

ตารางภาคผนวก ก-4 คุณสมบัติเชิงกายภาพของของเหลวที่ความดันสัมบูรณ์ 14.7 psi และ 77°F (หน่วย อังกฤษ)

| ชนิดของเหลว | ความต้วงจำเพาะ (S) | น้ำหนักจำเพาะ (γ) (lb/ft ³) | ความหนาแน่น (ρ) (slugs/ft ³) | ความหนืดจลน์ (μ) (lb-s/ ft ²) | ความหนืด (ν) (ft ² /s) |
|----------------------|-----------------------|--|---|---|---|
| Acetone | 0.787 | 48.98 | 1.53 | 6.60×10^{-6} | 4.31×10^{-6} |
| Alcohol, ethyl | 0.787 | 49.01 | 1.53 | 2.10×10^{-5} | 1.37×10^{-5} |
| Alcohol, methyl | 0.789 | 49.10 | 1.53 | 1.17×10^{-5} | 7.65×10^{-6} |
| Alcohol, propyl | 0.802 | 49.94 | 1.56 | 4.01×10^{-5} | 2.57×10^{-5} |
| Aqua ammonia (25%) | 0.910 | 56.78 | 1.77 | - | - |
| Benzene | 0.876 | 54.55 | 1.70 | 1.26×10^{-5} | 7.41×10^{-6} |
| Carbon tetrachloride | 1.590 | 98.91 | 3.08 | 1.90×10^{-5} | 6.17×10^{-6} |
| Castor oil | 0.960 | 59.69 | 1.86 | 1.36×10^{-2} | 7.31×10^{-3} |
| Ethylene glycol | 1.100 | 68.47 | 2.13 | 3.38×10^{-4} | 1.59×10^{-4} |
| Gasoline | 0.680 | 42.40 | 1.32 | 6.00×10^{-6} | 4.55×10^{-6} |
| Glycerin | 1.258 | 78.50 | 2.44 | 2.00×10^{-2} | 8.20×10^{-3} |
| Kerosene | 0.823 | 51.20 | 1.60 | 3.43×10^{-5} | 2.14×10^{-5} |
| Linseed oil | 0.930 | 58.00 | 1.80 | 6.91×10^{-4} | 3.84×10^{-4} |
| Mercury | 13.540 | 844.90 | 26.26 | 3.20×10^{-5} | 1.22×10^{-6} |
| Propane | 0.495 | 30.81 | 0.96 | 2.30×10^{-6} | 2.40×10^{-6} |
| Seawater | 1.030 | 64.00 | 2.00 | 2.15×10^{-5} | 1.08×10^{-5} |
| Turpentine | 0.870 | 54.20 | 1.69 | 2.87×10^{-5} | 1.70×10^{-5} |
| Fuel oil, medium | 0.852 | 53.16 | 1.65 | 6.25×10^{-5} | 3.79×10^{-5} |
| Fuel oil, heavy | 0.906 | 56.53 | 1.76 | 2.24×10^{-3} | 1.27×10^{-3} |

ตารางภาคผนวก ก-5 คุณสมบัติเชิงกายภาพของ Petroleum Lubricating Oils

| ชนิด | ความ ถ่วงจำเพาะ (S) | ความหนืด (ν) | | | | Viscosity Index |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | | ที่ 40 °C (104 °F) | | ที่ 100 °C (212 °F) | | |
| | | (m ² /s) | (ft ² /s) | (m ² /s) | (ft ² /s) | |
| Automotive hydraulic system | 0.887 | 3.99×10^{-5} | 4.30×10^{-4} | 7.29×10^{-6} | 7.85×10^{-5} | 149 |
| Machine tool hydraulic systems | | | | | | |
| Light | 0.887 | 3.20×10^{-5} | 3.44×10^{-4} | 4.79×10^{-6} | 5.16×10^{-5} | 46 |
| Medium | 0.895 | 6.70×10^{-5} | 7.21×10^{-4} | 7.29×10^{-6} | 7.85×10^{-5} | 53 |
| Heavy | 0.901 | 1.96×10^{-4} | 2.11×10^{-3} | 1.40×10^{-5} | 1.51×10^{-4} | 53 |
| Low temperature | 0.844 | 1.40×10^{-5} | 1.51×10^{-4} | 5.20×10^{-6} | 5.60×10^{-5} | 374 |
| Machine tool lubricating oils | | | | | | |
| Light | 0.881 | 2.20×10^{-5} | 2.37×10^{-4} | 3.90×10^{-6} | 4.20×10^{-5} | 40 |
| Medium | 0.915 | 6.60×10^{-5} | 7.10×10^{-4} | 7.00×10^{-6} | 7.53×10^{-5} | 41 |
| Heavy | 0.890 | 2.00×10^{-4} | 2.15×10^{-3} | 1.55×10^{-5} | 1.67×10^{-4} | 73 |

