

## 中国科学院化工冶金研究所

## 2001 年招收硕士研究生入学考试 化工原理 试题 (共 7 题)

(试题考生签名后随答卷收回)

1. (共 20 分) 简要回答下列问题:

① (3 分) 下列形式的贝努里方程:

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

解释其中各项及符号的意义及方程适用的条件。

② (2 分) 把下列几种泵按其最重要的特性分为两类, 说明两类泵的共性和操作特点: 柱塞泵、离心泵、涡轮泵、齿轮泵。

③ (2 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  $C_0 = 5.67 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ , 为何要将常数 100 放在公式分母中?④ (3 分) 气体 A 和 B 相向沿 x 轴做一维分子扩散, 若总通量  $N_A + N_B$  不为 0, 写出此体系中通量与浓度梯度间的关系。试解释表达式的物理意义。⑤ (3 分) 用水分别吸收  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  和  $\text{NO}_2$  时, 是气膜阻力大还是液膜阻力大? 你是怎么判断的? 若气膜、液膜传质阻力在同一数量级, 写出总传质系数与膜传质系数间的关系式。

⑥ (2 分) 由加热管壁传热使液体沸腾, 有泡核沸腾和膜状沸腾两种方式, 为了使气泡容易生成和脱落, 应采取什么措施以提高传热系数?

⑦ (3 分) 对吸收塔的高度微元  $dH$  做质量衡算, 得

$$dH = \frac{V}{K_y a \Omega} \frac{dY}{(Y - Y^*)} \quad \text{和} \quad dH = \frac{L}{K_x a \Omega} \frac{dX}{(X^* - X)}$$

请由此定义用于吸收塔高设计的传质单元高度和传质单元数。

⑧ (2 分) 在清澈的液体和稀悬浊液中的管外对流无相变传热, 哪一种的传热系数可能高一些? 你根据什么来做分析和判断?

2. (14 分) 设流体在半径  $R$  的水平直管内作层流流动, 于管轴心处取一半径为  $r$ 、长度为  $l$  的流体柱作为分析对象, 如图 1 所示。作用于流体柱两端面的压强分别为  $P_1$  和  $P_2$ 。试推导:

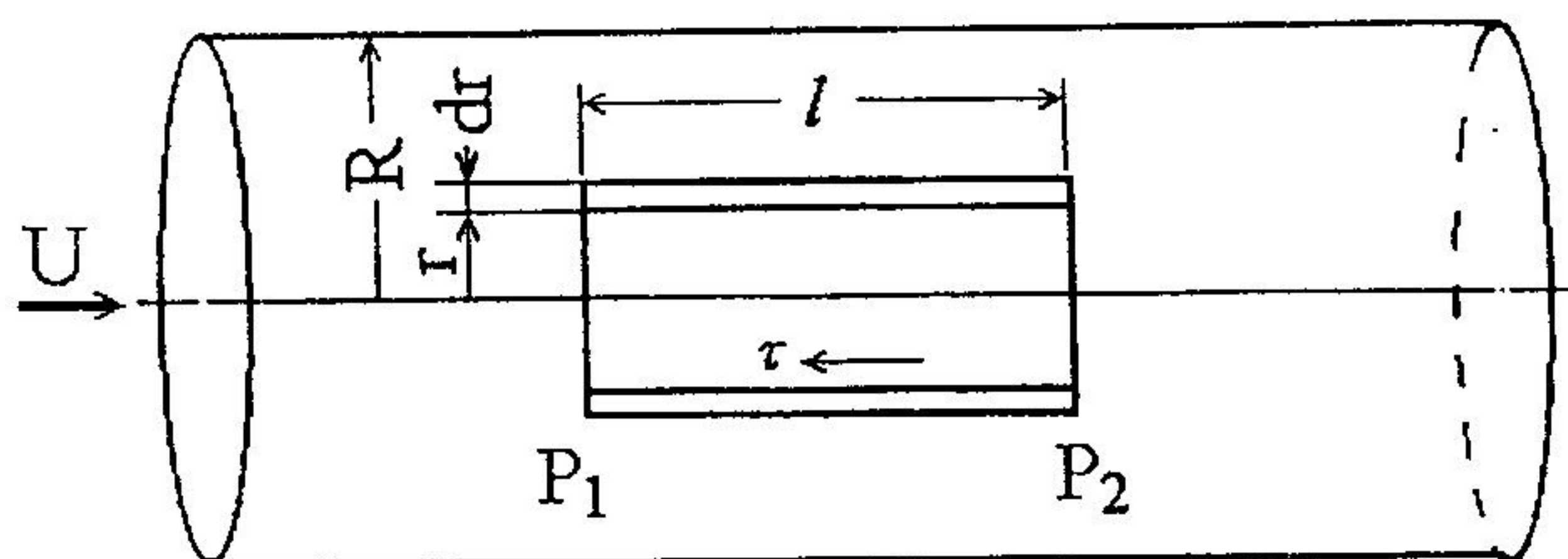
① (5 分) 流体在圆管内作稳定层流流动时的径向速度分布表达式;

