

# 江苏大学 硕士研究生入学考试样题

**A 卷**

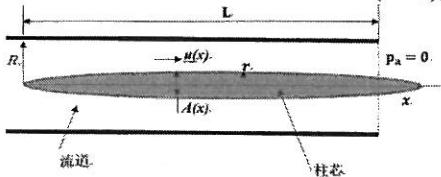
科目代码: 825

科目名称: 流体力学

满分: 150 分

**注意:** ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

1 (10 分) 为方便设环境压力或大气压为 0。航空发动机喷管中心处有一根水平的柱芯; 该柱芯的横截面积的大小为  $A(x)$ ; 设发动机喷管内径为  $R$ 。为了简便, 设流体是不可压的。设喷管入口的气体密度为  $\rho$  压力为  $p_0$ , 流量为  $Q$ 。假设喷管内流动定常。设该柱芯的形状为椭圆柱体, 其纵截面如图所示, 其长轴长度为  $a$  和短半轴长度为  $b$ 。椭圆柱体形状方程为  $\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{r^2}{b^2} = 1$ , 其中  $r$  为柱芯各个截面的半径。试求解: (1)试计算出发动机在轴向各横截面上的平均流速(5 分); (2)各截面上的压力(5 分)。



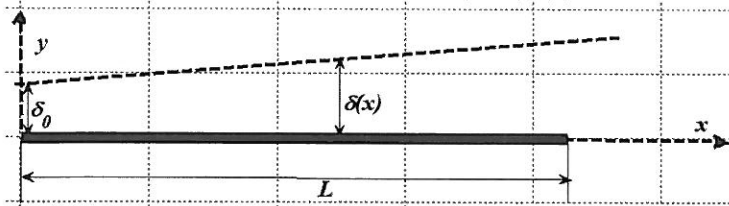
2 (20 分) 设有一水平的平板, 其左端点在坐标系的原点。密度为  $\rho$ , 动力粘性为  $\mu$  的流体以均匀速度  $u_\infty$  沿着水平方向从左方流向右方。设平板的层流边界层厚度  $\delta$  在  $x$  方向满足变化规律  $\delta = \delta(x)$ 。在每个固定的  $x$  位置, 该边界层的截面上的流动都可以近似假设为牛顿平板实验中的两平板之间的速度分布, 即速度满足线性分布

$$u(x, y) = u_\infty \frac{y}{\delta(x)}$$

设边界层的厚度粗略地用直线分布来代替, 即  $\delta(x) = \delta_0 + ax$ , 其中, 对于确定的速度  $u_\infty$ ,  $\delta_0, a$  为常量。(1)试求解出平板层流边界层的平均厚度(5 分)

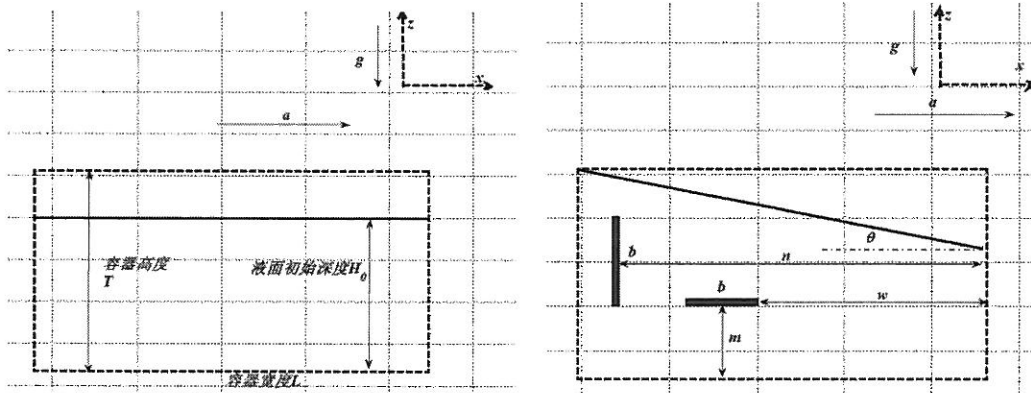
$$\bar{\delta} = \frac{\int_0^L \delta(x) dx}{L}$$

(2)试求出平板上粘性应力的变化规律(7 分); (3)平板受到的总的摩擦力  $F$  (8 分)。



3 (20 分) 设有一个 2 维水槽, 宽度为  $L$ , 初始液体深度为  $H_0$ , 水槽的总高度为  $T$ 。现在水槽以加速度  $a$  朝水平坐标轴的正方向运动; 设液体的密度为  $\rho$ , 环境压力或大气压设为 0, 重力加速度为  $g$ , 方向为竖直向下。(1)试写出液面的形状方程(5 分); (2)问加速度

$a$  多大时液体才会开始从容器的一端溢出(5分)? (3) 当容器的加速度取小问题(2)中的加速度时, 求出图示中竖直平面 A 与水平平面 B 上其中一侧的压力的合力(各 5 分), 其中 A 平板和 B 平板的长度都为  $b$ 。其中 A 平板和 B 平板最低点都处于同一个深度上, 而 A 平板距离水槽右端为  $n$ , 而 B 平板的右端距离水槽右端为  $w$ 。(提示: (纸面厚度方向为平板的宽度方向, 可认为是单位长度 1m。坐标系原点可以任意选定))