ตารางภาคผนวก ก-6 คุณสมบัติเชิงกายภาพของอากาศที่ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ
(หน่วย SI)

| อุณหภูมิ (°C) | น้ำหนักจำเพาะ (γ) (N/m ³) | ความหนาแน่น (ρ) (kg/m ³) | ความหนืดจลน์ (μ) (Pa s) | ความหนืด (ν) (m ² /s) |
|---------------|--|---|-------------------------------------|--|
| -40 | 14.85 | 1.514 | 1.51 x 10 ⁻⁵ | 9.98 x 10 ⁻⁶ |
| -30 | 14.24 | 1.452 | 1.56 x 10 ⁻⁵ | 1.08 x 10 ⁻⁵ |
| -20 | 13.67 | 1.394 | 1.62 x 10 ⁻⁵ | 1.16 x 10 ⁻⁵ |
| -10 | 13.15 | 1.341 | 1.67 x 10 ⁻⁵ | 1.24 x 10 ⁻⁵ |
| 0 | 12.67 | 1.292 | 1.72 x 10 ⁻⁵ | 1.33 x 10 ⁻⁵ |
| 10 | 12.23 | 1.247 | 1.77 x 10 ⁻⁵ | 1.42 x 10 ⁻⁵ |
| 20 | 11.81 | 1.204 | 1.81 x 10 ⁻⁵ | 1.51 x 10 ⁻⁵ |
| 30 | 11.42 | 1.164 | 1.86 x 10 ⁻⁵ | 1.60 x 10 ⁻⁵ |
| 40 | 11.05 | 1.127 | 1.91 x 10 ⁻⁵ | 1.69 x 10 ⁻⁵ |
| 50 | 10.71 | 1.092 | 1.95 x 10 ⁻⁵ | 1.79 x 10 ⁻⁵ |
| 60 | 10.39 | 1.060 | 1.99 x 10 ⁻⁵ | 1.89 x 10 ⁻⁵ |
| 70 | 10.09 | 1.029 | 2.04 x 10 ⁻⁵ | 1.99 x 10 ⁻⁵ |
| 80 | 9.802 | 0.9995 | 2.09 x 10 ⁻⁵ | 2.09 x 10 ⁻⁵ |
| 90 | 9.532 | 0.9720 | 2.13 x 10 ⁻⁵ | 2.19 x 10 ⁻⁵ |
| 100 | 9.277 | 0.9459 | 2.17 x 10 ⁻⁵ | 2.30 x 10 ⁻⁵ |
| 110 | 9.034 | 0.9213 | 2.22 x 10 ⁻⁵ | 2.40 x 10 ⁻⁵ |
| 120 | 8.805 | 0.8978 | 2.26 x 10 ⁻⁵ | 2.51 x 10 ⁻⁵ |

ตารางภาคผนวก ก-7 คุณสมบัติเชิงกายภาพของอากาศที่ความดันบรรยากาศ 1 บรรยากาศ
(หน่วย อังกฤษ)

| อุณหภูมิ (°C) | น้ำหนักจำเพาะ (γ) (lb/ft ³) | ความหนาแน่น (ρ) (slugs/ft ³) | ความหนืดจลน์ (μ) (lb-s/ft ²) | ความหนืด (ν) (ft ² /s) |
|---------------|--|---|--|---|
| -40 | 0.0946 | 2.94×10^{-3} | 3.15×10^{-7} | 1.07×10^{-4} |
| -20 | 0.0903 | 2.80×10^{-3} | 3.27×10^{-7} | 1.17×10^{-4} |
| 0 | 0.0864 | 2.68×10^{-3} | 3.41×10^{-7} | 1.27×10^{-4} |
| 20 | 0.0828 | 2.57×10^{-3} | 3.52×10^{-7} | 1.37×10^{-4} |
| 40 | 0.0795 | 2.47×10^{-3} | 3.64×10^{-7} | 1.47×10^{-4} |
| 60 | 0.0764 | 2.37×10^{-3} | 3.74×10^{-7} | 1.58×10^{-4} |
| 80 | 0.0736 | 2.28×10^{-3} | 3.85×10^{-7} | 1.69×10^{-4} |
| 100 | 0.0709 | 2.20×10^{-3} | 3.97×10^{-7} | 1.80×10^{-4} |
| 120 | 0.0685 | 2.13×10^{-3} | 4.06×10^{-7} | 1.91×10^{-4} |
| 140 | 0.0662 | 2.06×10^{-3} | 4.16×10^{-7} | 2.02×10^{-4} |
| 160 | 0.0641 | 1.99×10^{-3} | 4.27×10^{-7} | 2.15×10^{-4} |
| 180 | 0.0621 | 1.93×10^{-3} | 4.38×10^{-7} | 2.27×10^{-4} |
| 200 | 0.0602 | 1.87×10^{-3} | 4.48×10^{-7} | 2.40×10^{-4} |
| 220 | 0.0584 | 1.81×10^{-3} | 4.58×10^{-7} | 2.52×10^{-4} |
| 240 | 0.0567 | 1.76×10^{-3} | 4.68×10^{-7} | 2.66×10^{-4} |

