ชื่อ-สกุล.....

รหัส .....

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2547

วันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2547 เวลา 13:30 - 16:30 น.

วิชา 220-341 กลศาสตร์ของไหล 2 (Mechanics of Fluids II) ห้องสอบ A401

คำชี้แจง

1. ให้เขียน ชื่อ-สกุล และรหัสที่หัวกระดาษด้านขวามือที่หน้าแรก และรหัสที่หัวกระดาษด้านขวามือทุกหน้าที่เหลือ
2. ข้อสอบมีทั้งหมด 3 ข้อใหญ่ รวม 90 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
3. ข้อสอบมี 11 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
4. ให้ทำข้อสอบทั้งหมดลงในกระดาษคำถามนี้ หากไม่พอให้ใช้หน้าว่างด้านซ้ายมือ
5. ห้ามนำเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้เกรด " E " ทุกกรณี
6. ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
7. ค่า $erf(\eta)$ และ $erfc(\eta)$ ประกอบการคำนวณได้แสดงไว้ในหน้าที่ 11
8. ถ้าพิจารณาเห็นว่า ค่าตัวแปรหรือข้อสมมุติฐานต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้มายังไม่เพียงพอต่อการคำนวณ ให้สมมุติค่าขึ้นมาเองตามหลักการที่เหมาะสมและจะต้องเขียนข้อสมมุตินั้นลงในคำตอบด้วย

ตารางแสดงคะแนนการสอบกลางภาค

ข้อที่		คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	1.1	10	
	1.2	10	
	1.3	10	
2	2.1	10	
	2.2	10	
	2.3	10	
3	3.1	15	
	3.2	15	
รวม	8 ข้อย่อย	90	

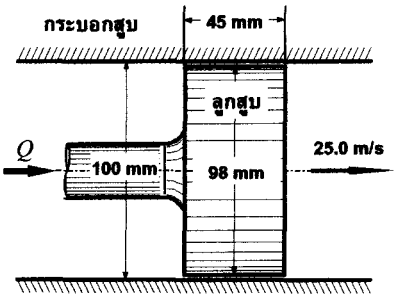
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พยอม รัตนมณี ผู้ออกข้อสอบ

Section 01 รหัส .....

ข้อที่ 1 (30 คะแนน) ประกอบด้วย 3 ข้อย่อย

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง <u>หลักการพื้นฐานของกลศาสตร์ของไหล</u>

ข้อที่ 1.1 (10 คะแนน) ลูกสูบ (Piston) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 98.0 mm เคลื่อนที่ในกระบอกสูบ (Cylinder) ขนาด 100.0 mm ดังแสดงในรูป ถ้าความหนืดสัมบูรณ์ของน้ำมันหล่อลื่นเท่ากับ 7.50×10^{-3} Ns/m^2 จงหาค่าแรง Q ที่กระทำต่อแกนลูกสูบเพื่อให้ลูกสูบเคลื่อนที่ในแนวแกนกระบอกสูบด้วยความเร็ว 25 m/s



วิธีทำ

 รหัส .....

ข้อที่ 1.2 (10 คะแนน) นำแท่งวัสดุ ABC หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 แท่งยึดต่อกันดังแสดงในรูป โดยแท่งวัสดุ AB มีความหนาแน่น 1,200 kg/m^3 มีความยาว 1.00 m และแท่งวัสดุ BC มีความหนาแน่น 750 kg/m^3 มีความยาว 2.00 m จากนั้นจึงนำแท่งวัสดุประกอบดังกล่าวไปทิ้งในน้ำ (ρ_w = 1,000 kg/m^3) เพื่อทดสอบสภาวะการลอยตัว

ก) จงแสดงรายการคำนวณเพื่อพิสูจน์ว่าแท่งวัสดุประกอบนี้ "สามารถลอยน้ำได้"

