

水力学期中测试

一、单选题

1. 下列关于液体黏滞系数 μ 的说法，错误的是（ C ）。
 - A. 大小与液体的种类有关
 - B. 压强对其影响甚微，可不考虑
 - C. 温度升高，液体的黏滞系数增大
 - D. 黏滞系数越大，液体的黏滞性作用越强
2. 液体与固体的主要区别在于液体具有的（ A ）。
 - A. 易流动性
 - B. 可压缩性
 - C. 抗拉性
 - D. 抗切能力
3. 下列选项中，（ A ）不是静水压强的特性。
 - A. 静水压强的方向垂直指向受压面
 - B. 作用于静止液体同一点上各方向的静水压强大小相等
 - C. 作用于静止液体任一点的静水压强与受压面方位相关
 - D. 作用于静止液体任一点的静水压强仅是空间坐标的函数
4. 关于重力作用下静止均质液体中的等压面，以下说法错误的是（ D ）。
 - A. 等压面是指在互相连通的同一种液体中，由压强相等的各点所组成的面
 - B. 在等压面上，静水压强 p 为常量
 - C. 在等压面上，质量力所做的功等于零
 - D. 等压面可以是水平面，也可以是曲面
5. 关于液体静力学基本方程式： $Z + \frac{p}{\rho g} = C$ ，下列描述不正确的是（ A ）。
 - A. 静止液体内各点的测压管水头各不相等
 - B. Z 是位置水头，代表单位位置势能
 - C. $Z + \frac{p}{\rho g}$ 是测压管水头，代表单位总势能
 - D. $\frac{p}{\rho g}$ 是压强水头，代表单位压强势能
6. 以下关于液体流动概念的说法中错误的是（ C ）。
 - A. 过流断面是与流动方向正交的流管的横断面
 - B. 管流中，断面平均流速不代表液体的实际流速
 - C. 流线可以相交，但迹线不能相交

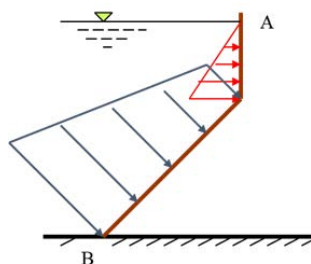
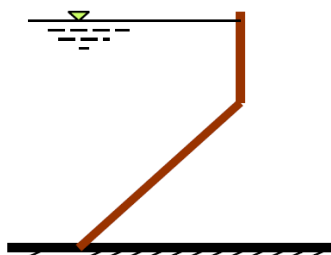
- D. 均匀流时，各空间点的迁移加速度为零
7. 圆管层流，实测管中心轴线的流速为 5m/s ，则断面平均流速为（ B ）。
- A. 3m/s B. 2.5m/s C. 10m/s D. 5m/s
8. 雷诺数的物理意义是（ D ）。
- A. 粘性力与重力之比 B. 重力与惯性力之比
C. 压力与粘性力之比 D. 惯性力与粘性力之比
9. 恒定流里，运动要素必为 0 的是（ A ）。
- A. 当地加速度 B. 迁移加速度 C. 合加速度 D. 流速
10. 已知水流的沿程水头损失系数 λ 只与边界粗糙度有关，可判断该水流属于（ D ）。
- A. 层流区 B. 紊流光滑区 C. 紊流过渡粗糙区 D. 紊流粗糙区

二、判断题

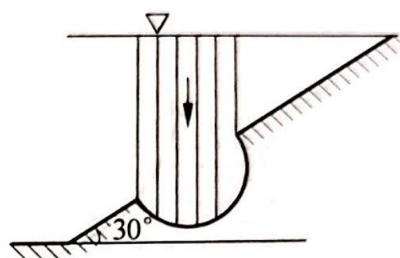
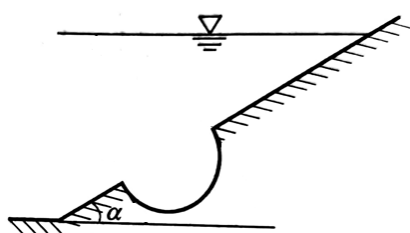
1. 流动状态下液体抵抗剪切变形速率能力的度量称为液体的粘滞性。（ \checkmark ）
2. 紊流的断面流速分布规律符合抛物线分布。（ \times ）
3. 欧拉连续介质模型假设液体是由无数没有微观运动的质点组成的没有空隙存在的连续体。（ \checkmark ）
4. 在静止液体内部，若在某一方向上有质量力存在，那该方向就一定存在压强变化；反之亦然。（ \checkmark ）
5. 真空压强就是相对压强。（ \times ）
6. 恒定流过水断面的动水压强分布规律可按静水压强分布规律分布。（ \times ）
7. 实际管流的总水头线沿程一定是不断下降（不考虑水泵、发电机等装置）（ \checkmark ）
8. 对于粗糙度完全被层流黏性底层覆盖的管子，由于黏性底层对流动有很大影响，此时在管内的流动阻力系数主要受管子相对粗糙度影响。（ \times ）
9. 曼宁公式只能适用于紊流阻力平方区。（ \checkmark ）
10. 紊流光滑区的沿程水头损失系数仅与雷诺数有关。（ \checkmark ）