ตารางภาคผนวก ก-8 คุณสมบัติเชิงกายภาพของบรรยากาศ

| หน่วย SI | | | | หน่วย อังกฤษ | | | |
|----------|----------|---------|----------------------|--------------|----------|---------|--------------------------|
| ความสูง | อุณหภูมิ | ความดัน | ความหนาแน่น | ความสูง | อุณหภูมิ | ความดัน | ความหนาแน่น |
| (m) | (°C) | (kPa) | (kg/m ³) | (ft) | (°F) | (psi) | (slugs/ft ³) |
| 0 | 15.00 | 101.3 | 1.225 | 0 | 59.00 | 14.696 | 2.38 × 10 ⁻³ |
| 200 | 13.70 | 98.9 | 1.202 | 500 | 57.22 | 14.433 | 2.34 × 10 ⁻³ |
| 400 | 12.40 | 96.6 | 1.179 | 1000 | 55.43 | 14.173 | 2.25 × 10 ⁻³ |
| 600 | 11.10 | 94.3 | 1.156 | 5000 | 41.17 | 12.227 | 2.05 × 10 ⁻³ |
| 800 | 9.80 | 92.1 | 1.134 | 10000 | 23.34 | 10.106 | 1.76 × 10 ⁻³ |
| 1000 | 8.50 | 89.9 | 1.112 | 15000 | 5.51 | 8.293 | 1.50 × 10 ⁻³ |
| 2000 | 2.00 | 79.5 | 1.007 | 20000 | -12.62 | 6.753 | 1.27 × 10 ⁻³ |
| 3000 | -4.49 | 70.1 | 0.9093 | 30000 | -47.99 | 4.365 | 8.89 × 10 ⁻⁴ |
| 4000 | -10.98 | 61.7 | 0.8194 | 40000 | -69.70 | 2.720 | 5.85 × 10 ⁻⁴ |
| 5000 | -17.47 | 54.0 | 0.7364 | 50000 | -69.70 | 1.683 | 3.62 × 10 ⁻⁴ |
| 10000 | -49.90 | 26.5 | 0.4135 | 60000 | -69.70 | 1.040 | 2.24 × 10 ⁻⁴ |
| 15000 | -56.50 | 12.11 | 0.1948 | 70000 | -67.30 | 0.644 | 1.38 × 10 ⁻⁵ |
| 20000 | -56.50 | 5.53 | 0.0889 | 80000 | -61.81 | 0.400 | 8.45 × 10 ⁻⁵ |
| 25000 | -51.60 | 2.55 | 0.0401 | 90000 | -56.32 | 0.251 | 5.22 × 10 ⁻⁵ |
| 30000 | -46.64 | 1.20 | 0.0184 | 100000 | -50.84 | 0.158 | 3.25 × 10 ⁻⁵ |

7. ความหนาแน่น (Density)

| | | | |
|---|--|---|---|
| $\frac{515.4 \text{ kg/m}^3}{\text{slug/ft}^3}$ | $\frac{1000 \text{ kg/m}^3}{\text{gram/cm}^3}$ | $\frac{32.17 \text{ lb}_m/\text{ft}^3}{\text{slug/ft}^3}$ | $\frac{16.018 \text{ kg/m}^3}{\text{lb}_m/\text{ft}^3}$ |
|---|--|---|---|

8. น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight)

| | |
|---|---|
| $\frac{157.1 \text{ N/m}^3}{\text{lb}_f/\text{ft}^3}$ | $\frac{1728 \text{ lb/ft}^3}{\text{lb/in}^3}$ |
|---|---|

9. ความดัน (Pressure)

| | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|
| $\frac{144 \text{ lb/ft}^2}{\text{lb/in}^2}$ | $\frac{47.88 \text{ Pa}}{\text{lb/ft}^2}$ | $\frac{6895 \text{ Pa}}{\text{lb/in}^2}$ | $\frac{1 \text{ Pa}}{\text{N/m}^2}$ | $\frac{100 \text{ kPa}}{\text{bar}}$ | $\frac{14.50 \text{ lb/in}^2}{\text{bar}}$ |
| | $\frac{27.68 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{lb/in}^2}$ | $\frac{249.1 \text{ Pa}}{\text{inH}_2\text{O}}$ | $\frac{2.036 \text{ inHg}}{\text{lb/in}^2}$ | $\frac{3386 \text{ Pa}}{\text{inHg}}$ | $\frac{133.3 \text{ Pa}}{\text{mmHg}}$ |
| | $\frac{51.71 \text{ mmHg}}{\text{lb/in}^2}$ | $\frac{14.696 \text{ lb/in}^2}{\text{Std. atmosphere}}$ | $\frac{101.325 \text{ kPa}}{\text{Std. atmosphere}}$ | $\frac{29.92 \text{ inHg}}{\text{Std. atmosphere}}$ | |
| | $\frac{760.1 \text{ mmHg}}{\text{Std. atmosphere}}$ | | | | |

10. พลังงาน (Energy)

| | | | | | |
|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| $\frac{1.356 \text{ J}}{\text{lb-ft}}$ | $\frac{1.0 \text{ J}}{\text{N}\cdot\text{m}}$ | $\frac{8.85 \text{ lb-in}}{\text{J}}$ | $\frac{1.055 \text{ kJ}}{\text{Btu}}$ | $\frac{3.600 \text{ kJ}}{\text{W}\cdot\text{h}}$ | $\frac{778.17 \text{ ft-lb}}{\text{Btu}}$ |
|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|

11. กำลังงาน (Power)

| | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|---|--------------------------------------|
| $\frac{745.7 \text{ W}}{\text{hp}}$ | $\frac{1.0 \text{ W}}{\text{N}\cdot\text{m/s}}$ | $\frac{550 \text{ lb-ft/s}}{\text{hp}}$ | $\frac{1.356 \text{ W}}{\text{lb-ft/s}}$ | $\frac{3.412 \text{ Btu/hr}}{\text{W}}$ | $\frac{1.341 \text{ hp}}{\text{kW}}$ |
|-------------------------------------|---|---|--|---|--------------------------------------|

12. ความหนืดจลน์ (Dynamic Viscosity)

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| $\frac{47.88 \text{ Pa}\cdot\text{s}}{\text{lb-s/ft}^2}$ | $\frac{10 \text{ poise}}{\text{Pa}\cdot\text{s}}$ | $\frac{1000 \text{ cP}}{\text{Pa}\cdot\text{s}}$ | $\frac{1000 \text{ cP}}{\text{poise}}$ | $\frac{1 \text{ cP}}{1 \text{ mPa}\cdot\text{s}}$ |
|--|---|--|--|---|