ข) จงเขียนรูป (Sketch) แสดงลักษณะการลอยตัวที่มีเสถียรภาพของแท่งวัสดุประกอบนี้

แท่งวัสดุ AB

ความหนาแน่น = 1,200 kg/m^3

พื้นที่หน้าตัด = 0.20X0.20 m^2

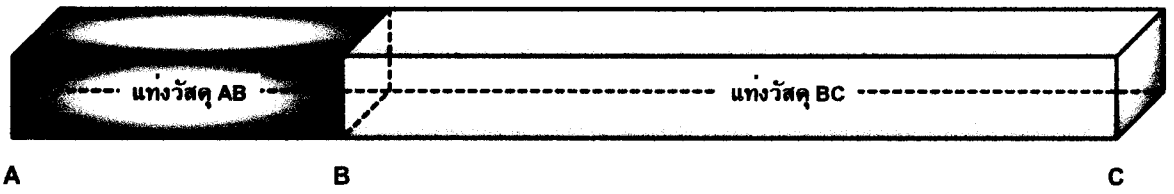
ความยาว = 1.00 m

แท่งวัสดุ BC

ความหนาแน่น = 750 kg/m^3

พื้นที่หน้าตัด = 0.20X0.20 m^2

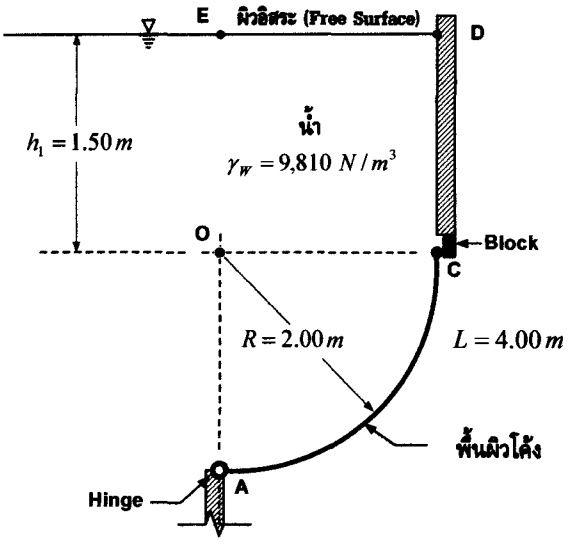
ความยาว = 2.00 m



วิธีทำ

รหัส .....

ข้อที่ 1.3 (10 คะแนน) พื้นผิวโค้งมีรัศมีความโค้ง (R) เท่ากับ 2.00 m มีความยาวเท่ากับ 4.00 m ดังแสดงในรูป ถ้าระยะ $h_1 = 1.50$ m จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อบานพับ (Hinge) A
กำหนดให้ $\gamma_W = 9{,}810$ N/m^3



วิธีทำ

 รหัส .....

ข้อที่ 2 (30 คะแนน) ประกอบด้วย 3 ข้อย่อย

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง <u>สมการการเคลื่อนที่ของของไหล</u>

ข้อที่ 2.1 (10 คะแนน) กำหนดให้เวกเตอร์ความเร็วของการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Flow) บรรยายด้วยสมการ

$$V(x,y,z) = (x^2 + z^2 + 5)i + (y^2 + z^2)j + (w)k$$

ก. ถ้าการไหลนี้ไม่ขึ้นกับเวลา จงหาสมการทั่วไปของ w ที่ทำให้การไหลนี้สามารถเกิดขึ้นได้จริง

ข. สมมุติว่าองค์ประกอบของความเร็วในแนวแกน z มีรูปสมการว่า $w = 5 - Cz(x+y)$ เมื่อ C คือ ค่าคงที่ จงหาเวกเตอร์ของการหมุนรอบแกน z (ω_z) ของการไหลนี้

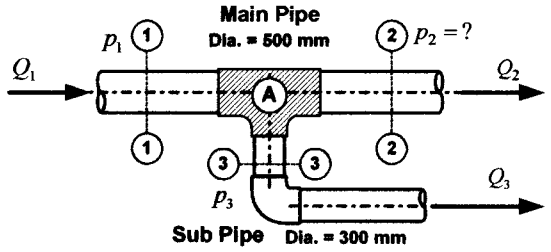
ค. ถ้า $w = 5 - Cz(x+y)$ จงหาสมการของความเร่งในแนวแกน x ของการไหลนี้

