

การทดลองที่ 8 สมบัติของของเหลว

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาการหาค่าความหนาแน่นของของเหลวที่กำหนดให้
2. เพื่อศึกษาการหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) ของของเหลวที่กำหนดให้
3. เพื่อศึกษาการหาค่าความหนืดของของเหลวที่กำหนดให้

ทฤษฎี

ความหนาแน่น (Density) ของวัตถุเป็นสัดส่วนระหว่างมวลและปริมาตรของวัตถุ หรือเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ เป็นความหนาแน่นของวัตถุ
 m เป็นมวลของวัตถุ
 V เป็นปริมาตรของวัตถุ

เมื่อหย่อนวัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่าของเหลวลงในของเหลวใด ๆ วัตถุนั้นจะจมลงในเหลว ตามหลักของอาร์คิมิดีส (Principle of Archimedes) ทำให้ได้ว่า ปริมาตรของของเหลว จะถูกแทนที่โดยวัตถุตามปริมาตรส่วนที่จมของวัตถุและน้ำหนักของวัตถุจะหายไปของเหลวเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ จากหลักดังกล่าวนี้สามารถหาปริมาตรของของแข็งรูปทรงต่าง ๆ ได้

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) ของวัตถุใด คือตัวเลขที่บอกให้รู้ว่าความหนาแน่นของวัตถุนั้นเป็นกี่เท่าของความหนาแน่น หรือเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์

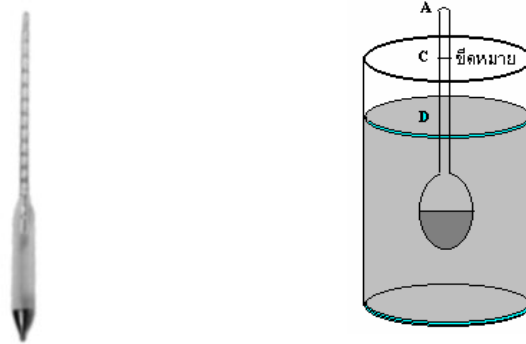
$$\xi = \frac{\rho_{ob}}{\rho_w} \quad (2)$$

เมื่อ ρ_{ob} เป็นความหนาแน่นของวัตถุ
 ρ_w เป็นความหนาแน่นของน้ำ

การวัดค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของวัตถุอาจหาได้จากการหาค่าความหนาแน่นของวัตถุ แล้วนำมาเทียบสัดส่วนกับความหนาแน่นของน้ำตามสมการที่ (2) หรือในการปฏิบัติงานโดยทั่วไป เช่น การวัดระดับดึกกรีของแอลกอฮอล์ วัดปริมาณน้ำตาล น้ำนม บัสดาวะ ฯลฯ จะใช้เครื่องมือที่อาศัยหลักการของอาร์คิมิดีส คือ น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ย่อมมีค่าเท่ากับน้ำหนักวัตถุที่ใช้เป็นเครื่องมือวัด เรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)

ไฮโดรมิเตอร์แบบสามัญ (Common Hydrometer)

เป็นหลอดแก้วตอนล่างเป็นกระเปาะบรรจุปรอทไว้เพื่อถ่วงน้ำหนักให้ก้านชี้ตั้งขึ้นในแนวตั้ง เมื่อนำไปลอยในของเหลวที่ต้องการวัดความถ่วงจำเพาะ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ไฮโดรมิเตอร์แบบสามัญ

เมื่อนำไฮโดรมิเตอร์ไปลอยในของเหลวกำหนดจุดจมนของเหลวตรงที่ขีด D แต่เมื่อเอาไปลอยในน้ำ กำหนดจุดจมนตรงที่ขีด C กำหนดให้ V เป็นปริมาตรทั้งหมดของไฮโดรมิเตอร์ และ a เป็นพื้นที่หน้าตัดของก้านหลอด