13. ความหนืด (Kinematic Viscosity)

$$\begin{array}{ccccc}
 \frac{10.764 \text{ ft}^2 / \text{s}}{\text{m}^2 / \text{s}} & \frac{10^4 \text{ Stoke}}{\text{m}^2 / \text{s}} & \frac{10^6 \text{ cSt}}{\text{m}^2 / \text{s}} & \frac{100 \text{ cSt}}{\text{stoke}} & \frac{1 \text{ cSt}}{1 \text{ mm}^2 / \text{s}} \\
 & \frac{10^6 \text{ mm}^2 / \text{s}}{\text{m}^2 / \text{s}} & & &
 \end{array}$$

14. อุณหภูมิ (Temperature)

$$T_C = \frac{T_F - 32}{1.8}$$

$$T_F = 1.8T_C + 32$$

$$T_K = T_C + 273.15$$

$$T_K = \frac{T_F + 459.67}{1.8}$$

ภาคผนวก ค คำตอบแบบฝึกหัดท้ายบท

บทที่ 1

1. น้ำหนักจำเพาะ = 10 kN/m^3
ความหนาแน่น = 1019.36 kg/m^3
ความถ่วงจำเพาะ = 1.02
2. น้ำหนักจำเพาะ = 49.3 lb/ft^3
ความถ่วงจำเพาะ = 0.79 และ
ปริมาตรจำเพาะ = $0.65 \text{ ft}^3/\text{slug}$
3. ปริมาตรจำเพาะ = $1.21 \text{ m}^3/\text{kg}$
ความถ่วงจำเพาะ = 0.826
4. น้ำหนักจำเพาะ = 7.26 kN/m^3
ความหนาแน่น = 740 kg/m^3
ปริมาตรจำเพาะ = $0.0014 \text{ m}^3/\text{kg}$
ความถ่วงจำเพาะ = 0.74
5. โมดูลัสความยืดหยุ่น = $1.83 \times 10^6 \text{ kPa}$
6. $P = 21700 \text{ kPa}$
7. โมดูลัสความยืดหยุ่น = $77,208.15 \text{ psi}$
8. อัตราส่วนระหว่างความหนืดจลน์ของอากาศและของน้ำ = 10.49
9. $\mu_1 = 0.967 \text{ Pa-s}$ และ $\mu_2 = 1.93 \text{ Pa-s}$
10. แรงตึง = 19.3 lb
11. ความเร็ว = 0.6 ft/s
12. ความเร็ว = 50 mm/s
13. ความหนาของน้ำมันหล่อลื่น = 0.068 mm
14. $h = 0.06 \text{ m}$
15. $F = 0.0092 \text{ N}$
16. $F_2 = 669 \text{ N}$
17. $\Delta h = 3.33 \text{ cm}$
18. ความดันที่จะ $B = -1 \text{ KPa}$
19. $P = 743 \text{ kPa}$
20. ความดันเกจที่จุด A = 5.72 psi
ความดันเกจที่จุด A = 39.5 kPa

บทที่ 2

1. $\Delta P = 2.97 \text{ psi}$, $\Delta P = 20.14 \text{ kPa}$
2. น้ำหนักจำเพาะ = 288 lb/ft^3
(46.67 kN/m^3)
ความถ่วงจำเพาะ = 4.62 (4.77)
3. $P_c = 72.6 \text{ kPa}$
4. $P = 128,920 \text{ lb}$
5. $F_1 = 16,848 \text{ lb}$
 $F_2 = 7,148 \text{ lb}$
 $F_T = 23,996 \text{ lb}$ กระทำได้ที่จุดหมุน = 3.3 ft
6. แรงที่กระทำต่อประตู = 1.236 MN
แรง P ที่จะทำให้ประตูปิดสนิท = 323.7 kN
7. ปริมาตร = 0.381 m^3
8. ปริมาตร = 4.74 ft^3
9. $\Delta h = 0.309 \text{ cm}$
10. $d = 2.167 \text{ L}$
11. น้ำหนักจำเพาะของไม้ = $5,450 \text{ N/m}^3$
12. $F_v = 17,515 \text{ N}$, $x = 0.467 \text{ m}$
 $F_H = 14,715 \text{ N}$, $y_{cp} = 1.555 \text{ m}$
 $F_R = 22,876 \text{ N}$, $\theta = 40^\circ$
13. $F_R = 3,120,000 \text{ i} + 565,344 \text{ j lb}$ กระทำที่จุดศูนย์กลางของประตูบานโค้ง
14. เรือนี้จะยังคงตั้งตรง
15. ไม่สามารถตั้งตรงในแนวตั้งได้
16. สภาวะไม่เสถียรภาพในแนวตามยาว แต่อยู่ในสภาวะเสถียรภาพตามแนวทแยง
17. ไม่จำเป็นต้องใช้ W เพราะไม่มีแรงลอยตัวในระบบ
18. น้ำหนักที่น้อยที่สุดของประตูนี้ที่ไม่ทำให้ประตูลอยขึ้น = 168.38 kN
19. แรงประกอบในแนวระดับ = 68.1 kN/m
และแรงประกอบในแนวตั้ง = 100.5 kN/m

20. ความสูงของจุดศูนย์เสถียรรอบแกน y-y = 0.75 m
 ความสูงของจุดศูนย์เสถียรรอบแกน x-x = 21.9 m