วิธีทำ

ข้อที่ 2.2 (10 คะแนน) น้ำ ($\rho = 1{,}000$ kg/m^3) ไหลในท่อหลัก (Main Pipe) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 mm ด้วยอัตราการไหล 0.500 m^3/s ที่จุด A มีข้อต่อสามทางเพื่อแบ่งน้ำจากท่อหลักเข้าสู่ท่อย่อย (Sub Pipe) ด้วยอัตราการไหล 0.200 m^3/s ดังแสดงในรูป ถ้าท่อย่อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 mm และวัดความดันในท่อหลักก่อนถึงจุด A (p_1) ได้ 100 kPa จงหา

(ก) ความดันของน้ำในท่อหลักหลังจากน้ำไหลผ่านจุด A (p_2)

(ข) ขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อข้อต่อ A (ไม่คิดน้ำหนักของน้ำในข้อต่อ A)



วิธีทำ

ข้อที่ 2.3(10 คะแนน) สมการนาเวียร์-สโตกส์(Navier-Stokes) สำหรับการไหลอัดตัวไม่ได้ใน 3 มิติ ในระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinate System) มีความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z} = -g\frac{\partial h}{\partial x}-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\mu}{\rho}\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right] \quad \text{(a)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z} = -g\frac{\partial h}{\partial y}-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\mu}{\rho}\left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right] \quad \text{(b)}$$

$$\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z} = -g\frac{\partial h}{\partial z}-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{\mu}{\rho}\left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right] \quad \text{(c)}$$

(1) + (2) + (3) + (4) = (5) + (6) + (7)

(ก) ให้นักศึกษาอธิบายพจน์ต่าง ๆ ทั้ง 7 พจน์ ในสมการ (a)

(ข) จงเขียนสมการทั้ง 3 ให้อยู่ในรูปของสัญกรณ์เวกเตอร์(Vector Notation) ซึ่งจะเหลือเพียง 1 สมการ

วิธีทำ

 รหัส .....

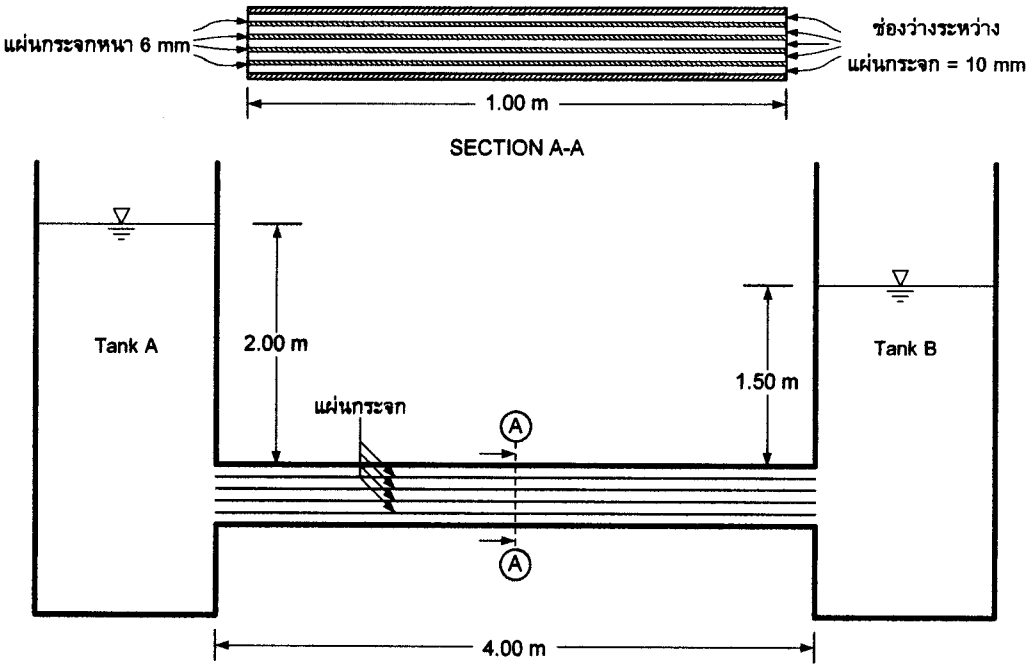
ข้อที่ 3 (30 คะแนน) ประกอบด้วย 2 ข้อย่อย

