

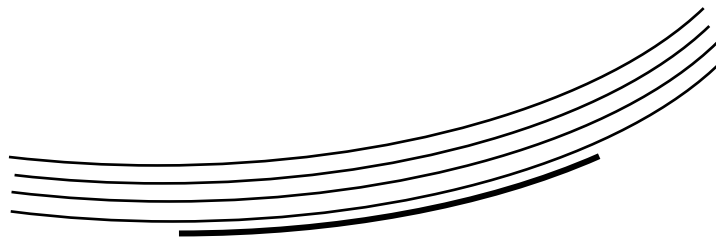
บทที่ 9

แรงจากการเคลื่อนที่ของของไหล แรงยก และแรงหน่วง

9.1 แรงกระทบของลำของไหลบนใบจักร (Impact of Jet on vanes)

9.1.1 กรณีใบจักรอยู่ติดกับที่ (Fixed vanes)

เมื่อลำของไหลพุ่งเข้ากระทบกับใบจักรผิวโค้งเรียบซึ่งหยุดนิ่ง ดังรูป หลังจากกระทบใบจักรแล้วลำของไหลจะมีทิศทางเปลี่ยนแปลงไปทำให้โมเมนตัม ของไหลเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมนี้มีค่าเท่ากับแรงที่ลำของไหลกระทำต่อใบจักร



เงื่อนไขในการพิจารณาสำหรับกรณีนี้

- 1 พายุน้ำ (Jet) กระทบแผ่นอย่างนิ่งนอน
- 2 ไม่มีความฝืดระหว่างแผ่นกับพายนํ้า
- 3 uniform velocity distribution
4. $z_1 = z_2$
5. น้ำหนักของพายนํ้าน้อยมาก ๆ (สามารถละไว้ได้)
6. ความดันของอากาศรอบ ๆ แผ่นและพายนํ้าเท่ากันหมด
7. ความเร็วของ cross-section; $V_1 = V_2$

$$F_x = \rho Q(V_2 \cos \theta - V_1) \quad \because V_2 = V_1 \quad \text{จะได้} \quad F_x = \rho QV(\cos \theta - 1) \quad F_y = \rho QV_2 \sin \theta$$

เมื่อ R_x , R_y แรงที่แผ่นกระทำกับน้ำในแนวแกน x และ y

9.1.2 กรณีใบจักรเคลื่อนที่ (Moving vanes)

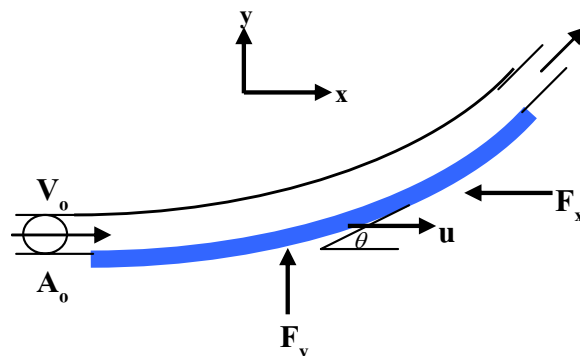
โดยทั่วไป เครื่องจักรกลของไหลจะใช้ผลจากการกระทบของลำของไหลของใบจักรเคลื่อนที่ เพราะถ้าหากใบจักรไม่เคลื่อนที่ก็จะไม่มีงานเกิดขึ้น

การคำนวณหาแรงที่ลำของไหลกระทำกับใบจักรเคลื่อนที่ สามารถทำได้ในทำนองเดียวกันกับกรณีของใบจักรอยู่ติดกับที่ แตกต่างกันเฉพาะความเร็วที่ใช้ในการคำนวณจะเป็นความเร็วสัมพัทธ์

ความเร็วสัมบูรณ์ คือ ความเร็วของวัตถุที่พิจารณาเทียบกับพื้นโลก

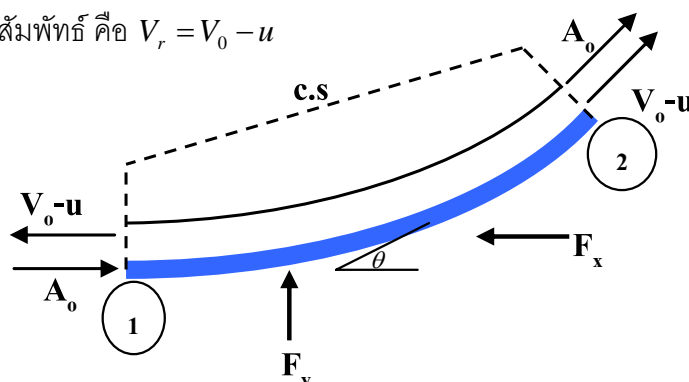
ความเร็วสัมพัทธ์ คือ ความเร็วของวัตถุชนิดหนึ่งเทียบกับวัตถุออกชนิด ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นความเร็วเทียบกับพื้นโลกได้

เมื่อมีลำของไหลพุ่งเข้าในแนวสัมผัสกระทบกับใบจักร ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว u โดยมีแรงประกอบที่ใบจักรกระทำต่อของไหลในแนวแกน X และแกน Y เป็น F_x และ F_y ตามลำดับ ดังรูป (ก)



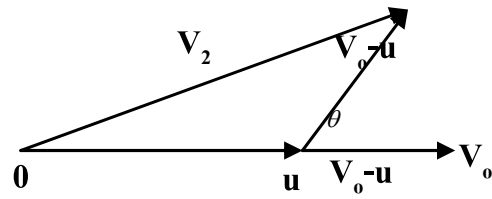
ก) ลำของน้ำพุ่งเข้ากระทบกับใบจักรเคลื่อนที่

