姓名：__________

学号：__________

学院（系）：______

_____级_____班

装

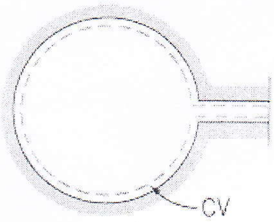
大 连 理 工 大 学

课 程 名 称： 流体力学 试卷： B 考试形式：闭卷

授课院（系）： 工程力学 考试日期：2013 年 1 月 6 日 试卷共 7 页

	一	二	三	四	五	六	七	八			总分
标准分	20	20	15	15	10	10	10				100
得 分											

1. [20 分] 图中所示的储气罐的体积为 **$0.05m^3$**. 空气可以通过罐右侧阀门排出，阀门截面积为 **$65mm^2$**。在 **t=0** 时刻，通过阀门的平均流速为 **300m/s**，空气密度为 **$6kg/m^3$**，求此刻储气罐内空气平均密度的变化率



假设出口流速均布，罐内密度均匀。由积分形式质量守恒定律

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\int_{CV} \rho \, d\forall\right) + \int \rho \vec{V}\cdot d\vec{A} = 0 \quad 10$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}\forall + \rho_1 V_1 A_1 = 0 \quad 5$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{-\rho_1 V_1 A_1}{\forall} = -\frac{6\frac{kg}{m^3}\,300\frac{m}{s}\,65\times10^{-6}m^2}{0.05m^3}$$

$$= -2.34\frac{kg}{m^3 \cdot s} \quad 5$$

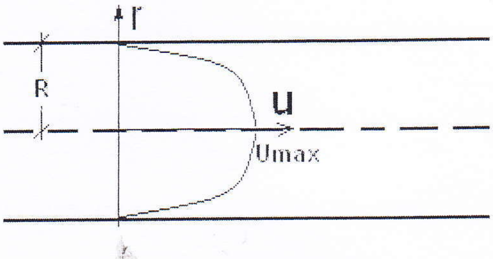
2.

为 u

压强

2. [20 分] 一圆管内流动为层流，**D=2cm**， **U_{max}=10cm/s,** 速度分布为 **$u/U_{max}=1-(r/R)^2$**，(a) 求壁面切应力 τ_w， (b) 在 **L=100cm** 管长上压强降 Δp 为多少?

$\rho=10^3\ kg/m^3,\quad \nu=10^{-6}\ m^2/s$



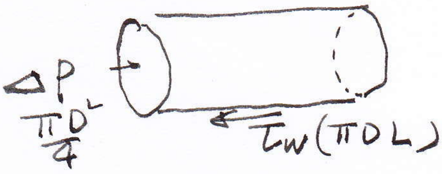
$$u=U_{max}\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)$$

$$\tau_w=\mu\frac{du}{dr}\Big|_{r=R}=\mu U_{max}\left(-\frac{2r}{R^2}\right)\Big|_{r=R}$$ (10)

$$=-\mu U_{max}\frac{2}{R}=-2\rho\nu U_{max}/R$$

$$=-2\times10^3\frac{kg}{m^3}\,10^{-6}\frac{m^2}{s}\,0.1\frac{m}{s}/0.01\,m$$

$$=-0.02\,Pa$$ (5)

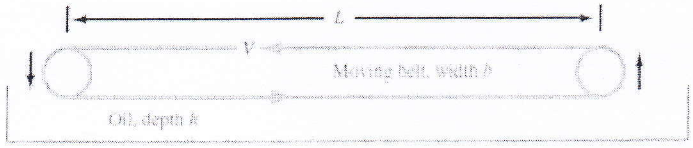


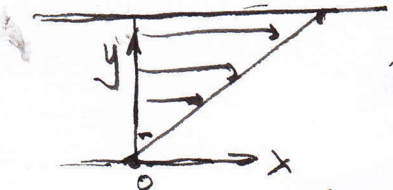
$$\Delta P\frac{\pi D^2}{4}=|\tau_w|\pi D L$$

$$\Delta P=\frac{4|\tau_w|L}{D}=4\frac{1m\cdot0.02Pa}{0.02m}$$

$$=4\,Pa$$ (5)

3. [15 分] 图中所示传送带以匀速 V 运动，传送带与机油上表面相接触，机油在传送带的带动下运动。机油粘性系数为 μ，油箱深度为 h，假设箱内油的流动速度自下向上呈线性变化。传送带长度为 L，宽度为 b，求使传送带运动所需功率 P 的公式。