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง <u>การหาคำตอบโดยตรงของสมการนาเวียร์-สโตกส์</u>

ข้อที่ 3.1 (15 คะแนน) บรรจุน้ำมันชนิดหนึ่งลงในถัง A และถัง B โดยที่ถังทั้ง 2 นี้เชื่อมต่อกันด้วยช่องเล็กระหว่างแผ่นกระจกจำนวน 5 ช่อง ซึ่งแต่ละช่องมีความหนา 10 mm ดังแสดงในรูปตัด ถ้ากำหนดให้ค่าความหนืดสมบูรณ์ของน้ำมัน (μ) เท่ากับ 0.20 Pa.s ความหนาแน่นของน้ำมัน (ρ_{oil}) เท่ากับ 850 kg/m^3 ความยาวของช่องการไหลเท่ากับ 4.00 m และช่องการไหลมีความกว้าง 1.00 m ระดับน้ำมันในถังต่างกัน 0.50 m ดังแสดงในรูป

(ก) จงหาอัตราการไหลของน้ำมัน (Q) จากถัง A ไปยังถัง B

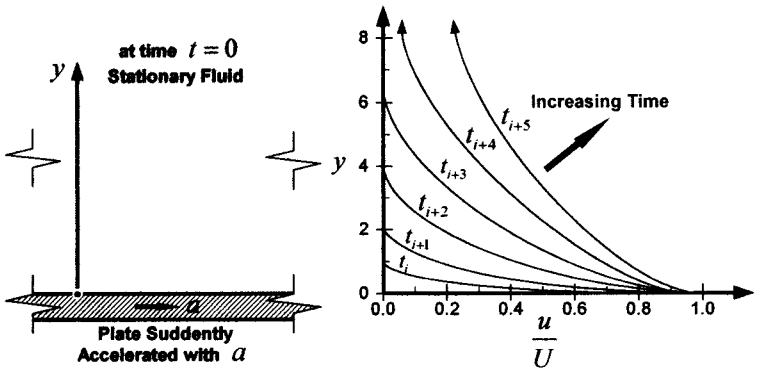
(ข) จงคำนวณหาหน่วยแรงเฉือน (τ_0) ที่กระทำต่อผิวแผ่นกระจก



วิธีทำ

รหัส .....

ข้อที่ 3.2(15 คะแนน) ใช้แรงดึงแผ่นโลหะผิวเรียบอันหนึ่ง ซึ่งวางอยู่ใต้น้ำมันที่อยู่นิ่ง เพื่อให้แผ่นโลหะมีความเร่ง (a) เท่ากับ 0.40 m/s^2 ดังแสดงในรูป ผลเนื่องจากความหนืดของน้ำมันจะเหนี่ยวนำให้น้ำมันที่อยู่เหนือแผ่นโลหะเกิดการเคลื่อนที่แบบไม่คงที่ ซึ่งมีกลไกดังแสดงในรูป



ถ้าการกระจายความเร็วของน้ำมันเหนือแผ่นโลหะ บรรยายด้วยสมการ $u = U_0 erfc\eta$ โดยที่ $\eta = \frac{y}{2\sqrt{\nu t}}$ ถ้ากำหนดให้ค่าความหนืดสมบูรณ์ของน้ำมัน (μ) เท่ากับ 0.20 Pa.s ความหนาแน่นของน้ำมัน (ρ_{oil}) เท่ากับ 828 kg/m^3 ที่เวลา $t = 10$ s