จากรูป (ข) การวิเคราะห์การไหลทำได้โดยพิจารณาความเร็วในเชิงความเร็วสัมพัทธ์ ซึ่ง ความเร็วสัมพัทธ์ คือ $V_r = V_0 - u$



ข) แปลงความเร็วของลำน้ำกับความเร็วของใบจักรเป็นความเร็วสัมพัทธ์

จากรูป ค) เวกเตอร์ความเร็วสัมบูรณ์เริ่มต้นจากจุด 0 และ) เวกเตอร์ความเร็วสัมพัทธ์ $(\vec{V}_0 - \vec{u})$ เปียงเบนไปเป็นมุม θ เท่ากับมุมของใบพัด และ \vec{V}_2 เป็นความเร็วสัมบูรณ์ที่ออกจากใบพัด



ค) แผนภาพเวกเตอร์ความเร็ว

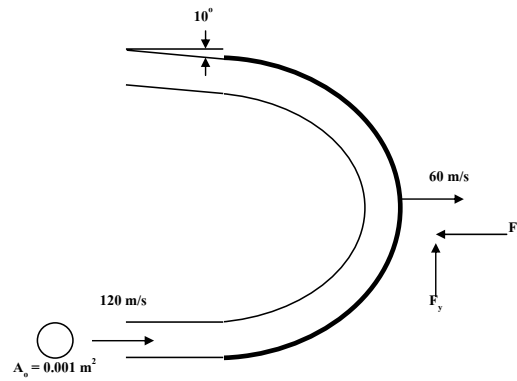
สมการโมเมนต์ในแนวแกน X (สำหรับใบจักรเดี่ยว)

สมการโมเมนต์ในแนวแกน Y

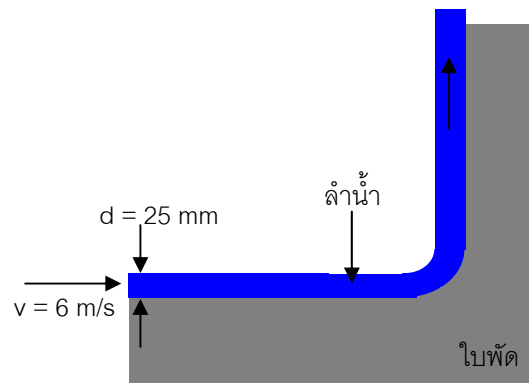
กรณีใบจักรเดี่ยว $Q = A_o(V_o - u)$ แต่ในกรณีใบจักรเป็นชุด $Q = Q_o = A_o V_o$

ดังนั้น

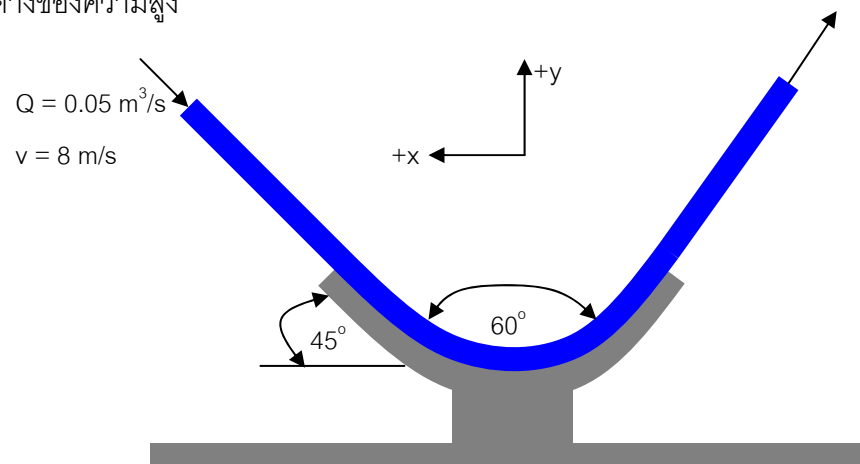
ตัวอย่าง 9.1 ลำของน้ำพุ่งออกมาจากหัวฉีดที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.001 m^2 ด้วยความเร็ว 120 m/s เข้ากระทบกับใบจักรในแนวสัมผัสดังแสดงในรูป ถ้าใบจักรเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 m/s จงคำนวณหาแรงที่ลำของน้ำกระทำต่อใบจักรและกำลังที่กระทำต่อใบจักร



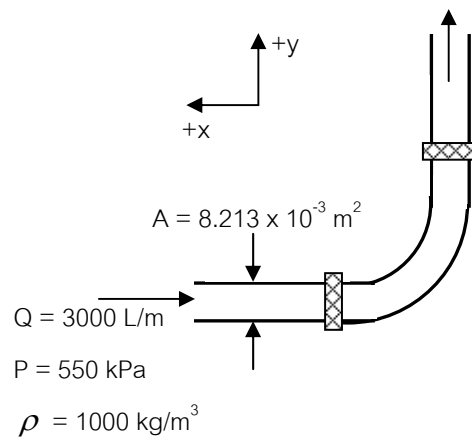
ตัวอย่าง 9.2 จากรูป จงคำนวณหาแรงปฏิกิริยาในแนวระดับและแนวดิ่งที่น้ำกระทำต่อใบจักร



