

2.1 一个 70kg 的人刚好漂浮在淡水中，实际上他的身体正好全部在水下。问他的体积是多大？

解：人所受重力 $G = mg$ ，浮力 $F = \rho Vg$ ，漂浮时， $mg = \rho Vg$ ，代入题给数据，得

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{70\text{kg}}{1000\text{kg}/\text{m}^3} = 0.07\text{m}^3$$

2.2 假定葡萄酒桶在 15 厘米汞柱的压强作用下会破裂。如果把纯度为 20% 的酒精和 80% 的水混合而成的酒(即体积为 V 的酒，20% V 为酒精，80% V 为水)倒入连在酒桶上的小管内。

试问为使酒桶破裂，此管在桶上方应伸出多高？酒精的密度 $\rho = 0.79\text{g}/\text{cm}^3$

解：查酒精的密度 $\rho = 0.79\text{g}/\text{cm}^3$ ，所以酒的密度为

$$\begin{aligned}\rho &= \rho_{\text{酒精}} 20\% + \rho_{\text{水}} 80\% \\ &= 0.79 \times 0.2 + 1 \times 0.8 \\ &= 0.958\text{g}/\text{cm}^3\end{aligned}$$

设伸出高度为 h ，则

$$\rho gh = 150\text{mmHg}$$

$$h = \frac{150/760 \times 1.01 \times 10^5}{0.958 \times 10^3 \times 9.8} = 2.12\text{m}$$

2.3 试解释水龙头流下的水流为什么逐渐变细？

答：由重力的作用，水流越往下流速越快，根据连续性方程 $Sv = \text{恒量}$ ，流速增加截面减小，所以水流逐渐变细。

2.4 由连续性方程可知：截面积大的流速小；而由泊肃叶定律可知：截面积大的流速大，两者是否互相矛盾？

答：连续性方程是针对同一流管里，不可压缩流体做稳流时流量守恒。泊肃叶定律是指在一截面相同的水平圆管中，粘性流体稳定流动时的流量与半径的 4 次方成正比，截面积变时，已不是同一流管了，两者条件不同。

2.5 一根半径为 r 的血管分成四根血管，每根半径为 $r/3$ 。如果在大血管中的平均速度是 v ，求每根小血管中的平均速度是多少？

$$\text{解：由 } S_1 v_1 = S_2 v_2, S_1 = \pi r^2, S_2 = 4\pi (r/3)^2 = 4/9 \pi r^2, \therefore v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1 = \frac{9}{4} v$$

2.6 水在截面不同的水平管中作稳流，出口处的截面积为管的最细处的 3 倍。若出口处的流速为 2 m/s，问最细处的压强为多少？若在此最细处开一小孔，水会不会流出来？

解：在水平管中选择两点 1、2 分别位于最细和开口处，根据伯努利方程，有

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2, \text{ 又 } p_2 = p_0, v_2 = 2\text{m/s} \text{ 由连续性方程, 得 } v_1 = \frac{S_2}{S_1} v_2 = 6\text{m/s},$$

$$\therefore p_1 = p_0 + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) = p_0 - 0.16 \times 10^5 = 0.85 \times 10^5 \text{ Pa}, \text{ 若最细处开口, 水不会流出。}$$

2.8 在一直立的大水桶的侧面有一直径为 1 mm 的小圆孔, 位于桶内水面下 0.2 m 处, 求水在小圆孔处流出的速度和体积流量。

解: 设桶的水面为 s_1 v_1 h_1 ρ_1 , 小孔面为 s_2 v_2 h_2 ρ_2 , 直径为 d

$$\text{取小孔面为参考面, } P_1 = P_2 = P_0 \quad h_1 = 0.2 \text{ m} \quad h_2 = 0$$

$$\because s_1 \gg s_2 \quad \therefore v_1 \approx 0$$

根据柏努利方程:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

$$\Rightarrow v_2 = 2 \text{ m/s}$$

$$\therefore Q = s_2 v_2 = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \bullet v_2 = \frac{\pi}{2} \times 10^{-6} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$$\text{即小孔处的流速为 } 2 \text{ m/s}, \text{ 体积流量为 } \frac{\pi}{2} \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

2.9 如果长颈鹿的大脑比心脏高 2m, 它的的心脏和大脑间的压强差是多少 (假定这两个位置处血液的速度是相同的) ?

$$\text{解: 由伯努利方程} \quad p_{\text{心}} + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh_{\text{心}} = p_{\text{脑}} + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh_{\text{脑}},$$

$$\therefore \Delta p = p_{\text{心}} - p_{\text{脑}} = \rho g(h_{\text{脑}} - h_{\text{心}}) = 1.05 \times 10^3 \times 9.8 \times 2 = 2.06 \times 10^4 \text{ Pa} = 155 \text{ mmHg}$$

2.10 设某人的心输出量为 $0.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, 体循环的总压强差为 12.0 kPa, 求此人体循环的总流阻。

$$\text{解: } R_f = \frac{\Delta p}{Q} = \frac{12 \text{ kPa}}{0.83 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} = 1.45 \times 10^8 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$$

2.11 试估算你的心脏每天对体循环的搏血量为多少?

$$\text{解: 每天对体循环的搏血量 } 80 \text{ ml} \times 60 \times 60 \times 24 = 6.9 \times 10^6 \text{ ml} = 6.9 \text{ m}^3$$

2.12 设血液的粘度为 $\eta = 2.0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 若以 72 cm/s 的平均流速通过主动脉, 临界雷诺数为 1000, 求产生湍流的临界半径。(血液的密度为 $1.05 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)

$$\text{解: } R_e = \frac{\rho v r}{\eta}, \quad \therefore r = \frac{R_e \eta}{\rho v} = \frac{1000 \times 2 \times 10^{-3}}{1.05 \times 10^3 \times 0.72} = 2.6 \times 10^{-3} \text{ m} = 2.6 \text{ mm}$$

2.13 一个直径为 6.0 mm 的玻璃球, 在盛有甘油的筒中自静止下落, 现测得小球降落的收尾速度为 3.1 cm/s, 求甘油粘度。已知玻璃球的密度为 2.56 g/cm^3 , 甘油的密度为 1.26 g/cm^3 。

解： 由沉降速度 $v = \frac{2}{9\eta} r^2 (\rho' - \rho) g$,

$$\Rightarrow \eta = \frac{2}{9v} r^2 (\rho' - \rho) g = \frac{2}{9 \times 3.1 \times 10^{-2}} (3 \times 10^{-3})^2 (2.56 - 1.26) \times 10^3 \times 9.8 = 0.82 Pa \cdot s$$