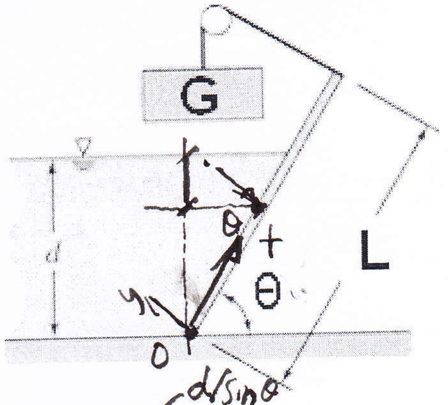
假设油水平速度线性

带~~受到~~表面切应力 $\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{V}{h}$ 5

带受到的力 $F = \tau \cdot L \cdot b = \frac{\mu V L b}{h}$ 5

功率 $P = FV = \tau L b V = \frac{\mu V^2 L b}{h}$ 5

4. [15 分] 下图所示平板长 L，宽 W，与地面夹角为 ϑ，重物重量为 G，绳索和平板垂直，系统处于平衡状态，求水深 d 的表达式。



力矩平衡.

$\Sigma M_o = 0$ 5

$$GL = \int_0^{d/\sin\theta} \rho(d - x\sin\theta) g \cdot dx \cdot x \cdot w$$ 5

$$GL = \int_0^{d/\sin\theta} W(\rho g d \cdot x \,\cancel{dx} - \rho g \sin\theta\, x^2)\,dx$$

$$GL = w\rho g d \frac{x^2}{2}\Big|_0^{d/\sin\theta} - w\rho g \sin\theta \frac{x^3}{3}\Big|_0^{d/\sin\theta}$$

$$GL = w\frac{\rho g d}{2} \cdot \frac{d^2}{\sin^2\theta} - w\frac{\rho g \sin\theta}{3}\frac{d^3}{\sin^3\theta}$$

$$GL = \left(\frac{\rho g}{2\sin^2\theta} - \frac{\rho g}{3\sin^2\theta}\right) d^3 \cdot w$$

$$d = \left(\frac{6GL\sin^2\theta}{\rho g w}\right)^{1/3}$$ 5

5. [10 分] 大连理工大学超声速风洞为暂冲式，储气罐储气压强 **p_o=1.0MPa**，温度 **T_o=23 °C**。空气通过管道进入实验段后马赫数为 1.6。假设放气过程中储气罐温度和压强恒定 (a) 求实验段内的空气压强、密度、温度和速度；(b) 实验段截面积为 **0.04m²**， 求空气质量流量。计算中可能需要的关于滞点特性的关系式：

$$\frac{T_o}{T} = 1 + \frac{\gamma - 1}{2}M^2 \ , \quad \frac{\rho_o}{\rho} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2}M^2\right)^{\frac{1}{\gamma - 1}}$$

$$c = \sqrt{\gamma R T} \ , \quad \frac{p_o}{p} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

$R = 287 \ J/kgK, \ \ \gamma = 1.4$

假设 气罐到实验段无损失、为等熵过程

$$T = T_0 / \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2\right) = \frac{23+273}{1+0.2\times1.6^2} = 198K$$

3

$$p = \frac{p_0}{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}$$

$$= \frac{10^6 Pa}{(1+0.2\times 1.6^2)^{3.5}} = 235 KPa$$

3

$$\rho = \rho_0 / \left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \frac{p_0}{R T_0 \left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}}$$

$$= \frac{235\times10^3 Pa}{287\times3\cancel{00}\times(1+0.2\times1.6^2)^{\cancel{1.4-1}}}$$

$$= 1.47 \ kg/m^3$$ 3

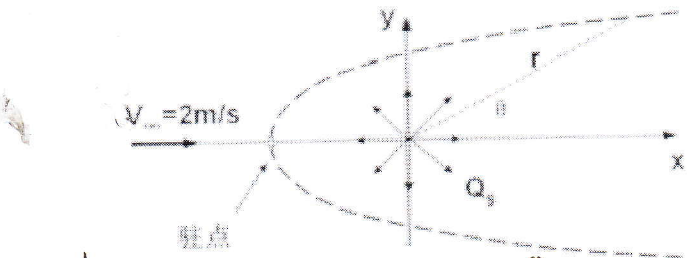
$$\dot{m} = \rho V A = \rho c M A = \rho\sqrt{R\gamma T}\, M A$$