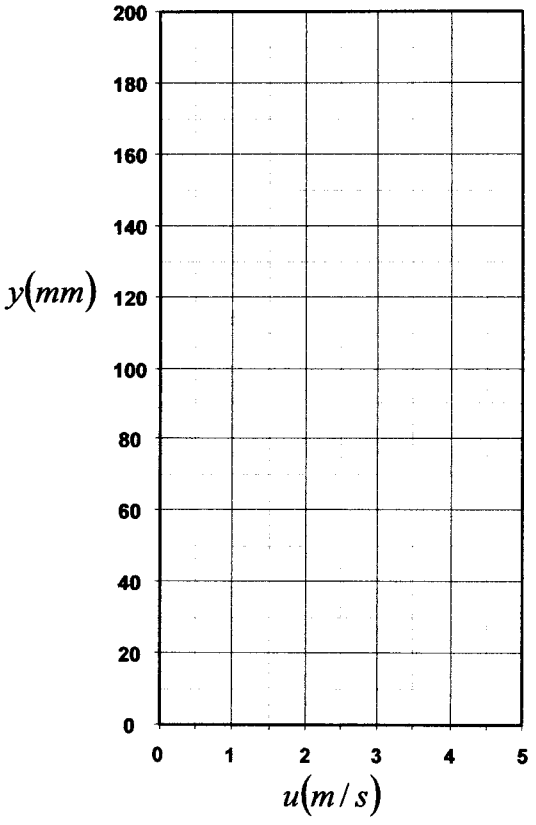
(ก) จงหาความหนาของชั้นชิดผิว (Thickness of Shear Layer : δ)

(ข) จงเขียนการกระจายความเร็วของการไหลที่ระดับ 0, 10, 20, 40, 80, 150 และ 200 mm เหนือผิวโลหะ (ให้เขียนในกระดาษกราฟหน้าหลัง)

(ค) จงประมาณหน่วยแรงเฉือนที่ผิวของแผ่นโลหะ ณ เวลา $t = 10$ s

วิธีทำ

รหัส .....



รูปการกระจายความเร็วของน้ำมันเหนือแผ่นโลหะ
(คำตอบข้อที่ 3.2)