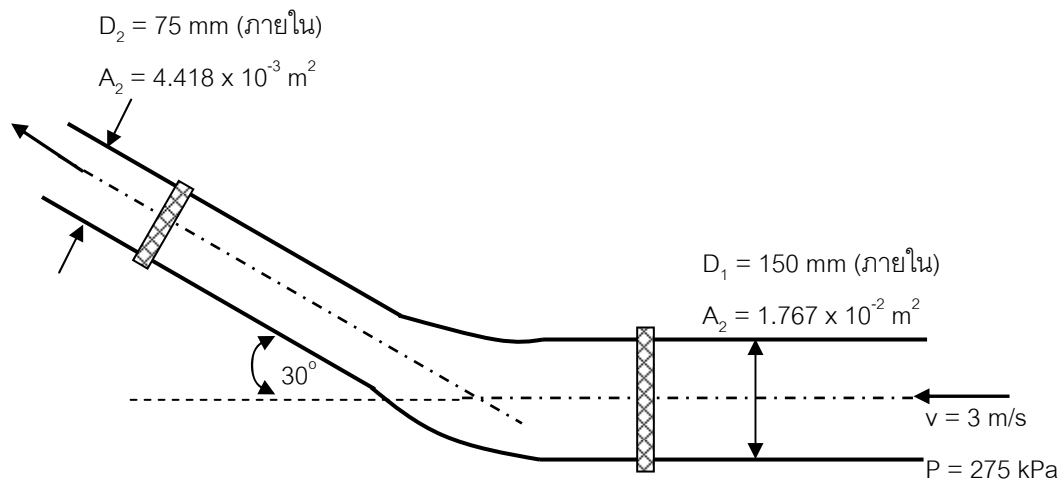
ตัวอย่าง 9.3 จากรูป จงคำนวณหาแรงปฏิกิริยาในแนวระดับ แรงในแนวดิ่ง และแรงลัพธ์ ทั้งนี้ไม่
คิดความแตกต่างของความสูง



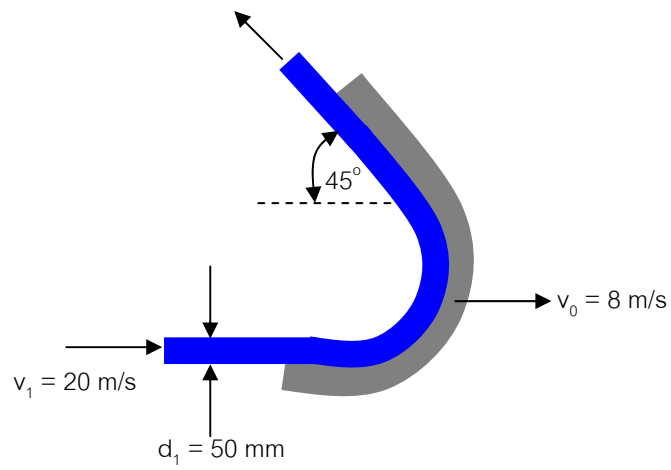
ตัวอย่าง 9.4 จงคำนวณหาแรงที่น้ำกระทำต่อท่อทั้งในแนวระดับและในแนวดิ่ง



ตัวอย่าง 9.5 จากรูป จงคำนวณหาแรงที่น้ำมัน ($S = 0.93$) กระทำต่อท่อทั้งในแนวระดับและในแนวตั้ง



ตัวอย่าง 9.6 จากรูป จงคำนวณหาแรงจากน้ำทั้งในแนวระดับและในแนวดิ่ง



9.2 สมการแรงหน่วง

สมการแรงหน่วง คือ

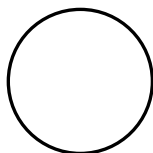
เมื่อ C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงหน่วง เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุและการเคลื่อนที่ของของไหล

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล เนื่องจากของเหลวจะมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศหรือก๊าซ ดังนั้น แรงหน่วงของวัตถุที่เคลื่อนที่ในน้ำจึงมีค่ามากกว่าในอากาศ

v คือ ความเร็วของของไหลที่เคลื่อนที่สัมพันธ์กับวัตถุ โดยทั่วไปจะเป็นความเร็วจากการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือจากของไหลก็ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของผิวอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้กับวัตถุที่พิจารณาจะมีผลต่อแรงหน่วง ตัวอย่างเช่น รถยนต์ที่วิ่งบนถนน การสัมผัสกันระหว่างล้อรถและถนนจะมีผลต่อแรงหน่วง

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ บ่อยครั้งที่พื้นที่หน้าตัดที่พิจารณาจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่สูงสุด ซึ่งเรียกว่า พื้นที่หน้าตัดฉาย (Projected area)

$$\frac{\rho v^2}{2} \text{ เรียกว่า Dynamic pressure}$$



9.3 แรงหน่วงเนื่องจากความดัน

แรงหน่วงเนื่องจากความดันขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุ ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดที่มากที่สุดของวัตถุ ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหล

C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงหน่วงเนื่องจากความดัน ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน คือ รูปร่างของวัตถุ, ค่า Reynolds number ของการไหล, ความขรุขระของผิว, และ ผลกระทบจากวัตถุและของไหลที่อยู่ใกล้เคียง

