_v=1.88\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$, 0°C 时水的蒸发潜热为 $r_0=2490\text{ kJ/kg}$ 。

试求干燥过程蒸发的水量和干燥空气的消耗量 $L(\text{kg/h})$ (忽略散热损失)。

七. (20 分)

在电极上进行电化学反应:



反应速度与电极附近的传质和电化学反应的动力学有关。表面电化学反应的一级速率常数 $k=10^{-4}\text{ m}^4\cdot\text{s}/\text{mol}$, A^+ 的扩散系数 $D=D_0+ax$, 其中 $D_0=5\times 10^{-6}\text{ cm}^2/\text{s}$, $a=5\times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$, 电极表面 A^+ 的浓度 $C_{\text{As}}=0.1\text{ mol}/\text{m}^3$, x 是距表面的法向距离, 电极表面的液膜厚度为 $\delta=0.1\text{ mm}$ 。求在 $x=0.5\delta$ 和 δ 处 A^+ 的浓度。

