ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบไล่ ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2547

วันที่ 2 มีนาคม 2548 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 215-291 Basic Fluid Mechanics ห้อง A201

คำสั่ง

ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ ทำทุกข้อ ในข้อสอบ

เขียนชื่อ-สกุล และรหัสนักศึกษาในข้อสอบทุกแผ่น

ห้ามนำเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ

อนุญาตใช้ดินสอได้

อนุญาตใช้เครื่องคิดเลขทุกชนิด

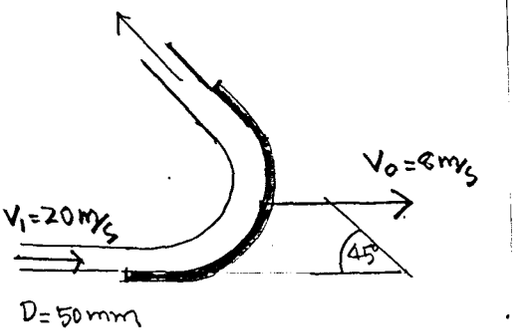
ผศ.ไพโรจน์ คีรีรัตน์

ผู้ออกข้อสอบ

ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

ข้อ 1 (10 คะแนน)

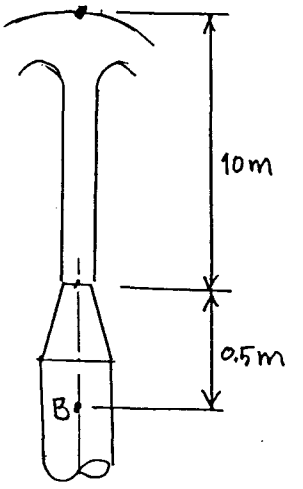
เจ็ตของน้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลาง D = 50 mm พุ่งด้วยความเร็ว V_1=20 m/s กระทบกับใบพัด ที่กำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ ด้วยความเร็ว V_o= 8 m/s จงหาแรงที่เจ็ตน้ำกระทำต่อใบพัด



ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

ข้อ 2 (10 คะแนน)

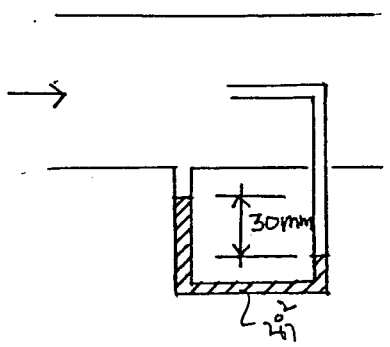
(ก) ท่อพ่นน้ำดังในรูป จงหาความดันของน้ำในท่อที่จุด B ถ้าท่อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm หัวฉีดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 mm อยู่สูงจากจุด B 0.5 m และสามารถฉีดน้ำได้สูง 10 m



ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

(ข) เครื่องมือวัดความเร็วของอากาศ ในท่อ ดังแสดงในรูป ถ้าวัดความแตกต่างของความดัน stagnation กับความดัน static ได้เท่ากับ 30 mm จงหา ความเร็วของอากาศในท่อ

กำหนดให้ อากาศมี $\rho = 1.23 kg/m^3$



ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

ข้อ 3 (15 คะแนน)

กำลัง (P) ที่ใช้ขับปั๊มชนิดไหลในแนวแกน (axial flow pump) มีค่าขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ คือ ความหนาแน่น (ρ) ความเร็วเชิงมุมของใบพัด (N) เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (D) เฮด (H) และอัตราไหล (Q)