จากค่า Reynolds number (สำหรับทรงกลมและทรงกระบอก) =

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุ

สำหรับทรงกลม

C_D มีค่ามากกว่า 100 เมื่อ ค่า Reynolds number = 1

C_D มีค่า 4 เมื่อ ค่า Reynolds number = 10

C_D มีค่า 1.0 เมื่อ ค่า Reynolds number = 100

C_D มีค่า 0.38 – 0.46 เมื่อ ค่า Reynolds number = 1000 – 10^5

สำหรับทรงกระบอก

C_D มีค่า ≈ 60 เมื่อ ค่า Reynolds number = 0.1

C_D มีค่า 10 เมื่อ ค่า Reynolds number = 1.0

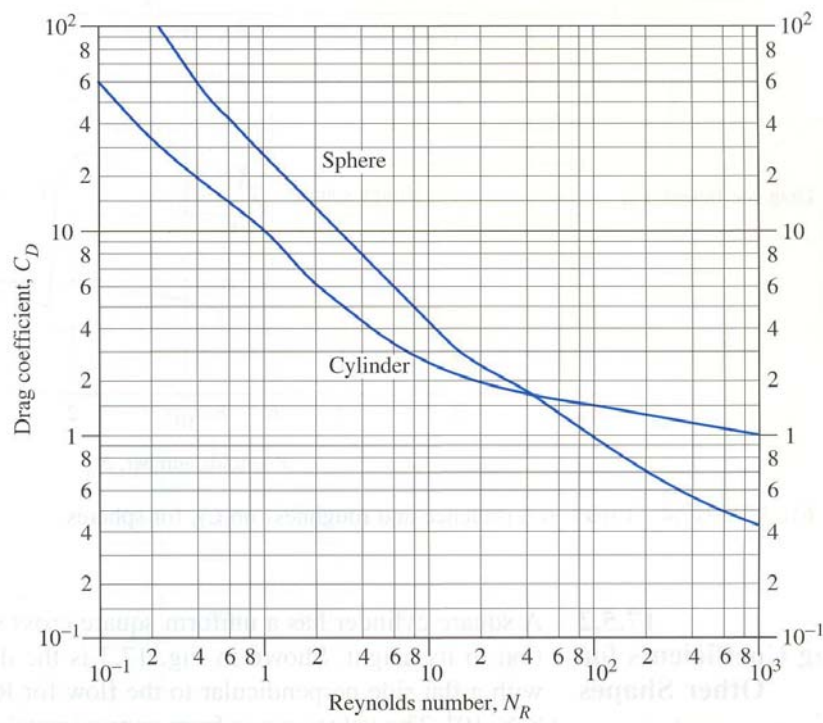
C_D มีค่า 1 เมื่อ ค่า Reynolds number = 1000

C_D มีค่า 0.90 – 1.30 เมื่อ ค่า Reynolds number = 1000 – 10^5

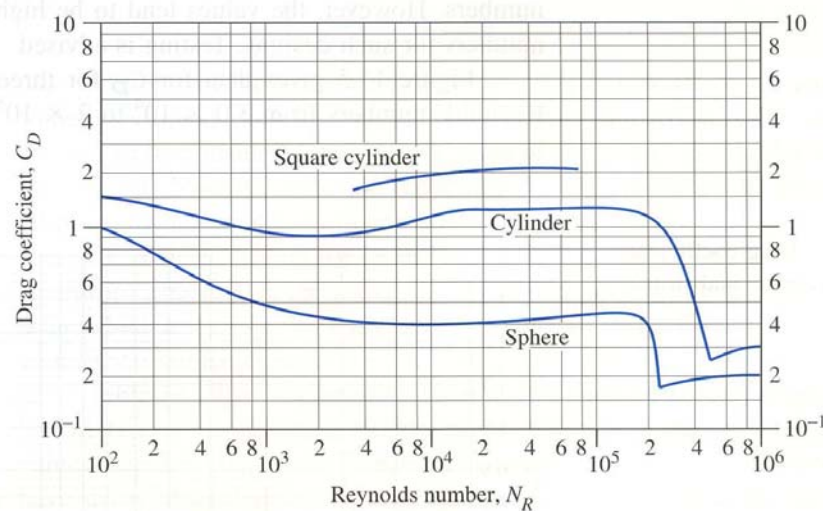
ในกรณีที่ค่า Reynolds number มีค่าน้อย ๆ ค่าแรงหน่วงจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทาน แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่า Reynolds number มีค่ามาก ๆ การไหลแยกตัวและการไหลปั่นป่วนหลังวัตถุจะทำให้เกิดแรงหน่วงเนื่องจากความดัน

C_D มีค่า 0.42 – 0.17 เมื่อ ค่า Reynolds number = 2×10^5 (ทรงกลม)

C_D มีค่า 1.2 – 0.30 เมื่อ ค่า Reynolds number = 4×10^5 (ทรงกระบอก)



(a) C_D vs. N_R for lower values of N_R



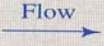

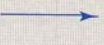
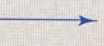







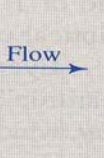
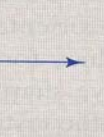


(b) C_D vs. N_R for higher values of N_R

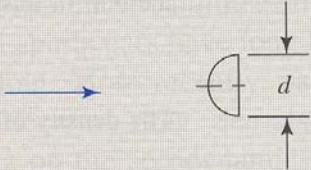
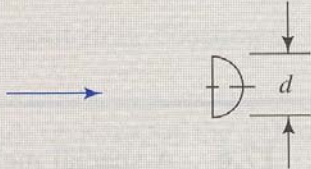
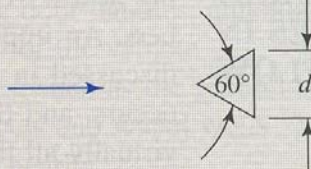
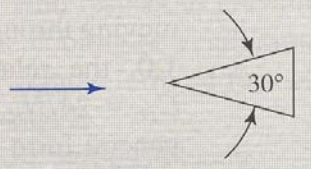
ภาพแสดง ค่าสัมประสิทธิ์แรงหน่วง สำหรับทรงกลมและทรงกระบอก

(ที่มา: Robert L. Mott "Applied Fluid Mechanics" 6th edition in SI Units)

นอกจากวัตถุทรงกลมและทรงกระบอกดังที่กล่าวมา ค่า สำหรับวัตถุรูปทรงต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ตารางแสดงชนิดของบสัมประสิทธิ์แรงหน่วง (ที่มา: Robert L. Mott "Applied Fluid Mechanics" 6th edition in SI Units)

Shape of body	Orientation	C_D
Square cylinder		1.60
Semitubular cylinders		1.12
		2.30
Triangular cylinders		1.05
		1.85
		1.39
		2.20
		1.60
		2.15
		1.75
		2.05
Rectangular plate		a/b
		1
		4
		8
		12.5
		25
		50
Tandem disks L = spacing d = diameter		L/d
		1
		1.5
		2
		3
One circular disk		L/d
		1
Cylinder L = length d = diameter		L/d
		1
		2
		4
		7