บทที่ 3

1. $Q = 2.21 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
2. $P_2 = 9.62 \text{ kPa (gage)}$
3. $Q = 0.311 \text{ m}^3/\text{s}$ และ $P_2 = 11.7 \text{ kPa}$
4. $h_L = 2.00 \text{ ft}$ และ $= -2.31 \text{ psi}$
5. $Q = 0.383 \text{ m}^3/\text{s}$ และ $P_2 = -45.3 \text{ kPa}$
6. $z_A = 7.42$
7. $\frac{P_2}{\gamma} = 11.1 \text{ m}$
8. $P = 39.5 \text{ kW}$
9. $\text{Power} = 32.3 \text{ hp}$
10. $\text{Power} = 753 \text{ hp}$
11. $\text{Power} = 17.85 \text{ kW}$
12. $\text{Power} = 77.7 \text{ hp}$
13. $Q = 0.0198 \text{ m}^3/\text{s}$
14. $Q = 6.64 \text{ ft}^3/\text{s}$
15. $\text{Power} = 29.7 \text{ hp}$
16. $Q = 6.96 \text{ m}^3/\text{s}$ และ $P_p = 78.5 \text{ kPa}$
17. ค่าระดับของผิวน้ำของถัง A = 129.8 ft
18. $\text{Power} = 7.86 \text{ MW}$
19. $t = 24,588 \text{ s} = 6.83 \text{ hr}$
20. $Q = 1.992 \text{ m}^3/\text{s}$
 $P_{\min} = -82.6 \text{ kPa (gage)}$
 $P_{\max} = 372.5 \text{ kPa}$

บทที่ 5

1. สมการของ Darcy: $d = 1.78 \text{ ft} = 21.4 \text{ in}$
 สมการของ Hazen-Williams:
 $d = 1.82 \text{ ft} = 21.8 \text{ in}$
2. $h_L = 4.3 \text{ ft}$, $f = 0.027$, $\mathcal{E} = 0.0035$
3. $Q = 11.3 \text{ ft}^3/\text{s}$

4. $d = 2.4 \text{ ft} = 28 \text{ in}$
5. $C_h = 155$
6. $P_{300} = 150 \text{ kPa}$
7. $P_{150} = 103.9 \text{ kPa}$
8. อ่านค่าได้ = 9.32 ft ของน้ำ = 8.9 in ของปรอท มีทิศทางการลงด้านซ้ายและขึ้นด้านขวา
9. $h_L = 1.18 \text{ m}$, $K_L = 0.95$
10. $Q = 1.82 \text{ L/s}$
11. $Q = 0.056 \text{ m}^3/\text{s}$
12. $Q = 0.0114 \text{ m}^3/\text{s}$
13. ระดับของผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำที่อยู่ต่ำกว่า = 951 ft
14. $\text{Power} = 70.9 \text{ kW}$
15. $\text{Power} = 7.58 \text{ MW}$
16. อัตราส่วนของอัตราการไหลในท่อ B ต่อท่อ A = 0.566
17. $Q_1 = 0.68 \text{ m}^3/\text{s}$ และ $Q_2 = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}$
18. V_A มากที่สุด
19. $h_L = 68.3 \text{ ft}$
20. $Q_1 = 2 \text{ cfs}$

บทที่ 6

1. ความเร็วรอบ (rpm) และเฮด (m) ของปั๊มแบบจำลอง = 316 rpm และ 48 m ตามลำดับ
2. $H = 32.2 \text{ m}$
 $Q = 0.039 \text{ m}^3/\text{s}$
 $P = 16.9 \text{ kW}$
3. $Q_2 = 0.056 \text{ ft}^3/\text{s} = 3.38 \text{ ft}^3/\text{min}$
4. $\text{NPSH} = 26.1 \text{ ft}$
5. ความเร็วจำเพาะ = 0.25
6. ความเร็วจำเพาะ = 0.93
7. ความเร็วจำเพาะ = 5.1
8. $Q_2 = 625 \text{ L/s}$, ความเร็วจำเพาะ = 2.85
9. $H_p = 35.74 \text{ ft}$
10. ปั๊ม 4 ตัว ต่ออนุกรม

บทที่ 7

1. $y = 6.85 \text{ ft}$
2. $y = 1.77 \text{ m}$
3. $Q = 6.23 \text{ m}^3/\text{s}, Q = 230 \text{ ft}^3/\text{s}$
4. $Q = 1.44 \text{ m}^3/\text{s}$
5. $Q_m = 1.56 \text{ ft}^3/\text{s}$
 $S_{o,m} = S_{o,p} = 0.0009$
 $n_{o,m} = 0.208$
6. $y = 1.95 \text{ m}$
7. $y = 7.05 \text{ ft}$
8. $y = 1.5 \text{ ft} \quad E = 4.99 \text{ ft}$
 $y = 3.0 \text{ ft} \quad E = 3.87 \text{ ft}$
 $y = 6.0 \text{ ft} \quad E = 6.22 \text{ ft}$
9. $y = 0.10, 1.19 \text{ m}$
10. Subcritical flow
11. $y_c = 0.72 \text{ m}, S_c = 0.00491$
12. ถ้า $n > 0.0136$ จะเป็น Subcritical flow,
ถ้า $n < 0.0136$ จะเป็น Supercritical flow
13. $\Delta x = 34 \text{ ft}$
14. $y_c = 0.98 \text{ m}$
15. $Q = 2.46 \text{ m}^3/\text{s}$
16. $h_L = 1.30 \text{ ft}, \text{Power loss} = 1924 \text{ hp}$
17. $Q = 145 \text{ ft}^3/\text{s}$
18. 7.5%
19. 3.63%
20. 2.30%

บทที่ 8

1. อัตราการไหล = $7.70 \text{ ft}^3/\text{s}$
พลังงานที่สูญเสียไป = 0.70 ft
2. $T 27^\circ\text{C}$: Pressure head = 1.29 kPa
และการสูญเสียพลังงาน = 0.009 m
 $T 49^\circ\text{C}$: Pressure head = 1.01 kPa
และการสูญเสียพลังงาน = 0.007 m
3. $d_2 = 110 \text{ mm}$

