

中国科学院大学
2013 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均无效。

提示：张量形式的动量方程为

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + f_i$$

一、简答题(共 50 分，每小题 10 分)

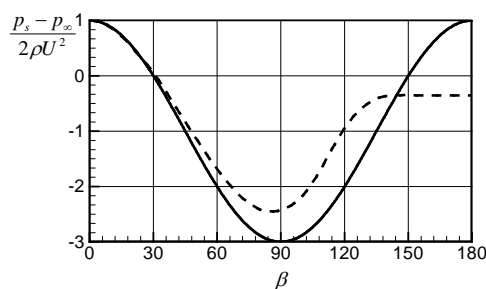
1. 写出国际单位制中如下物理量的量纲(L, M, T, Θ 分别表示长度、质量、时间、温度的量纲)。

(1) 黏性系数 μ ； (2) 导热系数 k 。

2. 流场中速度的散度和旋度分别表示什么物理意义？

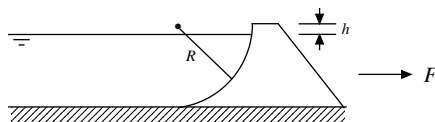
3. 某同学要实验测量某种有毒液态金属流中静止圆柱的阻力 D 与流速 U 之间的关系。由于液态金属昂贵且有毒，试问，该同学是否可以用水作为介质进行实验？实验中是否有必要选取不同直径的圆柱再进行一系列实验？请说明理由。

4. 如图所示，两条曲线表示圆柱表面的压强系数分布。试问哪条曲线是通过理想流体理论得到的，哪条曲线是通过实验测得的？为什么两条曲线会有差异？



5. 当密度为 ρ 的均匀黏性流体绕过一块尖前缘的薄平板时，会形成一个速度急剧变化的薄层。在该薄层里，速度从壁面的速度零很快变化到外部速度 U ，这一厚度为 δ 的薄层就被称作边界层。假设边界层内的速度分布为 $u = Uy / \delta$ 且 $\delta = 3.5\sqrt{\nu x / U}$ ，其中 ν 为运动黏性系数， x 为流向， y 为平板法向，原点位于平板尖前缘。请导出长 l (流向)、宽 b 的平板上表面受到的流动阻力大小。

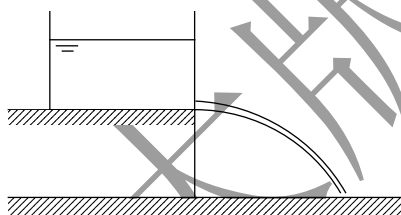
二、(共 15 分) 如图所示, 有一水坝的蓄水面为 $1/4$ 圆柱面, 柱面与水库底相切。已知水面距离坝顶高 h , 柱面半径为 R , 试求单位长度的水坝受到的水平方向水压的合力 F 大小(不考虑大气压强)。



三、(共 25 分) 已知某一理想流体的平面流动速度分布为: $u_x = x^2 - y^2 + y$, $u_y = -2xy + x$ 。

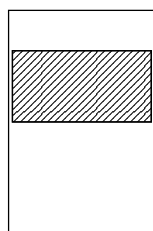
- (1) 试问该流动是否存在势函数 φ 和流函数 ψ , 若存在则求出 φ 和 ψ 。
- (2) 有一过 $(0,1)$ 和 $(2,2)$ 两点的曲线, 求过此曲线的体积流量。

四、(共 30 分) 如图所示, 在桌面上放置一盛水的容器。在容器底部开有一圆形小孔, 水从小孔流出后下落到地面。已知小孔中心距离地面高度为 H , 当水柱落地与地面成 45° 夹角时, 试求,



- (1) 容器内水面距离地面的高度;
- (2) 落地点的水柱横截面积与小孔面积之比。

五、(共 30 分) 如图所示, 在一半径为 R 的封闭圆筒形容器中, 有一半径为 $R - \delta$ 的同心活塞 ($\delta \ll R$)。已知容器中被密封的液体密度为 ρ , 黏性系数为 μ_0 , 活塞密度是液体密度的 4 倍。若活塞下滑已经达到匀速度 U , 不考虑活塞与圆筒缝隙进出端流动的复杂性, 缝隙间的流动可看作平行剪切流动。



- (1) 流动的动量方程该如何简化, 写出可解的简化方程及边界条件。(提示: 因 $\delta \ll R$, 缝隙内的流动可看作平面流动)
- (2) 求匀速时活塞的速度 U 和缝隙内的压强梯度。(提示: 运算结果可以通过量级近似简化)