三、画图题

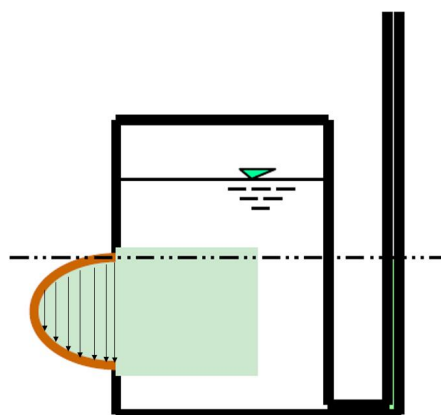
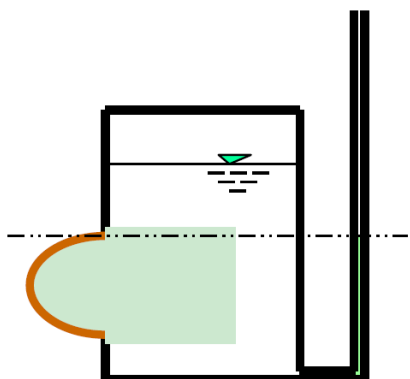
1. 画出下列 AB 或 ABC 面上的静水压强分布图。



2. 请绘出图中二向曲面上的铅垂水压力的压力体，并指出铅垂水压力的方向。

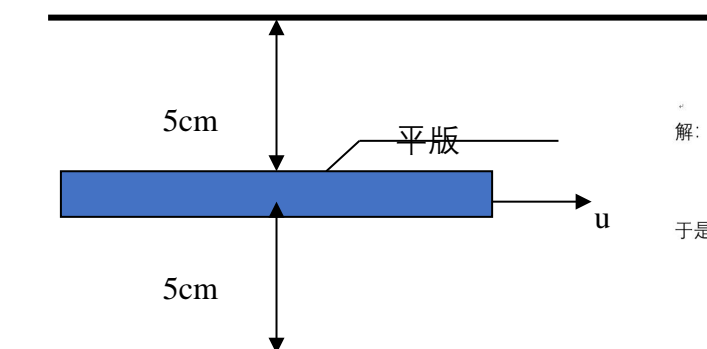


3. 画出图中红色曲线上的铅垂压力的压力体。



四、 计算题

1. 一极薄的平板，在厚度分别为 5cm 的两种油层中以 $u = 1\text{m/s}$ 的速度运动。已知上层动力粘滞系数为下层的动力粘滞系数 3 倍，两油层在平板上产生的总切应力为 $\tau = 40\text{N/m}^2$ 。试求上、下油层的动力粘滞系数。

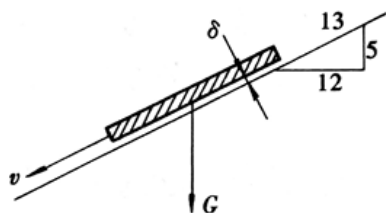


解：利用牛顿内摩擦定律可得油层对平板的总切应力。

$$\tau = \tau_{\text{上}} + \tau_{\text{下}} = (\mu_{\text{上}} + \mu_{\text{下}}) \frac{du}{dy} = 4\mu_{\text{下}} \frac{1}{0.05} = 80\mu_{\text{下}} = 40$$

于是油层动力粘滞系数分别为， $\mu_{\text{下}} = 0.5\text{ (Ns/m}^2\text{)}$ ， $\mu_{\text{上}} = 3\mu_{\text{下}} = 1.5\text{ (Ns/m}^2\text{)}$ 。

2. 如图所示, 一底面积 $40\text{cm} \times 45\text{cm}$, 高 1cm , 质量 5kg 的木块, 沿着涂有润滑油的斜面等速向下运动, 已知其速度为 1m/s , $\delta = 1\text{mm}$, 求润滑油的黏度 μ 。



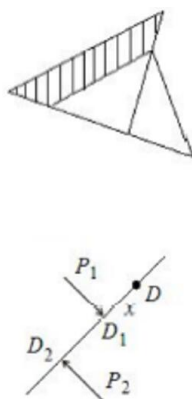
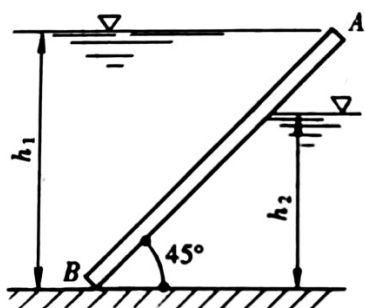
解: 已知: $T = G \sin \alpha = mg \sin \alpha = 5 \times 9.8 \times \frac{5}{13} = 18.85\text{N} \cdots \cdots (2 \text{ 分})$