(ก) จงหากลุ่มตัวแปรไร้มิติ

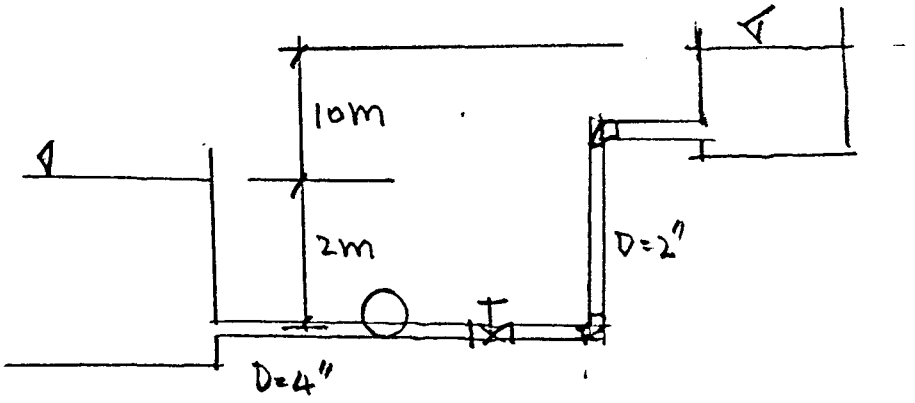
(ข) ถ้าแบบจำลอง (model) ของปั๊มมีขนาด 1:3 ของต้นแบบ และคุณลักษณะของแบบจำลองมีดังนี้ คือ $P_m = 2\ hp$, $Q_m = 3\ ft^3/s$, $H_m = 10\ ft$ และ $N_m = 900\ rpm$ ถ้าปั๊มต้นแบบทำงานที่ความเร็วรอบ $N_P = 300\ rpm$

จงหา กำลัง เฮด และ อัตราการไหลของปั๊มต้นแบบ

	ระบบ FLT	ระบบ MLT
กำลัง	FLT^{-1}	ML^2T^{-3}
ความหนาแน่น	$FL^{-4}T^2$	ML^{-3}
อัตราการไหล	L^3T^{-1}	L^3T^{-1}
เส้นผ่านศูนย์กลาง	L	L
ความเร็วเชิงมุม	T^{-1}	T^{-1}

ข้อ 4 (10 คะแนน)

จงคำนวณหากำลังที่จ่ายให้ปั๊ม ในรูป ถ้าประสิทธิภาพของปั๊มเท่ากับ 76 % เมธิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol) ที่อุณหภูมิ 25°C ($\rho = 798\ kg/m^3$, $\mu = 5.60x10^{-4}\ Pa \cdot s$) ไหลด้วยอัตรา 54.0 m^3/h ท่อดูดมีขนาด D = 4 in. ยาว 15 m ท่อส่งมีขนาด D = 2 in. ยาว 200 m สมมติ มีทางเข้าเป็นชนิดขอบคม (K = 0.5) มีข้องอฉากชนิดมาตรฐาน (Le/D = 30) จำนวน 2 ตัว มี Globe valve เปิดเต็มที่ (Le/D = 340) จำนวน 1 ตัว และมีทางออก (K = 1.0) ท่อที่ใช้คือท่อเหล็ก (e = 0.046 mm)