Shape of body	Orientation	C_D
Hemispherical cup, open back		0.41
Hemispherical cup, open front		1.35
Cone, closed base		0.51
		0.34

ตัวอย่าง 9.7 จงคำนวณหาแรงหน่วงที่กระทำต่อแท่งทรงกระบอกสูง 1.8 m ขนาดหน้าตัด 0.1 m x 0.1 m เมื่อแท่งทรงกระบอกนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.2 m/s ในน้ำ 5°C โดยความยาวตามแนวแกนของแท่งทรงกระบอกนี้เคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล กำหนดให้ น้ำที่ 5°C มีความหนืด $1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ และ $C_D = 2.05$

9.4 แรงหน่วงเนื่องจากความเสียดทานบนวัตถุทรงกลมในการไหลแบบราบเรียบ

จากสมการแรงหน่วงทั่ว ๆ ไป คือ

เมื่อ $C_D = \frac{24}{Re}$ และ $Re = \frac{vD\rho}{\mu}$ จะได้

ดังนั้น สมการแรงหน่วงจึงเป็น

เมื่อต้องการจะคำนวณหาแรงหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทาน จึงต้องใช้พื้นที่ผิวของวัตถุ เช่น วัตถุทรงกลมจะมีพื้นที่ผิว $= \frac{\pi D^2}{4}$ จะได้

สมการข้างต้นนี้สำหรับหาแรงหน่วงเนื่องจากความเสียดทานบนวัตถุทรงกลมในของไหลที่มีความหนืดเป็นไปตาม Stokes's Law

9.5 แรงหน่วงบนล้อ

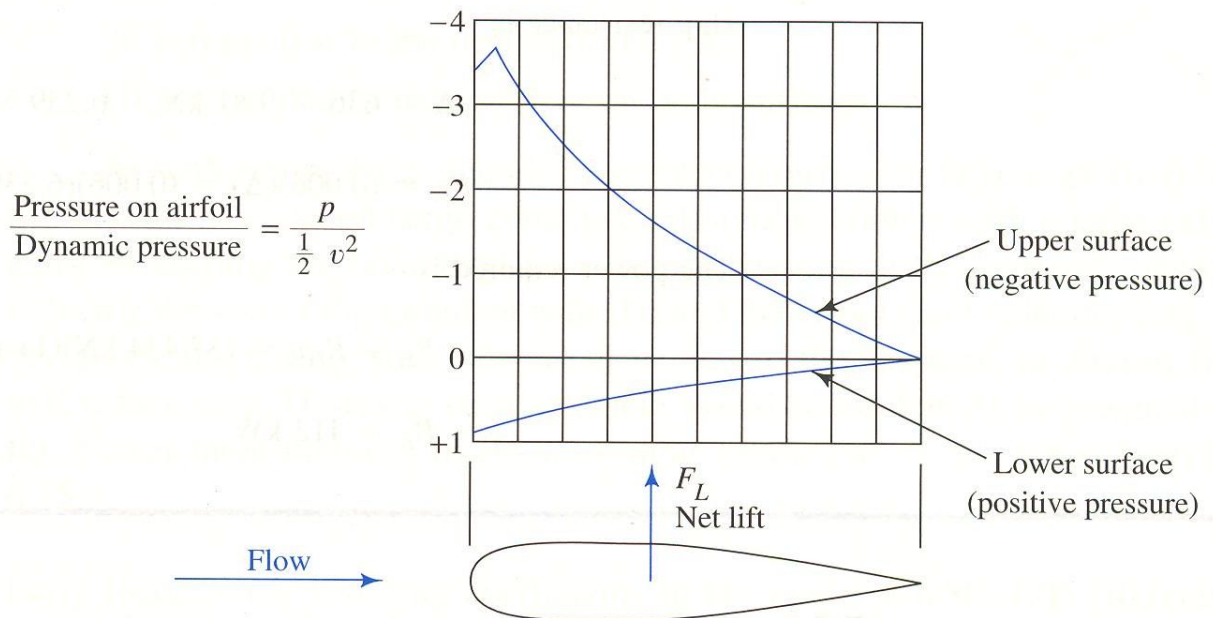
การลดแรงหน่วงเป็นวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบล้อ เนื่องจากเป็นจำนวนที่มีความสำคัญต่อการใช้พลังงานในการขับเคลื่อน ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์แรงหน่วงสำหรับล้อมีดังนี้

1. รูปร่างของวัตถุที่ล้อรองรับ
2. ความราบเรียบของผิววัตถุ
3. ผลกระทบจากของไหลและวัตถุที่อยู่ใกล้เคียง
4. ความไม่ต่อเนื่อง
5. ทิศทางการเคลื่อนที่ของล้อกับทิศทางการเคลื่อนที่ของลม

6. อากาศที่ต้องใช้ในการทำความเย็น
7. ข้อจำกัดของล้อ
8. จำนวนผู้โดยสาร
9. การดูแลรักษา
10. ความเสถียรและการควบคุมล้อ

กำลังที่ต้องการในการเอาชนะแรงหน่วง สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