根据木块的受力平衡关系: $F = \mu A \frac{du}{dy} = \mu A \frac{v}{\delta} = T \cdots \cdots (4 \text{ 分})$

代入数据: $\mu \times (0.4 \times 0.45) \times \frac{1}{0.001} = 18.85 \cdots \cdots (2 \text{ 分})$

解得: $\mu = 0.105\text{Pa} \cdot \text{s} \cdots \cdots (2 \text{ 分})$

3. 如图所示, 宽为 1m , 长为 AB 的矩形闸门, 倾角为 45° , 左侧水深 $h_1 = 3\text{m}$, 右侧水深 $h_2 = 2\text{m}$ 。请用图解法求作用于该矩形闸门上的静水总压力的大小和作用点。



解: 如右图所示:

1. 静水总压力:

$$P = \text{阴影部分面积} \times 1 = (\text{大三角形面积} - \text{小三角形面积}) \times 1$$

$$= \frac{1}{2} \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \rho g h_1 - \frac{1}{2} \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \rho g h_2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 9.8 \times \frac{9-4}{\sin 45^\circ} = 34.65\text{kN}$$

(5 分)

2. 作用点:

$$y_{D_1} \text{ 在大三角形中心, 即 } y_{D_1} = \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \cdot \frac{2}{3} = \frac{3}{\sin 45^\circ} \cdot \frac{2}{3} = 2\sqrt{2} \text{ m} \cdots \cdots (1 \text{ 分})$$

$$y_{D_2} \text{ 在小三角形中心, 即 } y_{D_2} = \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{\sin 45^\circ} \cdot \frac{2}{3} = \frac{4}{3}\sqrt{2} \text{ m}$$

$$\text{从 A 点计算, 则: } y_{D_2} = \frac{7}{3}\sqrt{2} \text{ m} \cdots \cdots (1 \text{ 分})$$

$$\text{对 D 取矩: } P_1 x = P_2 \left[\left(\frac{7}{3}\sqrt{2} - 2\sqrt{2} \right) + x \right]$$

$$\text{即: } \frac{1}{2} \frac{h_1}{\sin 45^\circ} \rho g h_1 x = \frac{1}{2} \frac{h_2}{\sin 45^\circ} \rho g h_2 \left[\left(\frac{7}{3}\sqrt{2} - 2\sqrt{2} \right) + x \right]$$

$$\text{代入数据: } 9x = 4 \left[\left(\frac{7}{3}\sqrt{2} - 2\sqrt{2} \right) + x \right]$$

$$\text{解得: } x = \frac{4}{15}\sqrt{2} \text{ m} \cdots \cdots (2 \text{ 分})$$

$$\text{所以: } y_D = 2\sqrt{2} - \frac{4}{15}\sqrt{2} = 2.45 \text{ m} \quad (\text{从 A 点计算}) \cdots (1 \text{ 分})$$

4. 垂直放置的管道, 并连一文丘里流量计, 如图所示。已知收缩前管径 $D = 6\text{cm}$, 喉管处的直径 $d = 3\text{cm}$, 水银压差计读数 $h = 5\text{cm}$, 两断面间的水头损失 $h_w = 0.05v_1^2/2g$ (其中 v_1 为喉管处的流速), 利用伯努利方程及等压面特性, 求管中水流的流速及流量。(15 分) 动能修正系数近似取 1, 水的密度 $\rho = 1.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 水银密度 $\rho_m = 13.6 \times 10^3\text{kg/m}^3$ 。

解: 以 2-2 断面为基准面, 以 1-1 断面和 2-2 断面对列能量方程:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w \cdots \cdots 1 \text{ 分}$$

整理后得:

$$z_1 - z_2 + \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} + \frac{0.05v_1^2}{2g} \cdots \cdots 2 \text{ 分}$$

由等压面原理, $p_1 + \rho g l + \rho_m g h = p_2 + \rho g [l - (z_1 - z_2) + h]$

$$z_1 - z_2 + \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} = \frac{\rho_m - \rho}{\rho} h \cdots \cdots 1 \text{ 分}$$