ดังนั้นเมื่อนำไปลอยในของเหลว ปริมาตรส่วนที่จมนในของเหลวคือ

$$V_l = V - a(AD) \tag{3}$$

และเมื่อนำไปลอยในน้ำ ปริมาตรส่วนที่จมนในน้ำคือ

$$V_m = V - a(AC) \tag{4}$$

จากหลักการของอาร์คิมิดีส “น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ย่อมมีค่าเท่ากับน้ำหนักของไฮโดรมิเตอร์นั้น” เขียนได้ว่า

$$\text{น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่} = \text{น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่}$$

$$\therefore [V - a(AD)]\xi\rho_w = [V - a(AC)]\xi\rho_w$$

$$\xi = \frac{V - a(AC)}{V - a(AD)} \tag{5}$$

เมื่อ ξ เป็นความหนาแน่นสัมพัทธ์ของของเหลวที่ต้องการรู้ค่า

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-------------------------|-------|
| 1. ของเหลวที่กำหนดให้ | |
| 2. เครื่องชั่ง | |
| 3. ไฮโดรมิเตอร์แบบสามัญ | 1 อัน |
| 4. กระบอกแก้วตวง | 3 อัน |
| 5. มาโนมิเตอร์น้ำ | 1 อัน |
| 6. กระบอกตวงทรงสูง | 1 อัน |
| 7. หลอดแก้ววัดความดัน | 1 อัน |

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 หาความหนาแน่น

1. ชั่งน้ำหนักของของเหลว (ไม่รวมน้ำหนักของภาชนะที่ใส่)
2. วัดปริมาตรของของเหลว โดยเทใส่กระบอกแก้วตวง อ่านค่า
3. คำนวณหาความหนาแน่นโดยสมการที่ (1)

ตอนที่ 2 หาความหนาแน่นสัมพัทธ์โดยไฮโดรมิเตอร์แบบสามัญ

1. วัดปริมาตรของไฮโดรมิเตอร์โดยหลักการของอาร์คิมิดีส ให้เป็น V
2. ลอยไฮโดรมิเตอร์ในน้ำ แล้วทำเครื่องหมายที่จุด C ไว้ ณ ตำแหน่งที่ก้านไฮโดรมิเตอร์อยู่ที่ระดับผิวน้ำ วัดความยาว AC
3. แล้วนำไฮโดรมิเตอร์ไปลอยในของเหลวที่ต้องการหาความหนาแน่นสัมพัทธ์แล้วทำเครื่องหมายไว้ที่ก้านของไฮโดรมิเตอร์ ณ ระดับผิวของเหลวเป็น D วัดความยาว AD
4. คำนวณหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ตามสมการที่ (5)

หมายเหตุ

$$1 \text{ atmosphere (atm)} = 760 \text{ mmHg} = 1.101325 \times 10^5 \text{ Pa} = 14.696 \text{ lb/in}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

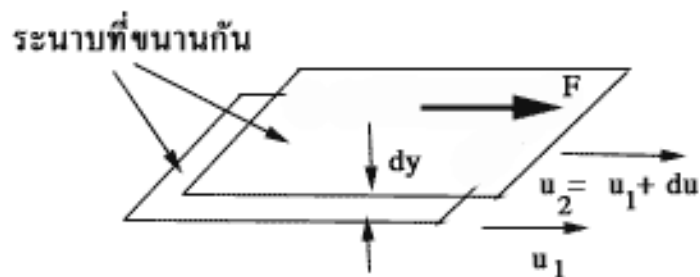
$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ lb/in}^2 = 6.895 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ dyne per square centimeter (dyn/cm}^2) = 1 \times 10^{-1} \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

มีสมบัติของของเหลวอีกอย่างที่ควรทราบคือ **ความหนืด (Viscosity)** ความหนืดเป็นสมบัติความต้านของของเหลวที่มีต่อการไหลหรือการเปลี่ยนแปลงรูปทรง การนิยามความหนืดในทางทฤษฎีทำได้โดยแบ่งของเหลวเป็นระนาบของโมเลกุลที่ขนานกันดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระนาบของของเหลว

ให้ระนาบของของเหลวมีพื้นที่เท่ากับ A แต่ระนาบห่างกันเป็นระยะ dy แต่ระนาบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว u_1, u_2, \dots ให้ระนาบที่อยู่ด้านบนมีความเร็วมากกว่าระนาบที่อยู่ด้านล่างติดกันเป็น du การไหลของของไหลมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ อย่างช้า ๆ เรียกรวมการไหลแบบนี้ว่าเป็น **การไหลแบบลามินาร์ (Laminar flow)** ซึ่งแตกต่างจาก

การไหลอย่างปั่นป่วน (Turbulent flow) ซึ่งจะไหลอย่างรวดเร็วและอลวน ไม่สามารถจะหาระนาบของโมเลกุลได้

