

中国科学院研究生院
2012 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。
-

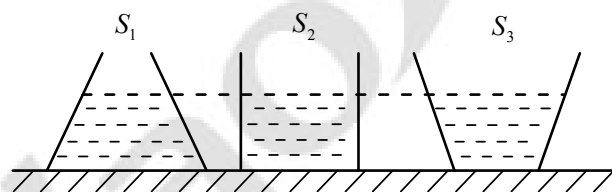
一、简答题(共 50 分，每小题 10 分)

1. 写出国际单位制中如下物理量的量纲。

(1) 体积相对膨胀率 e_{ii} ； (2) 运动黏性系数 ν ； (3) 压强 p 。

2. 有一个圆球在静止理想流体中做匀速直线运动，分别从固定于空间的坐标系来看以及从固结于圆球的坐标系来看，流动是定常还是非定常的？试画出两种情况下一根经过圆球的迹线示意图。

3. 如图所示三个容器 S_1 、 S_2 和 S_3 放置于水平桌面上，其中盛有同一种液体，且液体的密度、高度和体积均相同，请判断：(1) 液体作用到各自容器底面上的压强是否相同，压力是否相同，为什么？(2) 分别对每一个容器进行分析，其底部受到的液体压力和桌面对其底部的支持力哪个大，为什么？(不计容器本身重量和大气压强的影响)



4. 气体流动中存在黏性和热传导的微观机制是什么？

5. 有人说，对比空气和水发现，前者的可压缩系数要大的多，因此空气流动是可压缩流动，水的流动是不可压缩流动，这个说法正确吗，为什么？

二、(共 30 分) 已知某平面流动速度场分布为 $u = y^2x$, $v = x^2y$ 。其中 u 和 v 分别为 x 方向和 y 方向的速度,

- (1) 判断此流动是定常还是非定常, 有旋还是无旋;
- (2) 求经过(3, 2)点的流线方程和迹线方程;
- (3) 求位于(3, 2)点的流体质点的加速度。

三、(共 30 分) 已知不可压缩平面势流中在 x 轴上 $(a, 0)$ 和 $(-a, 0)$ 处存在流量为 Q ($Q > 0$) 的点源, 在 y 轴上 $(0, a)$ 和 $(0, -a)$ 处存在流量为 $-Q$ 的点汇, $a > 0$

- (1) 试求该流动的复速度势 W 和共轭复速度 dW/dz ;
- (2) 证明圆周 $x^2 + y^2 = a^2$ 上任意两点的流函数值相等, 并画出过 $\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a, \frac{\sqrt{2}}{2}a\right)$ 的流线示意图。

四、(共 20 分) 现有密度为 ρ 的不可压缩理想流体经过一个截面积缓变的管道, 在两个不同截面 1 和 2 处, 已知流动压强分别为 p_1 和 p_2 , 截面积分别为 σ_1 和 σ_2 , 忽略重力等体积力, 试求管道内的体积流率。

五、(共 20 分) 不可压缩均匀来流经过一半无限大平板产生边界层, 已知均匀来流密度为 ρ_0 , 速度大小为 U_0 , 方向平行于平板, 黏性系数为 μ_0 。设 $u = u(x, y)$ 为距离平板前缘 x 处且距平板壁面高 y 处 ($0 \leq y \leq \delta$) 的水平速度, $\delta = \delta(x)$ 为该截面的边界层厚度。

- (1) 如果在边界层任一截面上有 $\frac{u}{U_0} = \frac{y}{\delta}$, 求 $\delta = \delta(x)$ 表达式;
- (2) 如果在边界层任一截面上有 $\frac{u}{U_0} = 2\frac{y}{\delta} - \frac{y^2}{\delta^2}$, 求 $\delta = \delta(x)$ 表达式。

提示: 存在积分公式 $\tau_w = \rho_0 U_0^2 \frac{d\theta}{dx}$, 其中 τ_w 为平板壁面摩擦力, θ 为动量损失厚度,

$$\theta = \int_0^\delta \frac{u}{U_0} \left(1 - \frac{u}{U_0}\right) dy。$$