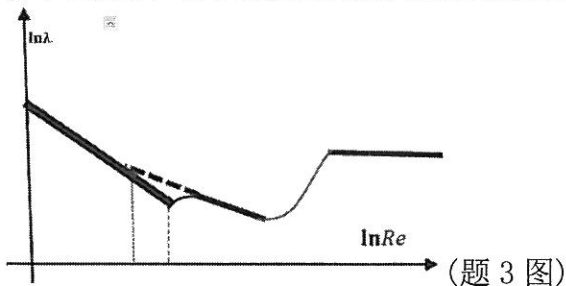


4(20分) 设流场中在某一时间范围内, 无量纲的速度分布为  $(xt^2 + 2y^2, xt^2 - y^2t, 0)$ , 试求解流体质点在  $t = 1$  时经过点  $A = (2, 2, 2)$  处流体质点的加速度(5分)、角速度(5分)与角加速度(5分)并证明在该时刻 A 处流体质点体积正在收缩(5分)。

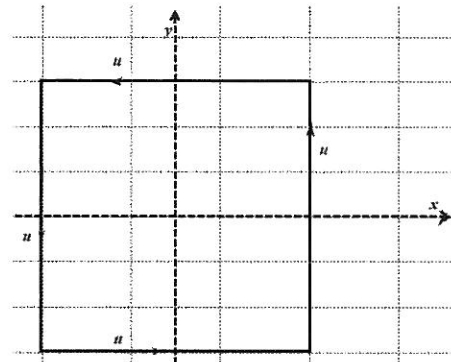
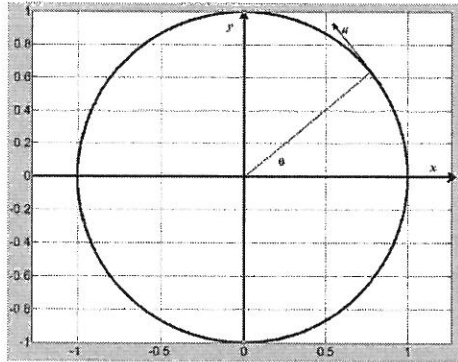
5(20分) 设工业圆形截面管道中流动的下临界雷诺数为  $Re_{cr} = 2401$ , 试根据尼古拉兹沿程阻力系数实验曲线的分布特征给出管道内流动的雷诺数为下临界雷诺数时的沿程沿程阻力系数(5分)。设流动处于水力光滑区时, 测得某直径和长度的该管道内沿程损失  $h_\lambda$

与流速  $v$  的关系为  $h_\lambda = Kv^{(1+\frac{3}{4})}$ , 其中  $K$  为常数, 即沿程损失与速度的  $1 + \frac{3}{4}$  次方成正比。

试求解该管道内流动处于水力光滑区时, 沿程阻力系数与雷诺数的关系表达式(10分); 如果假设管道内流动雷诺数为  $Re = 10000$  也处于水力光滑区, 试求解出该雷诺数下的沿程阻力系数(5分)。(提示: 在沿程阻力系数与雷诺数的对数图上, 层流区与水力光滑区内, 沿程阻力系数  $\lambda$  与雷诺数  $Re$  的对数值  $\ln \lambda$ ,  $\ln Re$  满足直线方程。尼古拉兹实验曲线如下图所示; 其中层流区和水力光滑区反向延长线相交。)



6 (20分)在XY平面中, 设理想正压流体在质量力有势的环境中, 有一组流体质点在初始时刻组成一个单位圆的圆周, 该单位圆上各个流体质点的速度大小  $u$  相同但各点的速度沿着圆周的正切向(逆时针方向)。经过一段时间之后, 该圆周上变形成为一个长宽为  $a$  的正方形的周线, 假如该四边上的速度方向与边相切, 但是在每条边上速度大小都满足同样的先增后减的抛物型分布(也就是在正方形四个顶点上流速为 0, 而在边的中点速度最大), 试求解出该速度分布的表达式(20分)。



7 (30分)为方便, 设环境压力为 0。有一水下喷气推进的火箭, 水的密度为  $\rho$ 。设火箭以速度  $u_\infty$  沿着水平方向的负方向巡航。设水下火箭尾部喷口的面积为  $S_p$ , 喷气流量为  $Q \text{ m}^3/\text{s}$ , 喷出气体的密度为  $\rho_g$ , 喷口处气体相对于环境的压力为 0。(1)试根据动量定理求解火箭的喷气推力的大小  $F_T$  (10分)。如果水洞中模型与真实水下火箭原型之间的长度比尺为  $k_L = \lambda$ , 而且水下的阻力主要是由液体粘性造成的。(2)问此时采取的相似准则是哪个相似准则(2分), (3)试问实验室中模型的速度  $u_m$  与原型火箭速度  $u_\infty$  的比值  $k_u$  (3分)? (4)根据实验室测到的模型上的阻力与流速、截面积、流体密度之间的关系为

$$F_m = C_d \frac{1}{2} \rho_m u_m^2 S_m$$

其中  $S_m, u_m, \rho_m, C_d$  分别为模型的横截面、模型的速度、水的密度以及阻力系数, 下标  $m$  表示模型。由于模型和原型的几何相似, 所以它们的阻力系数相同。问: 换算得到原型火箭上水流产生的阻力  $F_p$  为多大(5分)? (5)火箭保持匀速巡航时, 推力和阻力达到平衡, 问此时巡航速度  $u_\infty$  与喷气流量  $Q$  的关系(10分)? (提示: 把坐标系建立在火箭上。)



8 (10分)设均匀流沿着水平方向以速度  $u_\infty$  从左方流向右方的无穷远。设流动平面的原点处分布着一个点源, 点源的复势为  $au_\infty \ln z$ , 其中  $a$  为一常数, 其中  $z = x + iy = re^{i\theta}$  为流动平面上的复数。试求解该均匀流动与这点源构成的复合流动的零流线表达式(10分)。