การไหลแบบลามินาร์จะเกิดแรง F ซึ่งแรงนี้ทำให้เกิดความแตกต่างของความเร็ว (du) ระหว่างระนาบ 2 ระนาบที่อยู่ติดกัน แรงนี้แปรผันตรงกับพื้นที่ A และความลาดชันของความเร็วซึ่งมีทิศตั้งฉากกับระนาบของของไหล (velocity gradient, du/dy) เขียนเป็นสมการจะได้

$$F = \eta A \frac{du}{dy}$$

(6)

η (อ่านว่า Eta อีตา) คือ สัมประสิทธิ์ของความหนืด (Viscosity coefficient) หรือ ความหนืดสมบูรณ์ (absolute viscosity) หรือเรียกสั้นๆว่าความหนืด ถ้าย้าย A ไปไว้ทางด้านซ้ายมือของสมการ (6) จะได้อัตราส่วน $F/A = \tau$ (อ่านว่า ทอ Tau) เรียกว่า ความเค้นเฉือน (Shear stress)

หน่วยของความหนืดคือ Poise, P (อ่านว่า พอยซ์) หน่วยนี้ตั้งเป็นเกียรติแก่นายแพทย์ชาวฝรั่งเศส ชื่อปัวเซย์ (J. L. Poiseuille) ผู้ศึกษาของเหลวไหลผ่านหลอดเล็ก ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับกรไหลของโลหิตในหลอดเลือด โดยที่

$$1 \text{ P} = 1 \text{ g}/(\text{cm}\cdot\text{s}) \text{ หรือ } \text{dyne} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$$

หน่วยที่นิยมใช้คือ

$$\text{centiPoise} : 1 \text{ cP} = 10^{-2} \text{ Poise}$$

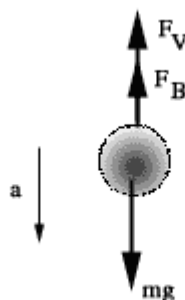
ในระบบ SI หน่วยของความหนืด คือ $\text{N}\cdot\text{s} / \text{m}^2$ หรือ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ โดยที่ $1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 10 \text{ Poise}$ ค่าความหนืดของของเหลวส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว อุณหภูมิ และความดันอากาศ ของเหลวที่มีค่าความหนืดเป็นไปตามสมการ (6) เรียกของเหลวประเภทนี้ว่าเป็น **Newtonian fluid** ตัวอย่างของเหลวประเภทนี้ได้แก่ น้ำ น้ำมัน แอลกอฮอล์ กลีเซอริน Benzene Kerosene

ความหนืดของของเหลวบางชนิดยังขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ **แรงเฉือน (Rate of shear)** ไม่สามารถใช้สมการ (6) อธิบายได้ เรียกของเหลวประเภทนี้เป็น **non-Newtonian fluid** ตัวอย่างเช่น จารบี ยางมะตอย สีทาบ้าน ยาสีฟัน ethylene โพลีเอทิลีนเหลว พลาสมาในเลือด น้ำโคลน แป้งที่ละลายน้ำ

การวัดความหนืดของของเหลวทำได้หลายวิธี ที่นิยมใช้กันได้แก่การให้ของเหลวนั้นไหลผ่านท่อเล็ก ๆ แล้ววัดอัตราการไหลของของเหลวในท่อ หรือหย่อนวัตถุทรงกลมลงในช่องของเหลว แล้วจับเวลาที่ลูกกลมจมลงในช่วงระยะที่กำหนดไว้ในหลอดทดลอง

ในการทดลองวัดความหนืดของของเหลวในที่นี้จะใช้วิธีให้ลูกทรงกลมตกอย่างอิสระในของไหล ลูกกลมเล็ก ๆ นี้ มีน้ำหนักเบา ทำให้ตกลงในของเหลวอย่างช้า ๆ ของไหลที่อยู่ด้านหน้าของลูกกลมจะไหลอย่างช้า ๆ เข้าแทนที่ช่องว่างที่ทรงกลมวิ่งผ่าน โดยที่ของไหลนั้นไม่มีการหมุนวน

แรงโน้มถ่วงจะทำให้ลูกกลมตกลงมาในทิศพุ่งลง โดยมีแรง 2 แรง คือแรงลอยตัว (Buoyant Force, F_B) และแรงต้านเนื่องจากความหนืด (Viscous drag Force, F_V) กระทำต่อทรงกลมในทิศทางพุ่งขึ้น ดังรูป