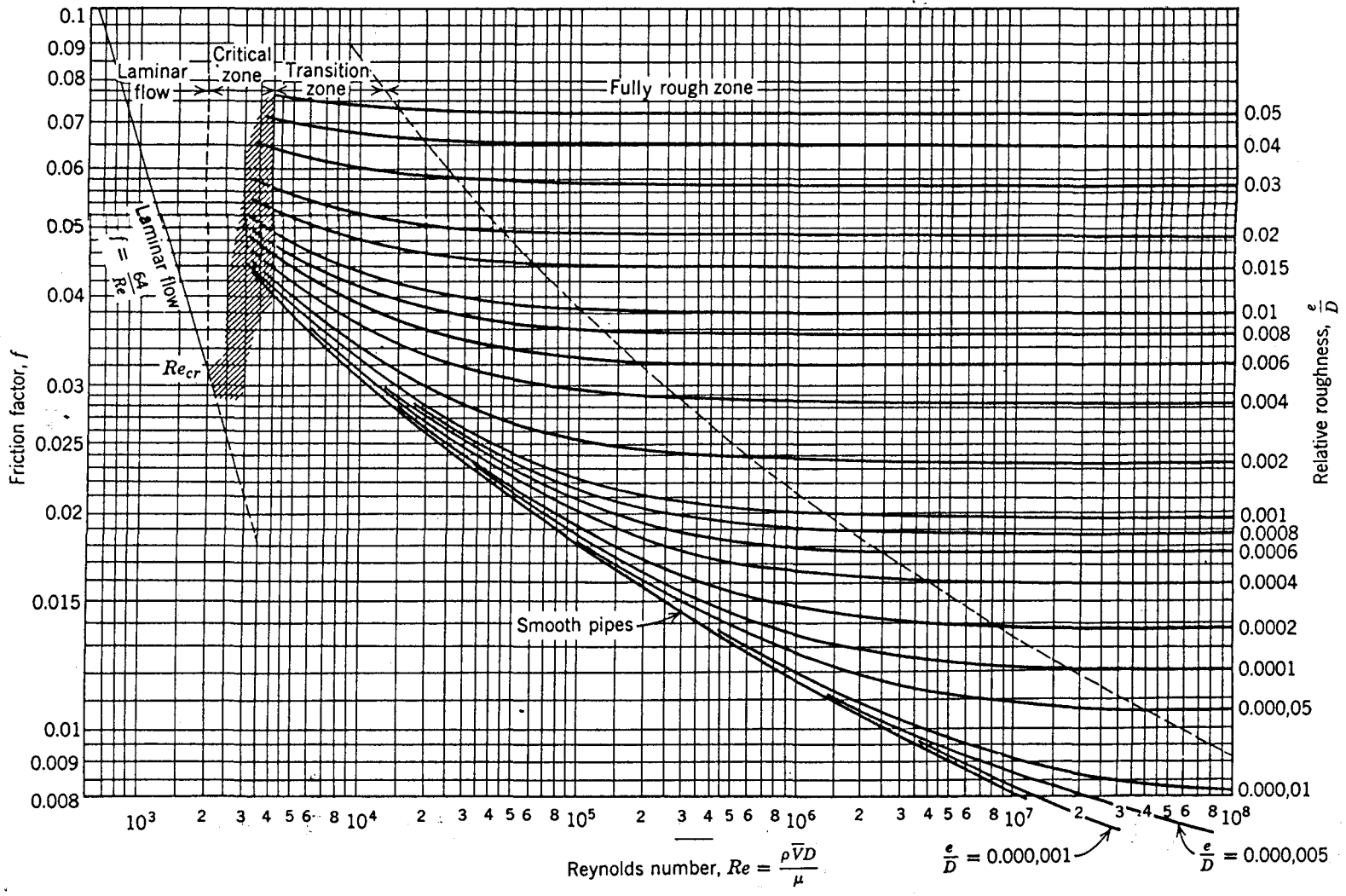
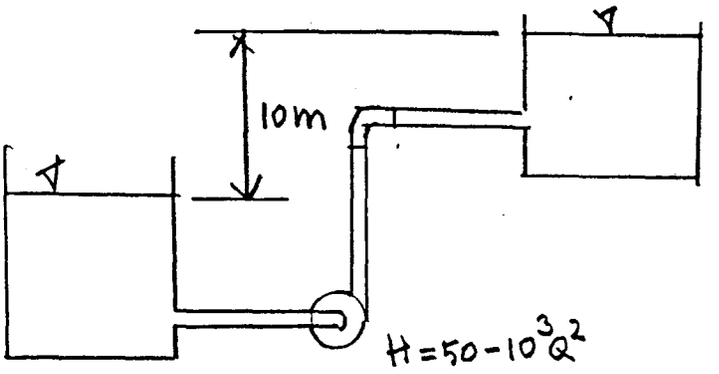


Fig. Friction factor for fully developed flow in circular pipes. (Data from [4], used by permission.)

ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

ข้อ 5 (15 คะแนน)

(ก) เครื่องสูบน้ำตัวหนึ่งมีสมรรถนะ $H = 50 - 10^3 Q^2$ เมื่อ H = เฮดของปั๊ม และ Q = อัตราการไหล (m3/s) ถ้าใช้เครื่องสูบน้ำนี้ในการส่งน้ำจากถังเก็บไปยังถังจ่ายน้ำ ซึ่งมีระดับน้ำแตกต่างกัน 10 m โดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm ยาว 200 m สมมติ แฟกเตอร์ความเสียดทาน f = 0.02 และไม่คิดการสูญเสียรอง จงหาอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำนี้



ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

(ข) ถ้าระบบท่อสูบดังในรูป ใช้สูบน้ำอุณหภูมิ 80°C ภายใต้ความดันบรรยากาศเท่ากับ 101.8 kPa จากถังที่มีระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าทางเข้าของปั๊ม 2.0 m ในอัตรา 300 L/min โดยใช้ท่อดูดขนาด D = 3 in. ยาว 9.0 m ในระบบท่อสูบดังกล่าวมี ข้องอฉาก 1 ตัว (K = 0.7) ฟุตวาล์ว 1 ตัว (Le/D = 420) สมมติ $f = 0.02$

จงหา $NPSH_A$ ของท่อด้านสูบน้ำดังกล่าว

กำหนดให้ น้ำที่อุณหภูมิ 80°C มี $\mu = 3.5x10^{-4}$ Pa.s $\rho = 971$ kg/m^3

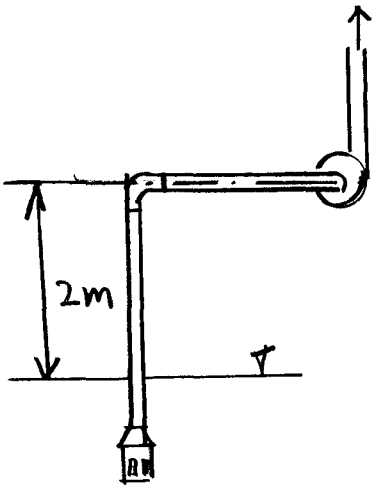


TABLE 13.3 Vapor pressure of water

Temperature °C	Vapor Pressure kPa (abs)	Specific Weight (kN/m^3)	Vapor Pressure (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.7580
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.250
80	47.34	9.530	4.967
90	70.10	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

ตารางที่ 1 สรุปสูตร

Momentum Eq สรุปสูตร Jurairat 4610085

$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

$\Sigma \vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v})$

$\frac{d}{dt}N_{sys} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} \eta \rho d\forall + \int_{cs} \eta \vec{v}\cdot d\vec{A}$

$\Sigma \vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} \vec{v}\rho d\forall + \int_{cs} \vec{v}\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$\Sigma \vec{F}_x = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} u\rho d\forall + \int_{cs} u\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$\Sigma \vec{F}_y = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} v\rho d\forall + \int_{cs} v\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$\Sigma \vec{F}_z = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} w\rho d\forall + \int_{cs} w\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$V = f[u, v, w]$, 3D

$\vec{v} = \vec{v}_{cv} + \vec{v}_r$

$\Sigma \vec{F} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv} \vec{v}_r \rho d\forall + \int_{cs} \vec{v}_r[\rho \vec{v}_r\cdot d\vec{A}]$

(0 steady flow) ($\dot{m}$)

$Q = VA$, $V = \frac{Q}{A}$, $\dot{m} = \rho Q = \rho AV$

Continuity Eq^n : $\frac{\partial}{\partial t}\int_{cv}\rho d\forall + \int_{cs}\rho\vec{v}\cdot d\vec{A} = 0$

$\int_{cs}\rho\vec{v}\cdot d\vec{A} = \Sigma(\rho VA)_{out} - \Sigma(\rho VA)_{in}$

$0 = \Sigma \dot{m}_{out} - \Sigma \dot{m}_{in}$ (steady flow)

$W = \gamma Q = \gamma AV$; N/s

$\Sigma Q_{out} = \Sigma Q_{in}$ (Incompressible flow)

Bernoullis' Eq^n

$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = const.$; J/kg

$\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z = const.$; J/N

$P + \rho\frac{V^2}{2} + \rho g z = const.$; N/m^2

$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \cancel{z_1} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \cancel{z_2}$