9.6 แรงยกและแรงหน่วงของปีกเครื่องบิน



ภาพแสดง การกระจายความดันบนปีกเครื่องบิน

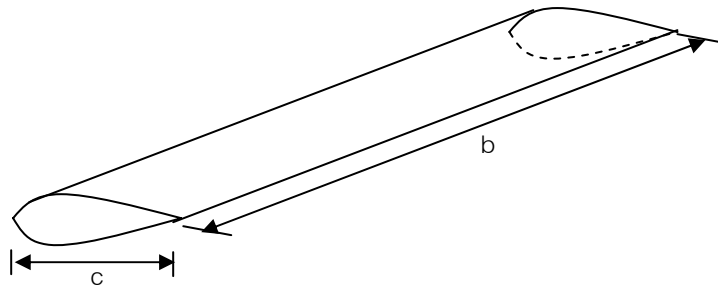
(ที่มา: Robert L. Mott "Applied Fluid Mechanics" 6th edition in SI Units)

เมื่ออากาศไหลผ่านเหนือปีกเครื่องบิน มันจะทำให้เหนือปีกเครื่องบินมีความเร็วสูงแต่ความดันจะลดลง ในเวลาเดียวกัน ความดันด้านล่างปีกเครื่องบินจะเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์สุดท้ายจะทำให้เกิดการยกตัว หรือที่เรียกว่า แรงยก (Lift force; F_L) ดังสมการต่อไปนี้

เมื่อ v คือ ความเร็วของของไหลที่สัมพันธ์กับปีกเครื่องบิน

A คือ พื้นที่หน้าตัดของปีกเครื่องบิน

CL คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยกตัว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของปีกเครื่องบิน, มุมที่อากาศกระทำต่อปีกเครื่องบิน, ค่า Reynolds number, ความขรุขระของผิว, การไหลแบบปั่นป่วนของอากาศ, อัตราส่วนของความเร็วของของไหลต่อความเร็วของเสียง, และค่าอัตราส่วนระหว่าง b กับ c (Aspect ratio = $\frac{b}{c}$)

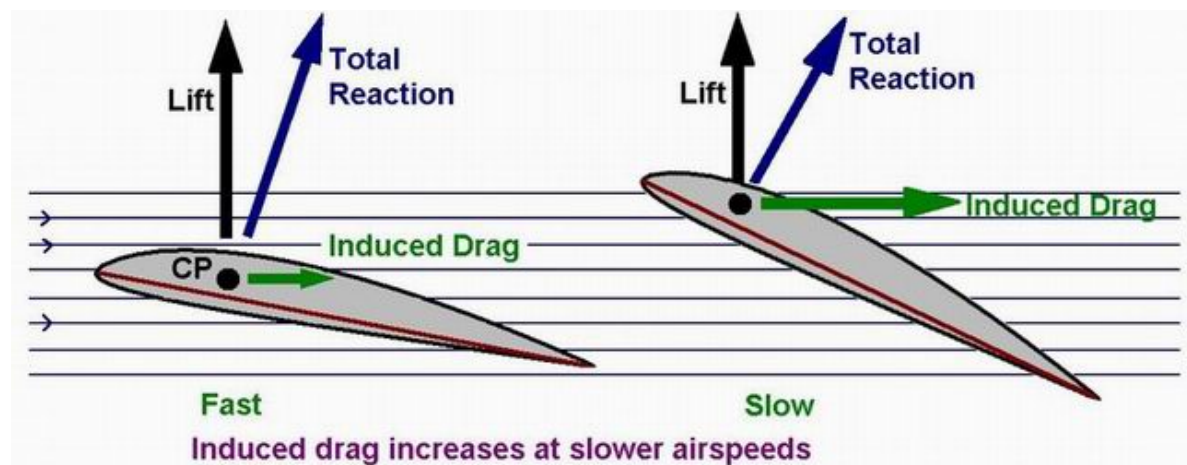


แรงหน่วงทั้งหมด (Total drag) บนปีกเครื่องบินประกอบด้วย 3 ส่วน คือ แรงหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทาน แรงหน่วงเนื่องจากความดัน และแรงหน่วงที่เกิดจากการสร้างแรงยก (Induced drag) ซึ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับมุมปะทะของปีก

เส้นสมมุติ ตัดผ่านด้านข้างของผิวปีก (Chord line) เป็นเส้นตรงสมมุติ ที่ลากผ่านพื้นผิวปีกทาง ด้านข้าง จากชายปีกหน้า มายังชายปีกหลัง

ทิศทาง สัมพันธ์ของอากาศ (Relative wind) เป็นทิศทางที่ อากาศไหล มายังปีก เช่นถ้าปีกเคลื่อนที่ไปทาง ด้านหน้า ทิศทางของอากาศก็จะไหล สวนทางกับทิศทางของปีก ดังนั้น ทิศทางสัมพันธ์ของอากาศ จะตรงกันข้ามกับทิศทาง ที่เครื่องบินเคลื่อนที่ (Flight path)

มุมปะทะ (Angle of attack) เป็น มุมระหว่าง ทิศทางบิน (Flight path) กับ เส้นสมมุติ (Chord line) และ ทิศทางสัมพันธ์ ของลม (Relative wind) โดยมุมปะทะนี้ เป็นส่วนสำคัญในการสร้างแรงยก



(ที่มา: <http://www.toandfromtheairport.c...ces.html>)

Induced drag (F_{Di}) สามารถหาค่าได้จากสมการต่อไปนี้

เมื่อ

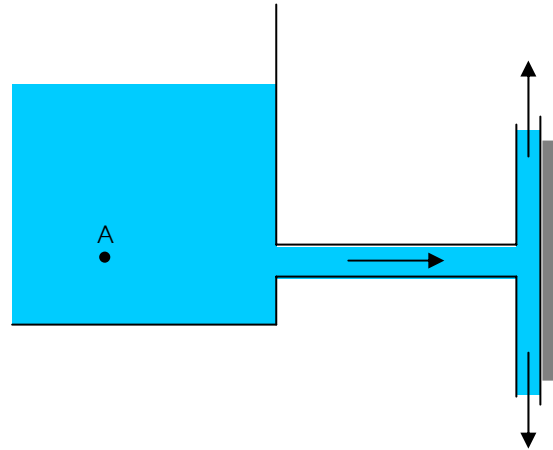
ดังนั้น แรงหน่วงรวมทั้งหมด

โดยทั่วไป แรงหน่วงรวมทั้งหมดเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงหน่วงเพียงค่าเดียวคือ C_D สำหรับปีกเครื่องบิน ดังนั้น แรงหน่วงรวมทั้งหมดจึงสามารถหาค่าได้จากสมการต่อไปนี้