รหัส

ตารางแสดงค่า $erf(\eta)$ และ $erfc(\eta)$

No	η	$erf(\eta)$	$erfc(\eta)$		No	η	$erf(\eta)$	$erfc(\eta)$
1	0.0000	0.000 000	1.000 000		65	0.1500	0.167 996	0.832 004
2	0.0001	0.000 113	0.999 887		66	0.1550	0.173 508	0.826 492
3	0.0002	0.000 226	0.999 774		67	0.1600	0.179 012	0.820 988
4	0.0003	0.000 339	0.999 661		68	0.1650	0.184 507	0.815 493
5	0.0004	0.000 451	0.999 549		69	0.1700	0.189 992	0.810 008
6	0.0005	0.000 564	0.999 436		70	0.1750	0.195 469	0.804 531
7	0.0006	0.000 677	0.999 323		71	0.1800	0.200 936	0.799 064
8	0.0007	0.000 790	0.999 210		72	0.1850	0.206 393	0.793 607
9	0.0008	0.000 903	0.999 097		73	0.1900	0.211 840	0.788 160
10	0.0009	0.001 016	0.998 984		74	0.1950	0.217 277	0.782 723
11	0.0010	0.001 128	0.998 872		75	0.2000	0.222 703	0.777 297
12	0.0015	0.001 693	0.998 307		76	0.2100	0.233 522	0.766 478
13	0.0020	0.002 257	0.997 743		77	0.2200	0.244 296	0.755 704
14	0.0025	0.002 821	0.997 179		78	0.2300	0.255 023	0.744 977
15	0.0030	0.003 385	0.996 615		79	0.2400	0.265 700	0.734 300
16	0.0035	0.003 949	0.996 051		80	0.2500	0.276 326	0.723 674
17	0.0040	0.004 513	0.995 487		81	0.2600	0.286 900	0.713 100
18	0.0045	0.005 078	0.994 922		82	0.2700	0.297 418	0.702 582
19	0.0050	0.005 642	0.994 358		83	0.2800	0.307 880	0.692 120
20	0.0055	0.006 206	0.993 794		84	0.2900	0.318 283	0.681 717
21	0.0060	0.006 770	0.993 230		85	0.3000	0.328 627	0.671 373
22	0.0065	0.007 334	0.992 666		86	0.3500	0.379 382	0.620 618
23	0.0070	0.007 899	0.992 101		87	0.4000	0.428 392	0.571 608
24	0.0075	0.008 463	0.991 537		88	0.4500	0.475 482	0.524 518
25	0.0080	0.009 027	0.990 973		89	0.5000	0.520 500	0.479 500
26	0.0085	0.009 591	0.990 409		90	0.5500	0.563 323	0.436 677
27	0.0090	0.010 155	0.989 845		91	0.6000	0.603 856	0.396 144
28	0.0095	0.010 719	0.989 281		92	0.6500	0.642 029	0.357 971
29	0.0100	0.011 283	0.988 717		93	0.7000	0.677 801	0.322 199
30	0.0110	0.012 412	0.987 588		94	0.7500	0.711 155	0.288 845
31	0.0120	0.013 540	0.986 460		95	0.8000	0.742 101	0.257 899
32	0.0130	0.014 668	0.985 332		96	0.8500	0.770 668	0.229 332
33	0.0140	0.015 796	0.984 204		97	0.9000	0.796 908	0.203 092
34	0.0150	0.016 924	0.983 076		98	0.9500	0.820 891	0.179 109
35	0.0160	0.018 053	0.981 947		99	1.0000	0.842 701	0.157 299
36	0.0170	0.019 181	0.980 819		100	1.1000	0.880 205	0.119 795
37	0.0180	0.020 309	0.979 691		101	1.2000	0.910 314	0.089 686
38	0.0190	0.021 437	0.978 563		102	1.3000	0.934 008	0.065 992
39	0.0200	0.022 565	0.977 435		103	1.4000	0.952 285	0.047 715
40	0.0250	0.028 204	0.971 796		104	1.5000	0.966 105	0.033 895
41	0.0300	0.033 841	0.966 159		105	1.6000	0.976 348	0.023 652
42	0.0350	0.039 477	0.960 523		106	1.7000	0.983 790	0.016 210
43	0.0400	0.045 111	0.954 889		107	1.8000	0.989 091	0.010 909
44	0.0450	0.050 743	0.949 257		108	1.9000	0.992 790	0.007 210
45	0.0500	0.056 372	0.943 628		109	2.0000	0.995 322	0.004 678
46	0.0550	0.061 998	0.938 002		110	2.1000	0.997 021	0.002 979
47	0.0600	0.067 622	0.932 378		111	2.2000	0.998 137	0.001 863
48	0.0650	0.073 241	0.926 759		112	2.3000	0.998 857	0.001 143
49	0.0700	0.078 858	0.921 142		113	2.4000	0.999 311	0.000 689
50	0.0750	0.084 470	0.915 530		114	2.5000	0.999 593	0.000 407
51	0.0800	0.090 078	0.909 922		115	2.6000	0.999 764	0.000 236
52	0.0850	0.095 682	0.904 318		116	2.7000	0.999 866	0.000 134
53	0.0900	0.101 281	0.898 719		117	2.8000	0.999 925	0.000 075
54	0.0950	0.106 874	0.893 126		118	2.9000	0.999 959	0.000 041
55	0.1000	0.112 463	0.887 537		119	3.0000	0.999 978	0.000 022
56	0.1050	0.118 046	0.881 954		120	3.1000	0.999 988	0.000 012
57	0.1100	0.123 623	0.876 377		121	3.2000	0.999 994	0.000 006
58	0.1150	0.129 194	0.870 806		122	3.3000	0.999 997	0.000 003
59	0.1200	0.134 758	0.865 242		123	3.4000	0.999 998	0.000 002
60	0.1250	0.140 316	0.859 684		124	3.5000	0.999 999	0.000 001
61	0.1300	0.145 867	0.854 133		125	3.6000	1.000 000	0.000 000
62	0.1350	0.151 411	0.848 589			Infinity	1	0
63	0.1400	0.156 947	0.843 053					
64	0.1450	0.162 476	0.837 524					