(1) static pressure (2) stagnation pressure

Moment of Momentum Eq^n

หาจาก $\vec{T} = \left(\frac{d\vec{H}}{dt}\right)_{sys}$

$\vec{H} = \int_{\forall(sys)} \vec{r}\times\vec{v}\rho d\forall$

$N = \vec{H}$, $\eta = \vec{r}\times\vec{v}$

$\frac{dN}{dt} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv}\eta\rho d\forall + \int_{cs}\eta\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$\left(\frac{d\vec{H}}{dt}\right)_{sys} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv}\vec{r}\times\vec{v}\rho d\forall + \int_{cs}\vec{r}\times\vec{v}\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$t = 0$ หาจากสมการ C.V = SYS

$\vec{T} = \frac{\partial}{\partial t}\int_{cv}\vec{r}\times\vec{v}\rho d\forall + \int_{cs}\vec{r}\times\vec{v}\rho\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$\rho d\forall = m$, $\rho\vec{v}\cdot d\vec{A} = \dot{m}$

$\vec{r}\times\vec{v}$ is moment of momentum

steady flow : $\frac{\partial}{\partial t}\int_{cv}\vec{r}\times\vec{v}\rho d\forall = 0$

$\therefore \vec{T} = \int_{cs}\vec{r}\times\vec{v}\rho d\vec{v}\cdot d\vec{A}$

$-T_{shaft} = \int_{A_2} -r_2 V_{\theta 2}(\rho V_2 dA_2)$

$T_{shaft} = r_2 V_{\theta 2}(\dot{m}_2)$

$\dot{m}_2 = \rho Q_1$

$V_2 = \frac{\dot{m}_2}{\rho(2A_2)}$

$U_2 = \omega r_2$

$V_2 = W - U_2$, W ความเร็วสัมพัทธ์

หาจาก $\dot{W}_s = T\cdot\omega$, J/s , watt

$\rho_2 V_2 A_2 - \rho_1 V_1 A_1 = 0$ steady flow

$\int_{cs}\rho\vec{v}\cdot d\vec{A} = 0$ continuity Eq^n

$P_{abs} = P_{atm} \pm P_{gage}$

$P = \rho g h$

$e = u + \frac{V^2}{2} + gz$ (J/kg)

หน้าที่ 11

$\dot{Q} - \dot{W}_{sh} = \dot{m}\left[(u_2-u_1) + \left(\frac{P}{\rho}\right)_2 - \left(\frac{P}{\rho}\right)_1 + \frac{V_2^2-V_1^2}{2} + g(z_2-z_1)\right]$

$\dot{W}_{shaft} = 0$ steady flow

$\dot{Q} = 0$ adiabatic

$\dot{Q} + \dot{W}_{shaft} = \dot{m}\left[(h_2-h_1) + \frac{V_2^2-V_1^2}{2} + g(z_2-z_1)\right]$

$\eta = \frac{W_{shaft} - loss}{W_{shaft}}$

$\frac{V_2^2}{2} = W_{shaft} - loss$

$h_L = k\frac{V^2}{2g} = \frac{Le}{D}\frac{V^2}{2g}$

$h_L = \frac{P_1}{\rho}$

PUMP have D เท่ากัน (เดียวกัน)

$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$, $\frac{h_{p1}}{h_{p2}} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$, $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)$

W เท่ากัน ($V = \omega r$)

$\frac{Q_1}{Q} = \frac{D_1}{D_2}$, $\frac{h_{p1}}{h_{p2}} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$

$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$

Re 5

ชื่อ-สกุล..... รหัสนักศึกษา.....