4. อัตราการไหลผ่านหัวฉีด = $0.044 \text{ m}^3/\text{s}$
และพลังงานสูญเสียเนื่องจากหัวฉีด = 2.91 m
5. อัตราการไหลของน้ำ = $0.509 \text{ ft}^3/\text{s}$
ความเร็วของน้ำที่หัวฉีด = 93.2 ft/s
พลังงานที่สูญเสียที่หัวฉีด = 5.35 ft
ความสูงมากที่สุดที่น้ำจะขึ้นไปได้ = 135 ft
6. $A_2 = 0.017 \text{ m}^2$
7. $C_c = 0.642$ และ $C_v = 0.975$
8. อยู่ต่ำลงมา 4.19 m จากหลอดที่ระดับน้ำต่ำสุด
9. $h = 11.14 \text{ mm}$
10. $h = 0.14 \text{ ft} = 1.69 \text{ in}$
11. $h_L = 4.51 \text{ m}$
12. อัตราการไหลในท่อและหัวฉีด = $1.56 \text{ ft}^3/\text{s}$
กำลังม้าของของไหลจากหัวฉีด = 21.7 hp
กำลังม้าที่สูญเสียไปในท่อและหัวฉีด = 53.3 hp
13. อัตราการไหล = $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$
14. $C_v = 0.97$
 $C_c = 0.70$
 $C_d = 0.68$
การสูญเสียเฮดในช่วงการไหลผ่านช่องเปิด = 1.24 ft
15. อัตราการไหลในท่อ = 0.0743 cfs
ค่า $C = 1.04$

บทที่ 9

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

6.

| ความเร็ว (ft/s) | แรงโน้มถ่วง (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. (ก) แรงโน้มถ่วง = 1545 N

แรงยก = 20300 N

กำลังม้า = 103 kW

(ข) แรงโน้มถ่วง = 1366 N

แรงยก = 17951 N

กำลังม้า = 91.1 kW

8. ในอากาศ แรงโน้มถ่วง = 2.02 lb

กำลังม้า = 0.16 hp

ในน้ำ แรงโน้มถ่วง = 1648 lb

กำลังม้า = 131.9 hp

9. สัมประสิทธิ์แรงยก = 0.648

สัมประสิทธิ์แรงโน้มถ่วง = 0.043

10. แรงโน้มถ่วง = 1.63×10^{-3} N

ภาคผนวก ง ดัชนี

ก

กฎอนุรักษ์พลังงาน 56, 160

การต่อท่อแบบขนาน 120

การต่อท่อแบบอนุกรม 117

การวิเคราะห์มิติ 89

การสูญเสียพลังงาน 8, 57, 59, 68, 73, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 100, 103, 104, 109, 111, 112, 113, 116, 117, 120, 125, 126, 129, 131, 164, 168, 183, 220

การสูญเสียรอง 68, 102, 103, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 127, 140

การสูญเสียหลัก 68, 102, 112, 117, 140

การวัดตัวได้ของของไหล 8

การไหลคงตัวแบบสม่ำเสมอ 51

การไหลคงตัวแบบไม่สม่ำเสมอ 51

การไหลสองมิติ 52

การไหลสามมิติ 52

การไหลสม่ำเสมอ 51, 150, 154, 169

การไหลหนึ่งมิติ 52

การไหลแบบคงตัว 51, 52, 53, 148, 149, 151, 152

การไหลแบบปั่นป่วน 51, 96, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 153, 198, 200

การไหลแบบราบเรียบ 51, 100, 101, 103, 108, 153, 199

การไหลแบบหมุนวน 51

การไหลแบบไม่คงตัว 51, 52, 148, 149, 150, 152, 153

การไหลแบบไม่หมุนวน 51

การไหลในทางน้ำเปิด 91, 98, 148, 153, 154, 159, 164, 166

การไหลไม่คงตัวแบบสม่ำเสมอ 51

การไหลไม่คงตัวแบบไม่สม่ำเสมอ 51

การไหลไม่สม่ำเสมอ 51, 150, 151, 152, 153

กำลังงาน 2, 71, 72, 73, 74, 83, 84, 128, 131, 134, 146, 216

ข

ของไหลที่กักอัดไม่ได้ 1, 53, 57

ของไหลสถิต 23, 37, 92

ค

ความขรุขระเฉลี่ย 104, 105, 106, 107, 113, 125

ความคล้ายคลึงกัน 89, 98, 99

ความคล้ายคลึงเชิงจลน์ 89, 90

ความคล้ายคลึงเชิงพลวัต 89, 90, 91, 96

น

น้ำหนักจำเพาะ 2, 4, 5, 6, 11, 13, 19, 23, 25, 37, 39, 45, 46, 48, 49, 53, 54, 55, 57, 62, 63, 71, 72, 93, 139, 141, 176, 182, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 216, 218,