$$= 1.47\frac{kg}{m^3}\sqrt{287\times1.4\times198}\times1.2\times0.04$$

$$= 19.9 \ kg/s$$ 1

6. [10 分]在来流速度为 V_∞的二维均匀流场中，若在原点放置一流量为 Q_s的源。均匀来流复势为 $W=V_\infty z$，点源复势为 $W=\frac{Q_s}{2\pi}\ln z$。求

a) 驻点位置的表达式；b) 若来流速度为 4**m/s,**源强度为 2**m²/s**, 求驻点位置；c) 过驻点的流线的表达式。



流动复势 $W(z)=V_\infty z+\frac{Q_s}{2\pi}\ln z$ 3

复速度 $\frac{dW}{dz}=V_\infty+\frac{Q_s}{2\pi}\frac{1}{z}$

驻点 $\frac{dw}{dz}=0. \Rightarrow z_s=\frac{-Q_s}{2\pi V_\infty}=\frac{-2m^2/s}{2\pi\, 4m/s}=-0.08m$

驻点坐标 $(-0.08m,\ 0)$ 3

复势 $W=\phi+i\psi=V_\infty re^{i\theta}+\frac{Q_s}{2\pi}(\ln r+i\theta)$

得 $\psi=V_\infty r\sin\theta+\frac{Q_s}{2\pi}\theta$ 3

代入驻点坐标 $r=0.08,\ \theta=\pi$

$\psi=V_\infty 0.08\sin\pi+\frac{Q_s}{2\pi}\pi=Q_s/2$

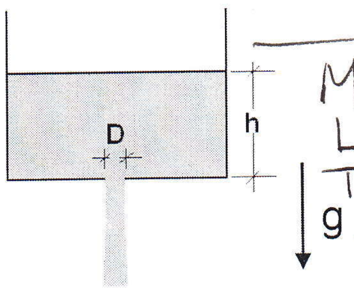
得 $V_\infty r\sin\theta+\frac{Q_s}{2\pi}\theta=\frac{Q_s}{2}$ 1

7. ［10 分］圆柱形水箱下板中心位置有一直径为 **D** 的圆孔，水深 **h**，水自圆孔流出。现知质量流量 **m [M/T]**与密度 ρ **[M/L³]**，孔径 **D [L]**，水深 **h [L]**，出口速度 **V [L/T]**，粘性系数 μ **[M/LT]**，表面张力系数 σ **[M/T²]** 和重力加速度 g ［**L/T²**］有关（方括号内为量纲）。

a. 请根据 Pi 定理提出一系列无量纲组合；

b. 现计划在实验室内进行缩比为 1/5 的实验，模型实验使用液体为水，当达到动力学相似的时候，模型与原型之间的流量比为多少？

c. 模型实验是否能达到完全的动力学相似？为什么？



	m	ρ	D	h	V	μ	σ	g
M	1	1	0	0	0	1	1	0
L	0	-3	1	1	1	-1	0	1
T	-1	0	0	0	-1	-1	-2	-2

Choose ρ, V, D.

$$\Pi_1 = \frac{m}{\rho V^2 D^2} \quad 3, \quad \Pi_2 = \frac{h}{D}, \quad \Pi_3 = \frac{\mu}{\rho V D}, \quad \Pi_4 = \frac{\sigma}{\rho V^2 D}$$

$$\Pi_5 = \frac{gD}{V^2} \quad 3$$

通过对比，发现，对于 Π_5，应该用 h 作为长度尺度，更为合理。

$$\Pi_5 = gh/V^2$$

若要使模型实验达到动力学相似

$$\frac{h_m}{D_m} = \frac{h_p}{D_p} \Rightarrow h_m = \frac{D_m}{D_p} h_p = h_p/5$$

$$\frac{g h_m}{V_m^2} = \frac{g h_p}{V_p^2} \Rightarrow V_m = \sqrt{\frac{h_m}{h_p}}\, V_p = V_p/\sqrt{5} \quad 2$$

$$\frac{m_m}{\rho V_m D_m^2} = \frac{m_p}{\rho V_p D_p^2} \Rightarrow \frac{m_m}{m_p} = \frac{V_m}{V_p}\frac{D_m^2}{D_p^2} = \frac{1}{25}\cdot\frac{1}{\sqrt{5}} \quad 2$$