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Energy Equation

$$\frac{P_2}{\rho}+\frac{V_2^2}{2}+gz_2=\frac{P_1}{\rho}+\frac{V_1^2}{2}+gz_1+W_{shaft}-loss$$

$$\frac{P_2}{\rho g}+\frac{V_2^2}{2}+z_2=\frac{P_1}{\rho g}+\frac{V_1^2}{2g}+z_1+h_s-h_L$$

$h_s=\frac{W_s}{g}$, $h_s=h_p$ or $-h_T$

$\dot{W}_s=\rho g Q h_s$; W

$h_L=\frac{loss.}{g}$

$h_s=\frac{W_s}{g}=\frac{\dot{W}_s}{\dot{m}g}=\frac{\dot{W}_s}{\rho Q g}=\frac{\dot{W}_s}{\gamma Q}$, J/N

$\dot{Q}-\dot{W}_{sh}=\dot{m}\left[(u_2-u_1)+\left(\frac{P}{\rho}\right)_2-\left(\frac{P}{\rho}\right)_1+\frac{V_2^2-V_1^2}{2}+g(z_2-z_1)\right]$

$\dot{W}_{shaft}=0$ steady flow

$\dot{Q}=0$ adiabatic

$\dot{Q}+\dot{W}_{shaf}=\dot{m}\left[(h_2-h_1)+\frac{V_2^2-V_1^2}{2}+g(z_2-z_1)\right]$

$\eta=\frac{W_{shaft}-loss}{W_{shaft}}$

$\frac{V_2^2}{2}=W_{shaft}-loss$

$W_{shaf}=\frac{\dot{W}_{shaft}}{\dot{m}}$

$\dot{m}=\rho AV$

DIMENSIONAL ANALYSIS

MLT , FLT

$\Pi_1=q b^a g^b \rho^c$

$\Pi_1=f(\Pi_2,\Pi_3)$

$\Pi_1=f(\Pi_2)$

$Re=\frac{VD}{\nu}=\frac{\rho VD}{\mu}$, ν (m^2/s)

$Fr=\frac{V}{\sqrt{gl}}$, $Ma=\frac{V}{C}$, $Eu=\frac{P}{\rho V^2}$

$Eu=\frac{P}{\rho V^2}$

$h_L=k\frac{V^2}{2g}=\frac{Le}{D}\frac{V^2}{2g}$

$h_L=f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$

$NPSH_A=h_{sp}\pm h_s-h_f-h_{vp}$

$h_s=h_p$, $h_s=-h_T$

↓ PIPE FLOW

$Re=\rho\frac{VD}{\mu}$, $Re<2{,}000$ laminar

$Re>4{,}000$ Turbulent

PUMP

$h_s=h_p$

$\frac{P_1}{\rho g}+\frac{V_1^2}{2g}+z_1+h_s-h_L=\frac{P_2}{\rho g}+\frac{V_2^2}{2g}+z_2$

$h_p=\frac{P_2-P_1}{\rho g}+\frac{V_2^2-V_1^2}{2g}+z_2-z_1+h_L$

กำลัง $P_a=\gamma Q h_p$; watt

$n=\frac{P_a}{P_{in}}$

PUMP have D เท่ากัน (เลียงสาน)

$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{N_1}{N_2}$, $\frac{h_{p1}}{h_{p2}}=\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$, $\frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{N_1}{N_2}\right)$

w เท่ากัน ($v=\omega r$)

$\frac{Q_1}{Q}=\frac{D_1}{D_2}$, $\frac{h_{p1}}{h_{p2}}=\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$

$\frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3$

$h_L=f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}+f\left(\frac{\Sigma Le}{D}\right)\frac{V^2}{2g}$

$Re<2000$, $f=\frac{64}{Re}$

$Area=\frac{\pi}{4}D^2=\frac{\pi}{2}r^2$

$h=\frac{P}{\rho Q}=\frac{P}{\gamma AV}$, Power $=\dot{W}$ (watt, J/s)

$K=f\frac{Le}{D}$

$K_{valve}=1.5$

$K_{in}=0.5$

$K_{out}=1$

PUMP LAW

$\frac{Q_2}{Q_p}=\frac{\omega_2}{\omega_p}\left(\frac{D_2}{D_p}\right)^3$

$\frac{H_2}{H_p}=\left(\frac{\omega_2}{\omega_p}\right)^2\left(\frac{D_2}{D_p}\right)^2$

$\frac{P_{w2}}{P_p}=\frac{\rho_2}{\rho_p}\left(\frac{\omega_2}{\omega_p}\right)^3\left(\frac{D_2}{D_p}\right)^5$