ป

ประสิทธิภาพของปั๊ม 72, 87, 118, 131, 147

ปรากฏการณ์การเกิดโพรงไอ 139, 140

ปรากฏการณ์น้ำกระโดด 163, 164, 165

ปริมาตรควบคุม 52, 76, 78

ปริมาตรจำเพาะ 4, 5, 6, 19, 218,

ปั๊มน้ำชนิดแรงเหวี่ยง 132, 133, 135, 136, 137, 143, 144

ปั๊มน้ำชนิดไหลตามแกน 133, 144

ปั๊มน้ำชนิดไหลผสม 133, 143, 144

ปั๊มน้ำชนิดไหลผสมที่มีเพลลาติดตั้งแนวตั้ง 133

ปั๊มน้ำชนิดไหลผสมที่มีเพลลาติดตั้งแนวนอน 133

ปั๊มแบบ Kinetic 132

ปั๊มแบบ Positive displacement 132

ผ

แผนผังผู้ตัด 104, 105, 106, 107, 108, 114, 119, 121, 122, 123, 142,

ฝ

ฝายสันคมรูปสามเหลี่ยม 168, 173

ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยม 166

ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยมคางหมู 168

พ

พลังงานการไหล 56

พลังงานจลน์ 56, 112, 132

พลังงานจำเพาะ 159, 171

พลังงานความยืดหยุ่น 8

พลังงานศักย์ 55

ม

มานอมิเตอร์แบบความแตกต่าง 16

มานอมิเตอร์ 15

โมดูลัสความยืดหยุ่น 8, 9, 19, 93, 218

โมดูลัสความยืดหยุ่นเชิงปริมาตร 8

ร

ระบบท่อเครือข่าย 123

ระยะดูดยก 130, 131

ระยะยกกรมจากบ้มีด้านดูต 131
รางวัดน้ำ 168, 169
แรงกระทบของลำของไหลบนใบจักร 187
แรงดันไอ 139
แรงตึง 1, 11, 20,
แรงยก 187, 200, 201, 204, 221
แรงยึดเหนี่ยว 1,
แรงลอยตัว 37, 40, 43, 44, 47, 218
แรงเฉือน 1, 10, 75, 96
แรงเนื่องจากความดัน 75, 90, 92
แรงเนื่องจากความตึงผิว 90
แรงเนื่องจากความหนืด 90, 91, 96
แรงเนื่องจากความหืดหยุ่น 90
แรงเนื่องจากความเฉื่อย 90, 91, 92, 96
แรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก 90, 91

ล

ลำการไหล 52, 179, 186

ว

เวทจูรี 62, 99, 174, 175, 183

ส

สมการของ Hazen-Williams 115, 125, 219

สมการดาร์ซี 102

สมการต่อเนื่อง 52, 53, 76, 78, 154, 155, 164, 174

สมการพลังงาน 52, 55, 56, 68, 69, 102, 113, 117, 120, 130, 174, 180

สมการเบอร์นูลลี 55, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 70, 72, 74, 77, 78, 179

สมการแมนนิ่ง 154, 155

สมการแรงหน่วง 197, 199

สมการโมเมนตัม 52, 74, 75, 77, 79, 163, 189

สมการโมเมนตัมเชิงเส้น 74

สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง 154

สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 49, 102, 104, 105, 112, 125, 185

เส้นการไหล 52, 96

ห

หลอดปีโตร 180, 181

หัวฉีด 59, 64, 65, 66, 67, 76, 78, 82, 84, 178, 183, 184, 186, 196, 202, 203, 220

หุ่นจำลอง 89, 90, 91, 96, 97, 98, 99

อ

- อัตราการไหลวิกฤต 161
- อัตราการไหลเชิงน้ำหนัก 53, 54, 55, 93
- อัตราการไหลเชิงปริมาตร 52, 53, 54
- อัตราการไหลเชิงมวล 53, 54

ฮ

- เฮดความดัน 57, 82, 180, 181, 183
- เฮดความดันด้านดูดสุทธิ 140
- เฮดความเร็ว 57, 61, 131, 181
- เฮดจากปั๊ม 131
- เฮดทั้งหมด 57, 130, 132, 143, 144, 159
- เฮดรวมจากปั๊มด้านจ่าย 131
- เฮดรวมจากปั๊มด้านดูด 131
- เฮดรวมสถิตย์ 131
- เฮดระดับ 57
- เฮดสถิตด้านจ่าย 131
- เฮดสถิตย์ด้านดูด 130, 131

A

- Absolute pressure 12, 13, 17, 140, 207, 208, 209, 210,
- Absolute viscosity 10, 93, 95, 98
- Alternate depth 160, 161
- Axial flow or Propeller pump 133, 144

B

- Beroulli's equation 55, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 70, 72, 74, 77, 78, 179
- Buckingham π theorem 94
- Bulk modulus of elasticity 8
- Buoyancy 37, 40, 43, 44, 47, 218

C

- Cavitations 139, 140
- Cipolletti weir 168
- Cohesion fluid 1
- Compressibility 8
- Continuity equation 52, 53, 76, 78, 154, 155, 164, 174
- Control volume 52, 76, 78
- Conservation of energy 56, 160
- Critical depth 159, 161, 169, 171, 172

Critical discharge 161

Critical slope 161

Critical velocity 161

D

Darcy's equation 102

Density 2, 4, 5, 6, 11, 19, 20, 22, 55, 98, 101, 103, 105, 139, 204, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 216, 218,

Differential manometer 16

Dimension Analysis 89

Dynamic similarity 89, 90, 91, 96

Dynamic viscosity 10, 11, 19, 20

E

Elastic energy 8

Elevation head 57

Energy equation 52, 55, 56, 68, 69, 102, 113, 117, 120, 130, 174, 180

Energy Losses 8, 57, 59, 68, 73, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 100, 103, 104, 109, 111, 112, 113, 116, 117, 120, 125, 126, 129, 131, 164, 168, 183, 220

Equivalent length 112, 113, 114

Euler Number 92

F

Flow Energy 56

Flow Nozzle 59, 64, 65, 66, 67, 76, 78, 82, 84, 178, 183, 184, 186, 196, 202, 203, 220

Friction factor 49, 102, 104, 105, 112, 125, 185

Froude Number 91, 153

G

Gage pressure 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 57, 80, 184, 218