รูปที่ 3 แสดงแรงทั้งหมดที่กระทำต่อทรงกลมขณะตกลงในของไหล
สมการการเคลื่อนที่ของลูกกลมคือ

$$mg - F_B - F_v = ma \quad (7)$$

เมื่อ m คือ มวลของลูกกลม
 a คือ ความเร่งของลูกกลมในของเหลว

จาก กฎของสโตกส์ (Stoke's law) แรงต้านจากความหนืดจะแปรผันเป็นเชิงเส้นกับความเร็ว กรณีที่วัตถุมีรูปร่างเป็นทรงกลม F_v จะมีค่าดังสมการ (8)

$$F_v = 6\pi\eta rv \quad (8)$$

เมื่อ r คือ รัศมีของวัตถุรูปทรงกลม
 v คือ ความเร็วของวัตถุที่เวลาใด ๆ
 η คือ ความหนืดของของเหลว

แรงลอยตัวจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับลูกทรงกลมนั้น

$$F_B = \rho' \frac{4}{3} \pi r^3 g \quad (9)$$

เมื่อ ρ' คือ ความหนาแน่นของของเหลว

ลูกกลมตกลงมาด้วยความเร่ง แรงต้านจากความหนืดและแรงลอยตัวจะหน่วงให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง จนกระทั่งไม่มีความเร่ง หรือ ลูกกลมเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เรียกความเร็วนี้ว่า ความเร็วสุดท้าย (Terminal velocity, v_t) จากสมการ (7) เมื่อความเร่งเป็นศูนย์ สมการจะกลายเป็น

$$\begin{aligned} mg - F_B - F_v &= 0 \\ \rho \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right) g - \rho' \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right) g + 6\pi\eta r v_t &= 0 \\ v_t &= \frac{2(\rho - \rho')}{9\eta} gr^2 \end{aligned} \quad (10)$$

การนำสมการ (9) ไปหาความหนืดนั้น มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ลูกกลมจะต้องมีความเร็วเพียงพอที่ทำให้ของเหลวผ่านลูกกลมเป็นการไหลแบบลามินาร์
2. ผิวสัมผัสของของเหลวกับลูกกลมต้องไม่มีการลื่นไถล
3. ของไหลต้องเป็น Newtonian fluid และไม่สามารถบีบอัดให้ปริมาตรเปลี่ยนได้ (incompressible)
4. ลูกกลมจะต้องเคลื่อนที่ในของเหลวที่มีปริมาตรขนาดใหญ่พอที่จะขจัดผลซึ่งเกิดจากผนังท่อ

ถ้าลูกกลมมีความเร็วมาก ของเหลวจะมีการไหลแบบปั่นป่วน ไม่สามารถใช้สมการ $F_v = 6\pi\eta rv$ ได้ เพราะแรงที่เกิดขึ้นในกรณีนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับค่า η และแปรผันกับกำลังสองของความเร็วของลูกกลม

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของของไหลบางชนิด ในหน่วย kg / (m.s)

สาร	อุณหภูมิ (องศา)	ค่า ส.ป.ส. ความหนืด
อากาศ	0	0.017×10^{-3}
อากาศ	20	0.018×10^{-3}
อากาศ	100	0.022×10^{-3}
น้ำ	0	1.8×10^{-3}
น้ำ	20	1×10^{-3}
น้ำ	100	0.3×10^{-3}
ปรอท	20	1.56×10^{-3}
เอธิลแอลกอฮอล์	20	1.2×10^{-3}
กลีเซอริน	20	1.5 - 0.83

อุปกรณ์การทดลอง

1. ของเหลวที่กำหนดให้
2. เครื่องชั่ง
3. ไฮโดรมิเตอร์แบบสามัญ 1 อัน
4. กระจกบอกแก้วตวง 3 อัน
5. มาโนมิเตอร์น้ำ 1 อัน
6. กระจกตวงทรงสูง 1 อัน
7. ท่อทรงกระบอก 1 อัน
8. ลูกเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน 5 ขนาด ลูกใหญ่สุดมีรัศมีไม่เกิน 3.2 mm
9. นาฬิกาจับเวลา
10. ไมโครมิเตอร์
11. ไม้บรรทัดหรือสายวัดเพื่อวัดระยะที่ลูกกลมตก
12. แท่งแม่เหล็กสำหรับดูดลูกเหล็กขึ้นมาจากก้นภาชนะ