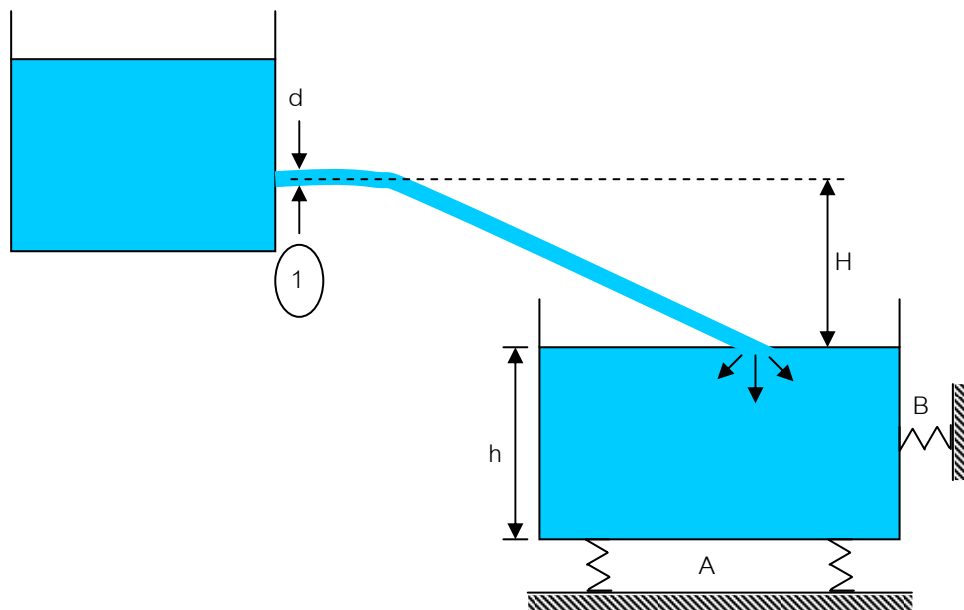
เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของปีกเครื่องบิน ($b \times c$)

แบบฝึกหัดท้ายบท

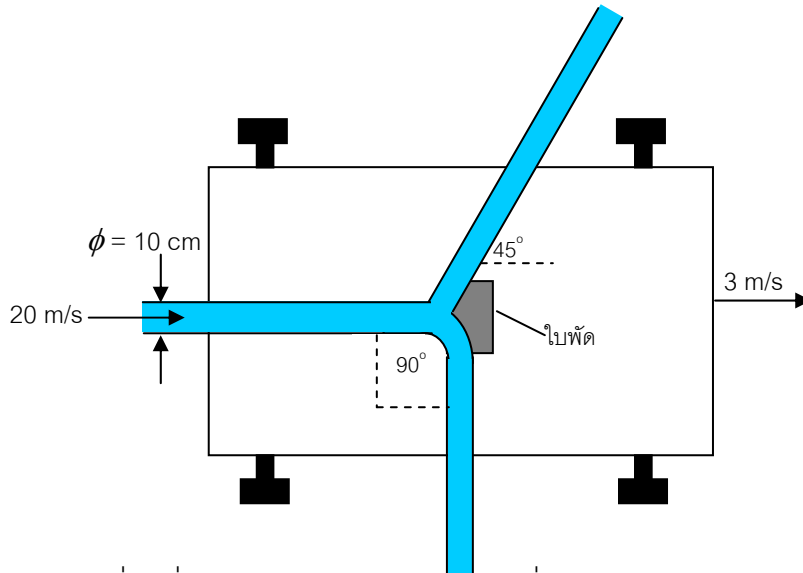
1. จากรูป น้ำจากหัวฉีดในถังน้ำพุ่งเข้ากระทบบนผนังในแนวดิ่ง เมื่ออัตราการไหลจากหัวฉีดเท่ากับ $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ จงคำนวณหาแรงในแนวระดับ เมื่อความดันที่จุด A เท่ากับ 50 kPa



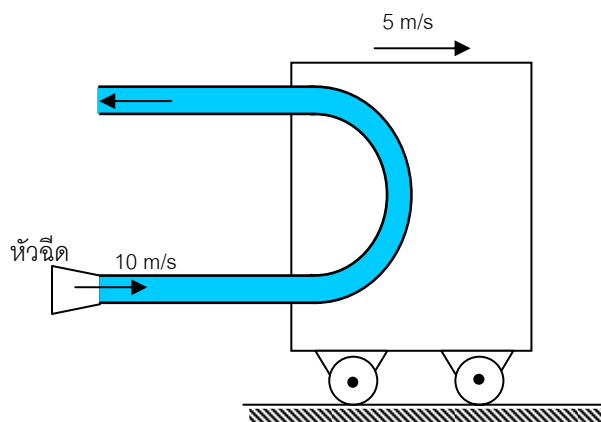
2. ลำนํ้าจากถังน้ำด้านบนมีอัตราการไหล 1.2 cfs ถ้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำนํ้าที่หน้าตัดที่ 1 เท่ากับ 4 in จงคำนวณหาแรงที่วัดได้จากเครื่องชั่ง A และ B กำหนดให้ ถังด้านล่างมีน้ำหนัก (ไม่รวมนํ้า) เท่ากับ 300 lb พื้นที่ผิวกันถังเท่ากับ 4 ft^2 , $h = 9 \text{ ft}$ และ $H = 1 \text{ ft}$