Geometric similarity 89, 90, 96, 98

H

Hazen-William Coefficient 115, 116

Hazen-Williams Equation 115, 125, 219

Horizontal mixed flow pump 133

Hydraulic jump 163, 164, 165

I

Impact of jet on vanes 187

Incompressible fluid 1, 53, 57

Irrational flow 51

K

Kinematics 51

Kinematic Energy 56, 112, 132

Kinetic pump 132

Kinematics similarity 89, 90

L

Laminar flow 51, 100, 101, 103, 108, 153, 199

Lift force 187, 200, 201, 204, 221

Linear Momentum Equation 74

M

Mach number 92

Major loss 68, 102, 112, 117, 140

Manning coefficient 154

Manning equation 154, 155

Manometer 15

Mass flow rate 53, 54

Measuring flume 168, 169

Minor loss 68, 102, 103, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 127, 140

Mixed flow pump 133, 143, 144

Modulus of elasticity 8, 9, 19, 93, 218

Momentum equation 52, 74, 75, 77, 79, 163, 189

Moody Diagram 104, 105, 106, 107, 108, 114, 119, 121, 122, 123, 142,

N

Net Positive Suction Head 140

Non-uniform flow 51, 150, 151, 152, 153

O

One - dimensional flow 52

Open Channel 91, 98, 148, 153, 154, 159, 164, 166

Orifice 98, 179, 184, 186

P

Parallel Pipeline System 120

Physical model 89, 90, 91, 96, 97, 98, 99

Pipe Network 123

Pitot tube 180, 181

Positive displacement pump 132

Potential energy 55

Power 2, 71, 72, 73, 74, 83, 84, 128, 131, 134, 146, 216

Pressure 1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 45, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 66, 72, 73, 75, 78, 80, 81, 82, 86, 88, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 100, 106, 110, 123, 125, 130, 132, 133, 134, 140, 141, 145, 147, 166, 174, 176, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 198, 200, 202, 204, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 216, 218,

Pressure head 57, 82, 180, 181, 183

Pump 87, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 140, 145,

Pump efficiency 72, 87, 118, 131, 147

R

Radial flow or Centrifugal pump 132, 133, 135, 136, 137, 143, 144

Rectangular weir 166

Reynolds Number 91, 100, 104, 153

Rotational flow 51

S

Series Pipeline System 117

Shear force 1, 10, 75, 96

Similitude 89, 98, 99

Specific energy 159, 171

Specific gravity 4, 5, 6, 14, 15, 19, 20, 21, 24, 29, 32, 38, 41, 42, 45, 46, 58, 62, 70, 78, 80, 102, 106, 125, 182, 183, 185, 204, 209, 210, 211, 218,

Special volume 4, 5, 6, 19, 218,

Specific weight 2, 4, 5, 6, 11, 13, 19, 23, 25, 37, 39, 45, 46, 48, 49, 53, 54, 55, 57, 62, 63, 71, 72, 93, 139, 141, 176, 182, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 216, 218,

Static discharge head 131

Static fluids 23, 37, 92

Static suction head 130, 131

Static suction lift 130, 131

Steady flow 51, 52, 53, 148, 149, 151, 152, 153

Steady non-uniform flow 51

Steady uniform flow 51

Streamline 52, 96

Surface tension 11, 90, 91, 93

Stream tube 52, 179, 186

T

Tension 1, 11, 20,

Three-dimensional flow 52

Total dynamic discharge head 131

Total dynamic head 131

Total dynamic suction head 131

Total dynamic suction lift 131

Total head 57, 130, 132, 143, 144, 159

Total static head 131

Triangular weir 168, 173

Turbulent flow 51, 96, 98, 100, 101, 103, 104, 106, 108, 109, 153, 198, 200

Two - dimensional flow 52

U

Uniform flow 51, 150, 154, 169

Unsteady non-uniform flow 51

Unsteady uniform flow 51

V

Vapor pressure 13, 139, 141

Velocity head 57, 61, 131, 181

Venturi tube 62, 99, 174, 175, 183

Vertical mixed flow pump 133

Volume flow rate 52, 53, 54

W

Weber Number 92

Weight flow rate 53, 54, 55, 93

ประวัติผู้เขียน

ปรียาพร โกษา



ตำแหน่ง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

การศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2541

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2544

วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2549

ประสบการณ์

อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร พ.ศ.2550-2552

ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร พ.ศ.2551-2552

อาจารย์พิเศษ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร พ.ศ.2550-2552

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ.2552-ปัจจุบัน

อาจารย์พิเศษ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2553-ปัจจุบัน

อาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2553-ปัจจุบัน

ผลงานและงานวิจัย

Preeyaphorn Kosa. (2011) The Effect of Temperature on Actual Evapotranspiration based on Landsat 5 TM Satellite Imagery, Evapotranspiration, Leszek Labedzki (Ed.), ISBN: 978-953-307-251-7, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/the-effect-of-temperature-on-actual-evapotranspiration-based-on-landsat-5-tm-satellite-imagery>

Preeyaphorn Kosa and et. al. (2011). The potential micro-hydropower projects in Nakhon Ratchasima province, Thailand. Renewable Energy. Volume 36, 1133-1137.

Preeyaphorn Kosa. (2009) "Air Temperature and Actual Evapotranspiration Correlation Using Landsat 5 TM Satellite Imagery" Kasetsart Journal (Natural Sciences).43: p. 605-611.

Preeyaphorn Kosa and Kobkiat Pongput. (2006) "The Estimation of Crop Coefficient using MODIS and Weather Data" Thai Journal of Agricultural Science, Vol. 39 No. 1-2, p. 75-81.

Preeyaphorn Kosa and Kobkiat Pongput. (2006) "Evaluation of Spatial and Temporal Reference Evapotranspiration in the Chao Phraya River Basin, Thailand" Science Asia, Vol. 33 No. 3, p. 245-252.