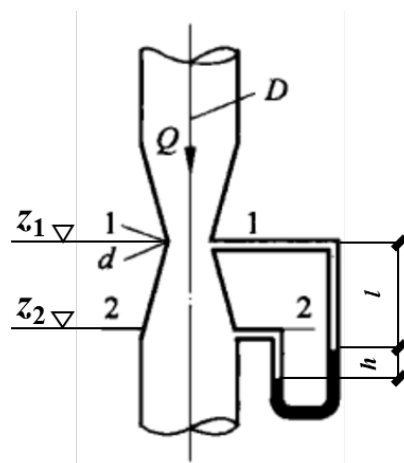
$$\text{由式①和②可得: } \frac{v_2^2}{2g} - 0.95 \frac{v_1^2}{2g} = \frac{\rho_m - \rho}{\rho} h \cdots \cdots 1 \text{ 分}$$

由连续性方程可得: $v_1 A_1 = v_2 A_2 \cdots \cdots 2 \text{ 分}$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{\pi D^2}{\pi d^2} v_1 = \frac{3^2}{6^2} v_1 = \frac{1}{4} v_1 \text{ 代入式③得: } 0.89 \frac{v_1^2}{2g} = 12.6h$$

$$\text{即: } v_1 = 3.73\text{m/s} \cdots \cdots 1 \text{ 分}$$

$$\text{流量: } Q = v_1 A_1 = 3.73 \times \frac{3.14 \times 0.03^2}{4} = 2.64 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdots \cdots 2 \text{ 分}$$



5. 水从水箱流入一组管径不同的管道，管道连接情况如图所示，已知：

$$d_1 = 150\text{mm}, l_1 = 25\text{m}, \lambda_1 = 0.03$$

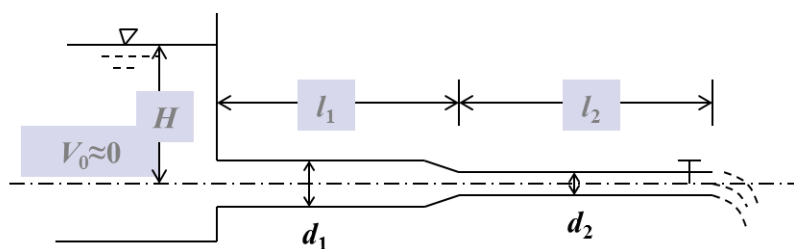
$$d_2 = 125\text{mm}, l_2 = 22\text{m}, \lambda_2 = 0.04$$

$$\zeta_{\text{进口}} = 0.5, \zeta_{\text{收缩}} = 0.15, \zeta_{\text{阀门}} = 2.0$$

（以上 ζ 值均采用发生局部水头损失后的流速）

若用户需求输水流量 $= 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ ，需要提供多大的水头 H ，方能满足用户需求？

达西公式： $h_f = \lambda \frac{L V^2}{d 2g}$ ，局部水头损失： $h_j = \zeta \frac{V^2}{2g}$



解：

根据连续性方程求解流速：

管段 1： $v_1 = 0.03/A_1 = 0.03/(\pi(0.15/2)^2) = 1.6978 \text{ m/s}$ ； → → 1 分

管段 2： $v_2 = 0.03/A_2 = 0.03/(\pi(0.125/2)^2) = 2.4446 \text{ m/s}$ ； → → 1 分

管段 1 沿程水头损失： $h_{f1} = \lambda_1 \frac{L_1 V_1^2}{d_1 2g} = 0.03 \frac{25}{0.15} \frac{1.70^2}{2g} = 0.735\text{m}$ → → → 2 分

管段 2 沿程水头损失： $h_{f2} = \lambda_2 \frac{L_2 V_2^2}{d_2 2g} = 0.04 \frac{22}{0.125} \frac{2.44^2}{2g} = 2.138\text{m}$ → → → 2 分

局部水头损失：

入口： $h_{j\text{入口}} = \zeta_{\text{入口}} \frac{V_1^2}{2g} = 0.5 \frac{1.7^2}{2g} = 0.0737\text{m}$ → → → → → → → 2 分

渐缩： $h_{j\text{收缩}} = \zeta_{\text{收缩}} \frac{V_2^2}{2g} = 0.15 \frac{2.44^2}{2g} = 0.0456\text{m}$ → → → → → → → 2 分

阀门： $h_{j\text{阀门}} = \zeta_{\text{阀门}} \frac{V_2^2}{2g} = 2 \frac{2.44^2}{2g} = 0.6075\text{m}$ → → → → → → → 2 分

出口动水头： $h_{j\text{出口}} = \frac{V_2^2}{2g} = \frac{2.44^2}{2g} = 0.3038\text{m}$ → → → → → → → 2 分

总水头损失： $0.735 + 2.138 + 0.0737 + 0.0456 + 0.6075 + 0.3038 = 3.9036\text{m}$ → → → 1 分

缺步骤但结果正确，所缺步骤扣除一半分，该情况影响及格时酌情减少扣分.....分页符.....