② (3 分) 上述流动中的直管阻力计算式, 即 Hagen-Poiseuille 公式;

③ (3 分) 管中心处的最大流速表达式;

④ (3 分) 圆管截面的平均流速  $U$  与最大流速  $u_{\max}$  的关系。



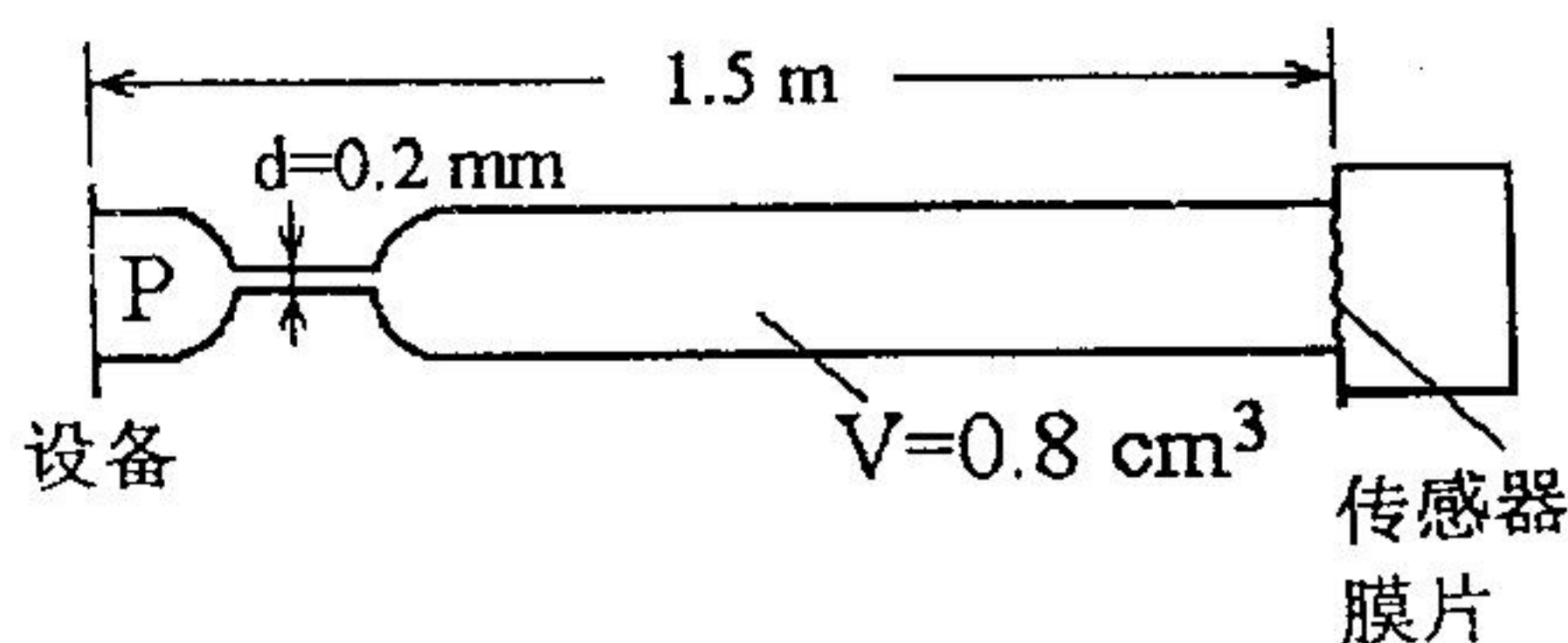


第 2 题图

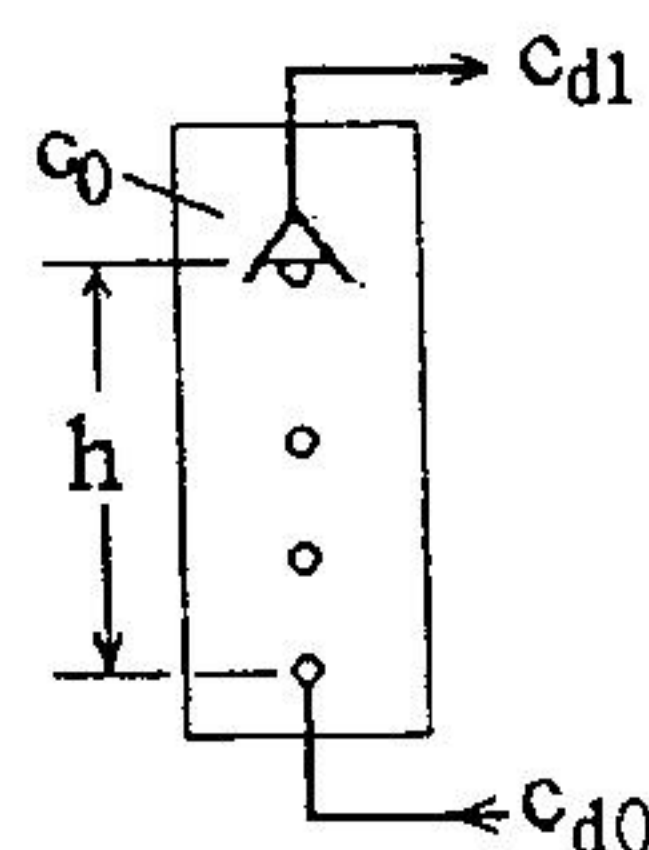
3. (14 分) 当测压传感器通过 1.5m 长的细胶管接到被测设备时, 传感器可感受到设备内压力的波动, 不易读出其平均值。为得到平均值, 可在胶管上用夹子形成一段很细的通道, 以阻尼压力波的传播。形成的阻尼相当于直径 0.2mm、长度 5mm 的毛细管。设设备内的压力为

