

中国科学院大学
2020 年招收攻读硕士学位研究生入学统一考试试题
科目名称：流体力学

考生须知：

1. 本试卷满分为 150 分，全部考试时间总计 180 分钟。
 2. 所有答案必须写在答题纸上，写在试题纸上或草稿纸上一律无效。
-

一、判断题（共 20 分，每小题 4 分，正确的打“√”，错误的打“×”）

1. 在重力场中静止流体的流场一定是正压的。
2. 流线和迹线只能在定常流场中重合。
3. 流体的动力粘性系数随温度的升高而降低。
4. 流线型物体绕流也可能出现边界层分离。
5. 不可压缩湍流的时均连续方程和动量方程构成封闭方程组。

二、简答题（共 60 分，每小题 12 分）

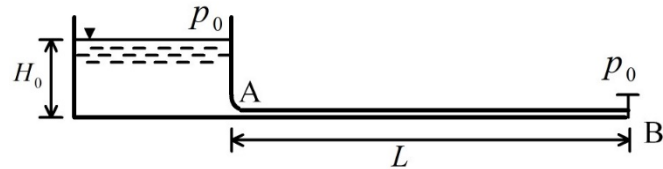
1. 点涡流场中，流体质点绕涡心做匀速圆周运动，且速度大小与该点到涡心的距离成反比。请问除涡心外的流场各处是否有旋？并简述理由。
2. 我们在分析运动物体在流体中所受阻力时，有些情况下假设阻力大小直接与速度成正比，另一些情况下假设阻力大小与速度的平方成正比。请分别举例说明它们适用于什么流动情况？为什么？
3. 液滴撞击液面的速度超过某临界值时，将形成皇冠状溅射结构。已知临界速度 V_0 与液滴的半径 a 、液体密度 ρ 和表面张力系数 σ 相关。请给出表面张力系数的量纲，并用量纲分析方法求 V_0 的表达式（可保留一个比例系数）。
4. 某人想测量超声速气流的马赫数，他先用皮托管测出总压和静压，再根据等熵流动关系式算出气流的马赫数，请分析他的做法是否可行。
5. 海陆风常出现于近海和海岸地区，日间由海洋吹向陆地，夜间由陆地吹向海洋，试解释其原理。

三、（20 分）已知某流动的拉格朗日描述为：
$$\begin{cases} x = ae^t + be^{-t} \\ y = ae^t - be^{-t} \end{cases}$$
，其中 a 和 b 为拉格朗日变数。

格朗日变数。

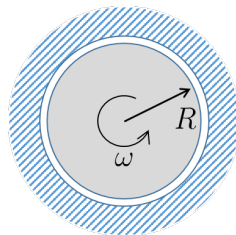
- (1) 求 $t=0$ 时刻，过点 $(4, 2)$ 的流线方程；
- (2) 求 $t=0$ 时刻经过点 $(4, 2)$ 的流体质点的迹线方程；
- (3) 请判断该流动是否定常？是否可压缩？是否有旋？

四、(20 分) 如图所示, 水位恒定的开口水箱底部装有水平的细排水管, 排水管入口 A 到出口 B 的长度为 L , 距离自由面高度为 H_0 , 在 B 处装有阀门。已知水的密度为 ρ , 重力加速度为 g , 大气压强为 p_0 。忽略水的粘性, 假设排水管内始终为一维流动。



- (1) 忽略阀门开启后的非定常性, 求排水管内稳定流速 v_m ;
- (2) 事实上, 在阀门瞬时开启后排水管内水流有一个加速过程, 求管内流体加速度 a 与入口 A 处压强 p_A 的关系;
- (3) 求阀门开启后, 管内流速 v 随时间的变化关系。

五、(30 分) 滑动轴承由于工作平稳、可靠、无噪声等特点, 常用于低速、轻载的机械转动装置中。如图所示, 若轴承中的转轴长为 L , 半径为 R , 它和轴套间隙为 δ , 轴的转动角速度 ω 恒定, 转轴与轴套间充满粘性系数为 μ 的润滑油。



- (1) 根据题设给出润滑油流动的控制方程和边界条件, 再利用 $\delta \ll R$ 对方程进行简化;
- (2) 求出转轴所承受的摩擦力矩的大小;
- (3) 求润滑油单位时间的机械能总耗散。

提示: 极坐标下的连续性方程和动量方程为

$$\begin{aligned} & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r v_r \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(v_\theta \right) + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \\ & \rho \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_\theta \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} - \frac{v_\theta^2}{r} \right) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) - \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right) \\ & \rho \left(v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + v_\theta \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} + \frac{v_r v_\theta}{r} \right) = -\frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} \right) - \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right) \end{aligned}$$

其中, $\frac{\partial}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r}$, $\frac{\partial}{\partial \theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta}$ 。