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 หาความหนาแน่นและความหนาแน่นสัมพัทธ์

1.1 หาความหนาแน่น

1. ชั่งน้ำหนักของของเหลว (ไม่รวมน้ำหนักของภาชนะที่ใส่)
2. วัดปริมาตรของของเหลว โดยเทใส่กระบอกแก้วตวง อ่านค่า
3. คำนวณหาความหนาแน่นโดยสมการที่ (1)

1.2 หาความหนาแน่นสัมพัทธ์โดยไฮโดรมิเตอร์แบบสามัญ

1. วัดปริมาตรของไฮโดรมิเตอร์โดยหลักการของอาร์คิมิดีส ให้เป็น V
2. ลอยไฮโดรมิเตอร์ในน้ำ แล้วทำเครื่องหมายที่จุด C ไว้ ณ ตำแหน่งที่ก้านไฮโดรมิเตอร์อยู่ที่ระดับผิวน้ำ วัดความยาว AC
3. นำไฮโดรมิเตอร์ไปลอยในของเหลวที่ต้องการหาความหนาแน่นสัมพัทธ์แล้วทำเครื่องหมายไว้ที่ก้านของไฮโดรมิเตอร์ ณ ระดับผิวของเหลวเป็น D วัดความยาว AD
4. คำนวณหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ตามสมการที่ (5)

ตอนที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด

1. ความหนาแน่นของลูกกลมเหล็ก (ρ) โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางก่อน แล้วคำนวณปริมาตรและคำนวณหาความหนาแน่น
2. วัดความหนาแน่นของของเหลว (ρ') โดยดูจากการทดลองเรื่องสมบัติของของเหลว
3. นำของเหลวที่จะหาความหนืด (ที่มีความหนาแน่นเป็น ρ') ใส่ในท่อทรงกระบอก แล้วทำเครื่องหมายบนท่อไว้ต่ำจากผิวของเหลวด้านบนประมาณ 15 ซม. และสูงจากก้นท่อประมาณ 5 ซม. ให้วัดระยะขีดหมายทั้งสอง เป็นระยะ d
4. ใช้ปากคีบลูกกลมที่มีรัศมีน้อยที่สุดแล้วปล่อยให้ตกลง ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของผิวบนของของเหลวในท่อทรงกระบอก เริ่มจับเวลาเมื่อลูกกลมเหล็กเคลื่อนที่มาถึงขีดหมายแรก และสิ้นสุดการจับเวลาเมื่อลูกกลมเคลื่อนมาถึงขีดหมายที่สองด้านล่าง บันทึกเวลาเป็น t_1 จากนั้นใช้ลูกกลมเดิมทดลองใหม่อีก 2 ครั้ง บันทึกเวลาเป็น t_2, t_3 แล้วหาค่าเฉลี่ย \bar{t} จึงคำนวณหาค่า v_t จาก d/\bar{t} (การเอาลูกกลมเหล็กออกจากภาชนะทรงกระบอก ให้ใช้แม่เหล็กแนบกับผนังด้านนอกของภาชนะทรงกระบอกลูกกลมที่จมอยู่ที่ก้นภาชนะจะถูกแม่เหล็กดูดขึ้นมาแล้วรีบเช็ดให้แห้งและล้างด้วยกระดาษทิชชู บางครั้งต้องเอียงภาชนะทรงกระบอกเล็กน้อยเพื่อให้ลูกเหล็กกลับมาอยู่ที่ขอบ การเอียงต้องระวังอย่าให้ของเหลวไหลล้นจากภาชนะ)
5. ทดลองตามข้อ 4. แต่ใช้ลูกกลมเหล็กที่มีขนาดโตขึ้นเรื่อยๆ จนครบ 5 ลูก บันทึกข้อมูลในตาราง
6. อาศัยสมการที่ (9) เขียนกราฟระหว่าง v_t เป็นแกนตั้ง และ r^2 เป็นแกนนอน หาสมการคณิตศาสตร์ แล้วนำค่าความชัน(Slope) มาคำนวณหาค่าความหนืด (η) ของของเหลว
7. สรุป และอภิปรายผลการทดลอง เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับค่าทฤษฎี