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2547
วันที่ : 7 ส.ค. 2547 เวลาสอบ : 13.30-16.30
วิชา : กลศาสตร์ของไหล 2 (220-341) ห้องสอบ : A 400

คำสั่ง

1. ข้อสอบนี้สำหรับ **นักศึกษาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**
2. ข้อสอบมี 3 หน้า จำนวน 6 ข้อให้ทำทุกข้อ
3. ให้สมมติค่าต่างๆได้ตามหลักวิชากลศาสตร์ของของไหล
4. **ห้ามนำตำราหรือสูตรใด ๆเข้าห้องสอบ**
5. ให้นำเครื่องคำนวณเข้าห้องสอบได้
6. **ห้ามนำข้อสอบออกนอกห้องสอบ**

ผู้ออกข้อสอบ นายสมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์

---

1. อธิบายความหมายของเทอมต่อไปนี้มาพอเข้าใจ (ข้อละไม่เกิน 2 บรรทัด) (3 คะแนน)

ก Real fluid
ข Best hydraulic section
ค Rapidly varied flow (RVF)
ง Specific Energy
จ Critical energy

2. ท่อกลมใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm ถูกลดขนาดด้วยท่อเล็กสั้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ดังแสดงในรูป มีน้ำไหลในท่อด้วยอัตรา 0.02 m^3/s ถ้าปลายท่อเล็กเปิดสู่บรรยากาศ (P2) จงคำนวณหาความดัน P1 ในท่อใหญ่ ในกรณีต่อไปนี้ (8 คะแนน)

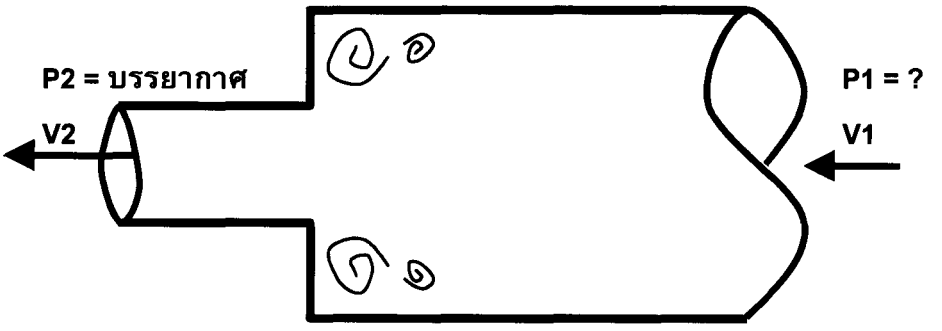
   (ก) เมื่อคิดการสูญเสียพลังงานจากการไหลปั่นป่วน

   (ข) เมื่อไม่คิดการสูญเสียพลังงานจากการไหลปั่นป่วนที่รอยต่อ

   (ค) อธิบายวิธีลดการสูญเสียพลังงานจากการไหลปั่นป่วนที่รอยต่อ

   กำหนดให้ 1 ความดันบรรยากาศ=101 KPa

   ข้อแนะนำ วาดรูปแสดงปริมาตรควบคุมและเขียนตำแหน่งของแรงต่าง ๆให้ชัดเจน



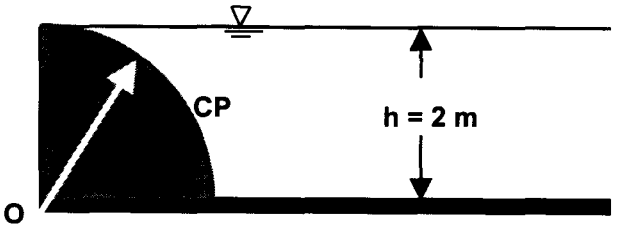
รูปข้อ 2

3. เขื่อนคอนกรีตแบบโค้งมีรัศมี (R) เท่ากับ 2 m จุดศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่ง O ตัวเขื่อนมีความยาว 10 m ถ้าระดับน้ำด้านหน้าเขื่อนมีน้ำขังเต็มเท่ากับ 2 m จงหา