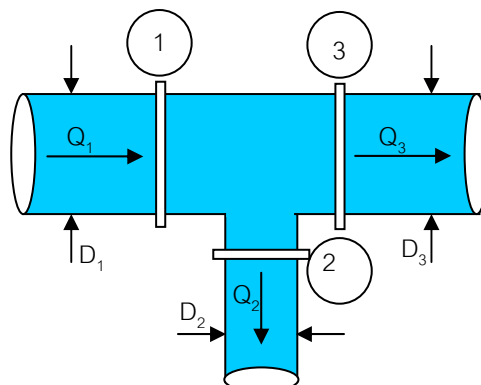
3. จากรูป ใบบดบนรถยนต์ถูกลำน้ำที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm กระแทบ เมื่อความเร็วของลำน้ำก่อนกระแทบใบบดเท่ากับ 20 m/s และรถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3 m/s จงคำนวณหาแรงบนใบบดที่ถูกกระทำจากลำน้ำ



4. รถกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ใบบดที่อยู่บนรถถูกกระแทบด้วยน้ำที่ฉีดจากหัวฉีดด้วยความเร็ว 10 m/s ดังรูป เมื่อหัวฉีดมีพื้นที่หน้าตัด 0.001 m^2 จงคำนวณหาแรงต้านของรถเกิดขึ้น



5. จากรูปและข้อมูลที่กำหนดให้ จงคำนวณหาแรงภายใน สำหรับระบบ x-y
 $Q_1 = 0.25\text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 0.15\text{ m}^3/\text{s}$, $P_1 = 100\text{ kPa}$, $P_2 = 70\text{ kPa}$, $P_3 = 80\text{ kPa}$, $D_1 = 15\text{ cm}$, $D_2 = 10\text{ cm}$, $D_3 = 15\text{ cm}$



6. ปีกเครื่องบินสี่เหลี่ยมขนาด $b = 40$ ft และ $c = 6$ ft มีค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วงเท่ากับ 0.5 และ 0.04 ตามลำดับ ที่มุม (Angle of attack) $= 6^\circ$ จงคำนวณหาแรงหน่วง แรงยก และกำลังม้าที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนปีกเครื่องบินนี้ที่ความเร็ว 50, 100 และ 150 mph ในแนวระดับในอากาศ อุณหภูมิ 40°F และความดัน 0.002265 slug/ft³
7. ปีกเครื่องบินสี่เหลี่ยมขนาด $b = 8$ m และ $c = 1.8$ m มีค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วงเท่ากับ 0.46 และ 0.035 ตามลำดับ และมีความเร็ว 240 km/h ตามแนวศูนย์กลางของ Angle of attack จงคำนวณหาแรงหน่วง แรงยกและกำลังม้าที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนปีกเครื่องบินนี้ เมื่อ (a) มีความดัน 101.3 kPa และอุณหภูมิ 15°C (b) มีความดัน 79.3 kPa และอุณหภูมิ -18°C
8. ค่าสัมประสิทธิ์แรงหน่วงสำหรับแผ่นวงกลมเท่ากับ 1.12 จงคำนวณหาแรงหน่วงและกำลังที่ต้องใช้เพื่อให้แผ่นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 in เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 mph ในอากาศ (ที่รับน้ำทะเลปานกลาง) และในน้ำ
9. ปีกเครื่องบินสี่เหลี่ยมจำลองขนาด $b = 2.5$ ft และ $c = 5$ in เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 mph ตามแนวศูนย์กลางของ Angle of attack ในอากาศที่ความดัน 0.0023 slug/ft³ และอุณหภูมิ 70°F เมื่อมีแรงยกและแรงหน่วงเท่ากับ 6.0 lb และ 0.4 lb ตามลำดับ จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วง
10. จงคำนวณหาแรงหน่วงของทรงกลม (ความหนาแน่น $= 0.85 \times 10^3$ kg/m³) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 mm ที่ตกลงไปในน้ำมัน (ความหนืด $= 10^{-1}$ N-s/m² และความถ่วงจำเพาะ $= 0.85$) ด้วยความเร็ว 8 cm/s เมื่อสัมประสิทธิ์แรงหน่วง $= 5.3$

คำตอบ

1. แรงในแนวระดับ = -4 kN
2. แรงที่วัดได้จากเครื่องชั่ง A = 605.6 lb
แรงที่วัดได้จากเครื่องชั่ง B = -32.01 lb
3. แรงบนใบพัดที่ถูกกระทำจากลำน้ำ = $1468 \mathbf{i} + 333 \mathbf{j}$ N
4. แรงต้านของรถ = 50 N กระทำไปทางซ้าย
5. $\mathbf{F} = (-3.325 \mathbf{i} - 3.415 \mathbf{j})$ kN
- 6.

ความเร็ว (ft/s)	แรงหน่วย (lb)	แรงยก (lb)	กำลัง (hp)
73.3	58.4	730.2	7.8
146.7	233.7	2920.7	62.3
220.0	525.7	6571.6	210.3

7. (a) แรงหน่วย = 1545 N
แรงยก = 20300 N
กำลังม้า = 103 kW
(b) แรงหน่วย = 1366 N
แรงยก = 17951 N
กำลังม้า = 91.1 kW
8. ในอากาศ แรงหน่วย = 2.02 lb
กำลังม้า = 0.16 hp
ในน้ำ แรงหน่วย = 1648 lb
กำลังม้า = 131.9 hp
9. สัมประสิทธิ์แรงยก = 0.648 สัมประสิทธิ์แรงหน่วย = 0.043
10. แรงหน่วย = 1.63×10^{-3} N