ใบบันทึกผลการทดลอง การทดลองที่ 8 สมบัติของของเหลว

ชื่อผู้ทดลอง 1. รหัส..... กลุ่ม.....
 ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. รหัส..... กลุ่ม.....
 3. รหัส..... กลุ่ม.....
 4. รหัส..... กลุ่ม.....
 ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1

1.1 การหาความหนาแน่นของ

ชนิดของของเหลว	มวล(m) (กรัม)	ปริมาตร(V) (ลบ.ซม.)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)
ชนิดที่ 1			
ชนิดที่ 2			
ชนิดที่ 3			
ชนิดที่ 4			

1.2 การหาความหนาแน่นสัมพัทธ์โดย Common Hydrometer

ชนิดของของเหลว	AC (cm)	AD (cm)	$\xi = \frac{V - a(AC)}{V - a(AD)}$	หมายเหตุ
ชนิดที่ 1				
ชนิดที่ 2				
ชนิดที่ 3				
ชนิดที่ 4				

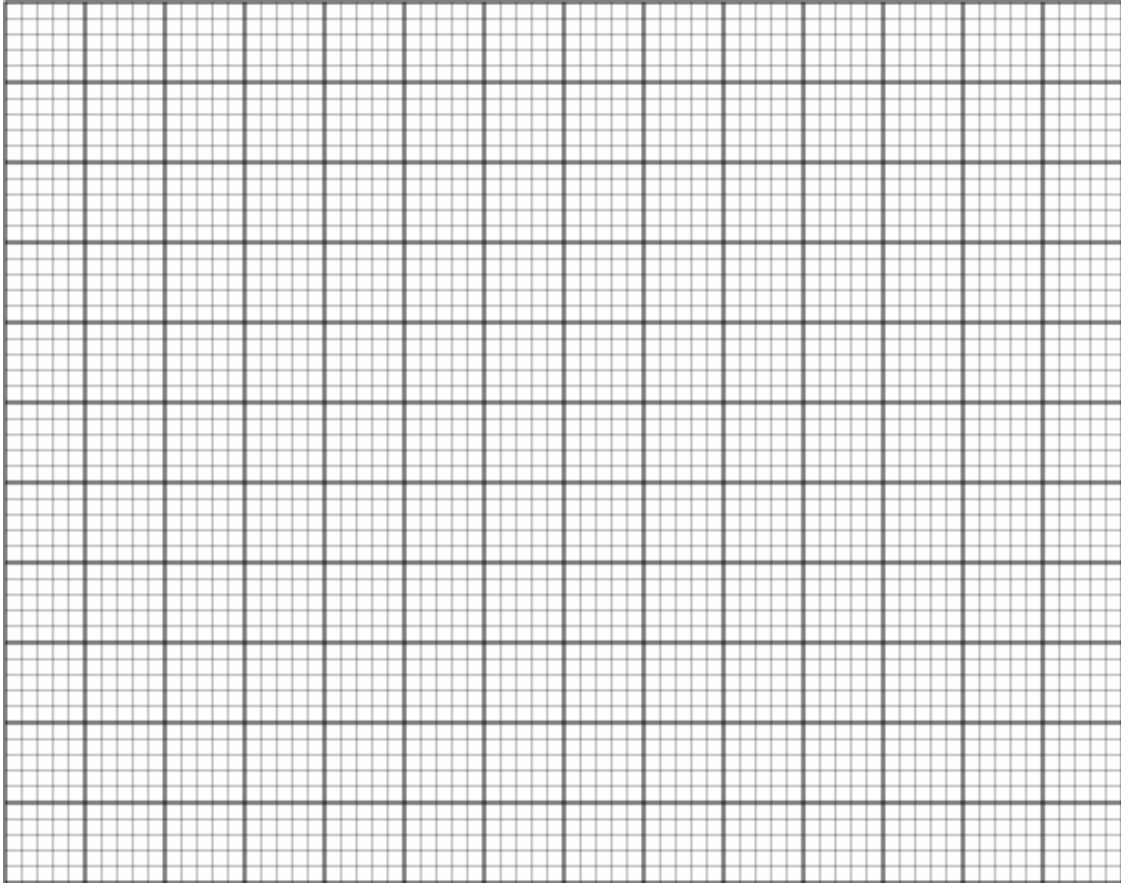
ตัวอย่างการคำนวณ

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

กราฟระหว่าง v_t (เป็นแกน y) กับ r^2 (แกน x)



เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง v_t (เป็นแกน y) กับ r^2 (แกน x) สมการเส้นตรงระหว่าง v_t กับ r^2 คือ

$$v_t = \dots\dots\dots r^2 + \dots\dots\dots$$

$$\eta = \frac{2(\rho - \rho')g}{9 \times slope}$$

$$= \dots\dots\dots \text{Poise}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. เรือดำน้ำที่ลอยตัวอยู่ในน้ำในความลึกจากผิวน้ำระดับหนึ่งได้เพราะอะไร

.....
.....
.....

6. วัตถุที่ลอยในของเหลว

6.1 บางส่วนจมอยู่ใต้ผิวของเหลว

6.2 ทุกส่วนจมอยู่ใต้ผิวของเหลว

จะมีความหนาแน่นเฉลี่ยอย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....

7. เราเรียกแรงต้านเนื่องจากของเหลวต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ในของเหลวว่า

.....
.....
.....
.....
.....

8. ถ้าค่าความหนืด ที่ได้จากการทดลอง ไม่ตรงกับค่าทางทฤษฎี นักศึกษาจะอธิบายผลการทดลองนี้ได้อย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....

9. เมื่อให้ลูกกลมเหล็กเล็ก ๆ เคลื่อนที่ลงในน้ำมันหล่อลื่น ปรากฏว่า ลูกกลมเหล็กเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่ง แล้วต่อมาจึงมีอัตราเร็วคงที่ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากอะไร

.....
.....
.....
.....

10. ถ้าปล่อยให้ลูกกลมโลหะรัศมี $r = 0.5 \text{ cm}$ ความหนาแน่น $\rho = 3.18 \text{ g/cm}^3$ ด้วยอัตราเร็วคงที่ $v = 50 \text{ cm/s}$ จาก

กฎของสโตกส์ (Stoke's Law) คือ

$$v = \frac{2r^2g}{9\eta}(\rho - \rho_0)$$

จงหาความหนืดของของเหลวชนิดนี้

.....

.....

.....

.....

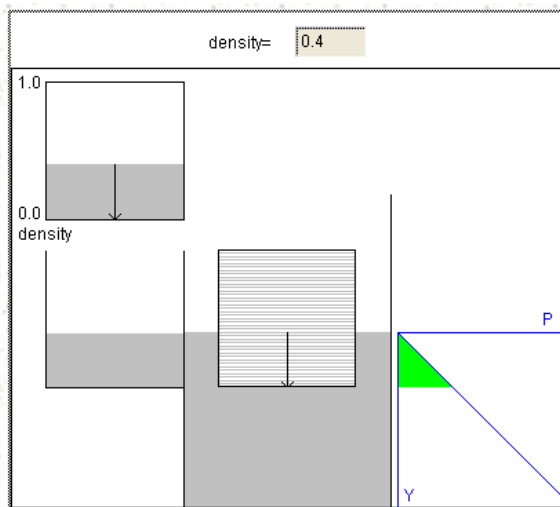
.....

.....

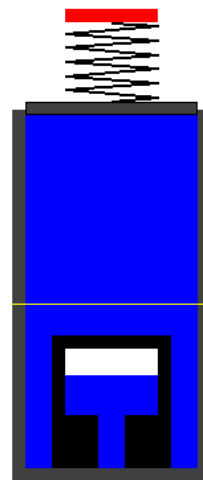
.....

ค้นคว้าเพิ่มเติมที่

<http://203.158.100.140/labphysics1>



ตอบคำถามแรงลอยตัวของน้ำ และสังเกตการเคลื่อนที่ของกล่องในน้ำ [คลิกค่ะ](#)



เล่นเกมกับท่านอาร์คีมีดีส ท่านจะได้เรียนรู้กฎของแก๊สกับกฎของของเหลวไปพร้อมๆ กับเล่นเกมที่แสนสนุก โดยการบังคับวัตถุให้ลอยหรือจมตามตำแหน่งที่ต้องการ มีการจับเวลา สามารถนำไปใช้แข่งขันได้ (ห้ามเล่นการพนันโดยเด็ดขาด) [คลิกค่ะ](#)

.....

.....


.....

.....

.....

.....

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ)ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