   ก) ขนาดของแรงลัพธ์และโมเมนต์ที่กระทำต่อเขื่อน

   ข) ตำแหน่ง (CP) ของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อเขื่อน

   ข้อแนะนำ วาดรูปแสดงตำแหน่งและทิศทางของแรงกระทำให้ชัดเจน (7 คะแนน)

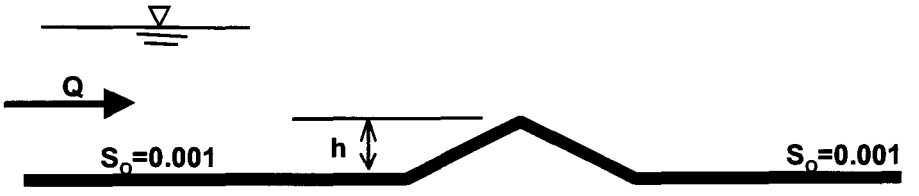


รูปข้อ 3

4. รางน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (n=0.012) ในห้องทดลองมีความกว้างของรางเท่ากับ 15 cm และความลาดท้องรางเท่ากับ 0.001 มีน้ำไหลด้วยความลึกปกติเท่ากับ 10 cm ถ้านำฝายสูง h=2 cm มาใส่ในรางดังแสดงในรูป จงหา (7 คะแนน)

   (ก) อัตราการไหลในรางน้ำ

   (ข) ความลึกน้ำที่ด้านหน้า ด้านท้าย และที่สันของฝาย



รูปข้อ 4 และ 5

5. จากโจทย์ในข้อ 4 ถ้าเปลี่ยนความสูงของฝายเป็น 15 cm และเงื่อนไขอื่นๆยังคงเหมือนเดิม จงหา (7 คะแนน)

   (ก) ความลึกน้ำที่ด้านหน้าและด้านท้ายของฝาย

   (ข) แสดงการพิสูจน์ให้เห็นว่าจะเกิดน้ำกระโดดที่ฐานด้านท้ายของฝายหรือไม่

   (ค) เขียนรูปแสดงเส้นการไหล (HGL) ให้ถูกต้องตามสัดส่วน

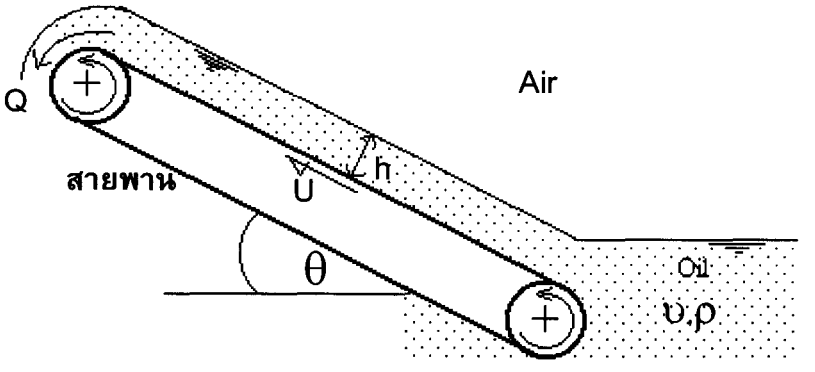
6. อุปกรณ์ทำความสะอาดคราบน้ำมันประกอบด้วยสายพานเอียงทำมุม (θ) เท่ากับ 3 องศา สายพานเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (U) เท่ากับ 1 m/s ถ้าความหนา (h) ของน้ำมันบนสายพานเท่ากับ 2 mm จงหา

   (ก) อัตราการกำจัดคราบน้ำมัน (m^3/hr) ต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของสายพาน

   (ข) เขียนรูปการกระจายความเร็วของน้ำมันบนสายพานให้ถูกสัดส่วน

   กำหนดให้ น้ำมันมีค่า $\mu = 0.7 \times 10^{-3}$ kg/m.s และ $\rho = 800$ kg/m^3

   ข้อแนะนำ วาดรูป แสดงวิธีทำและระบุข้อสมมติต่างๆให้ชัดเจน (8 คะแนน)



รูปข้อ 6