$$P = P_0 + \Delta P \sin \omega t$$

其中  $P_0=100 \text{ Pa}$ (表压),  $\Delta P=500 \text{ Pa}$ ,  $\omega=1 \text{ s}^{-1}$ 。试以准确或近似的方法估算在  $V=0.8 \text{ cm}^3$  的胶管内压力波动幅度的大小  $\Delta P_1$ 。已知实验在常温、常压下进行, 空气的黏度为  $\mu=0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ,  $\rho=1.2 \text{ kg/m}^3$ 。层流条件下, 直管摩擦系数为  $\lambda=64/\text{Re}$ , 阻力降  $=32\mu l u/d^2$ ; 湍流条件下,  $\lambda=0.3164/\text{Re}^{0.25}$ , 阻力降  $=\lambda l \rho u^2/(2d)$ 。



第 3 题图



第 4 题图

4. (14 分) 室温下在单液滴萃取塔中进行传质实验, 塔中充满静止的丁二酸水溶液, 浓度为  $c_0=250 \text{ mmol/L}$ 。在塔下端针头处产生大小均匀的正丁醇球形液滴, 频率为  $f=3.5 \text{ 个/s}$ , 正丁醇的注入量为  $v_0=0.11 \text{ ml/min}$ 。设所产生的液滴离开针头后即匀速上升, 注入时滴内浓度为  $c_{d0}=0$ , 在塔上端收集液滴分析得出口浓度  $c_{d1}=220 \text{ mmol/L}$ 。已知丁二酸在正丁醇水体系中的分配系数为  $m=2.5$  (平衡时丁二酸在正丁醇和水中浓度之比), 液滴运动距离为  $h=90 \text{ cm}$ , 时间为  $t=28 \text{ s}$ 。① 定义适合本实验条件的传质推动力; ② 求相间传质系数  $k_{od}$ 。

5. (12 分) 直径 0.05mm 的球形颗粒悬浮于水中形成的悬浊液, 拟用过滤来将其分离。过滤时形成不可压缩的滤饼, 其孔隙率为 0.55。试求:

① (4 分) 滤饼的比阻;



② (8 分) 若在  $9.81 \times 10^3 \text{ Pa}$  的恒定压差下过滤, 已知水的黏度为  $0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 滤饼厚  $5 \text{ mm}$ , 过滤介质阻力可以忽略,  $v=0.1$  为产生  $1 \text{ m}^3$  滤液所得到的滤饼体积。试求此时每平方米过滤面积上获得  $1 \text{ m}^3$  滤液所需的过滤时间。已知, 一般情况下的过滤基本方程是

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A^2 \Delta p^{1-s}}{\mu r' v (V + V_e)}$$

6. (<sup>13</sup>~~18~~ 分) 水平加热管的自然对流传质系数关联式为

$$Nu = c(Gr Pr)^n$$

其中,  $c=0.13$ ,  $n=1/3$ , 普兰特准数  $Pr=0.7$  (空气), 努塞耳准数  $Nu = \frac{\alpha d_0}{\lambda}$ , Grashof

准数  $Gr = \frac{\beta g \Delta t d_0^3}{\nu^2}$ ,  $\beta$  为热膨胀系数, 可按理想气体计算,  $d_0$  为加热管外径,  $\nu$  为

空气的运动黏度。今用此加热管 (黑度  $\epsilon=0.5$ ), 在较宽阔的封闭空间内加热空气。设初始一段时间内空气主体温度基本保持  $t=20^\circ\text{C}$ , 加热管外径  $d_0=0.02 \text{ m}$ , 空气导热系数  $\lambda=0.03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , 黏度为  $\mu=1.8 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , 密度  $\rho=1.2 \text{ kg/m}^3$  ( $20^\circ\text{C}$  时)。问加热管外表升到多少度时, 辐射传热将成为主导方式?

7. (<sup>13</sup>~~18~~ 分) 两组分理想溶液, A 的汽液相平衡关系为  $y_A = m x_A$ ,  $x$ 、 $y$  均为摩尔分数,  $m=2$  为常数。对  $x_{A0}=0.5$  的溶液进行简单蒸馏, 当馏出物的平均浓度  $\bar{x}_A = 0.5$  时停止。问此时釜中液的组成和总摩尔数 (假设原溶液总量为  $2 \text{ mol}$ )。