

การทดลองที่ 14

เรื่อง ความหนืด

จุดประสงค์การเรียนรู้

หาค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดได้

เครื่องใช้ในการทดลอง

1. น้ำมันหล่อลื่น
2. กระบอกแก้ว
3. วัตถุทรงกลมที่มีความหนาแน่นและขนาดต่างๆ กัน
4. นาฬิกาจับเวลา
5. ไม้บรรทัด

ทฤษฎี

เนื่องจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น สีทา และอื่นๆ จะได้ผลดี หรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติประการหนึ่งคือ ความหนืดของสารเหล่านี้ด้วย ดังนั้นการวัดค่านี้ของสารให้ถูกต้องจึงต้องมีความสำคัญ ซึ่งวัดค่าที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความหนืด และมีวิธีวัดได้หลายแบบ โดยทั่วไปความหนืดของของเหลวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความกดดันและความเข้มข้นจะทำให้ความหนืดเปลี่ยนแปลงได้ แต่สำหรับก๊าซทั้งหลายกลับจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในที่นี้จะกล่าวถึงความหนืดของของเหลวโดยเฉพาะ ดังนี้

ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่าน ไปในของเหลวจะเกิดแรงต้านทานกระทำต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ จึงมีแรงกระทำต่อวัตถุในกรณีนี้ 3 ประการคือ

1. แรงโน้มถ่วงของโลก
2. แรงพวยพุ่งในของเหลว
3. แรงต้านทานเนื่องจากความหนืดของของเหลว

โดยปรากฏว่าในคอนเริ่มแรกวัตถุจะเคลื่อนที่ในของเหลวด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นทุกขณะ จนในที่สุดอัตราเร็วจะคงที่

สำหรับวัตถุทรงกลมที่มีรัศมี r เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ v ในของเหลวที่มีสัมประสิทธิ์ความหนืด η จะเป็นไปตามกฎของสโตก ดังนี้

แรงต้านทานเนื่องจากความหนืดของของเหลว = $6\pi\eta rv$

ดังนั้น เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีทิศทางลง แต่แรงพวยงขึ้นในของเหลวและแรงต้านทานเนื่องจากความหนืดของของเหลวมีทิศทางขึ้น จึงได้ว่า

$$mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g + 6\pi\eta rv \quad (14.1)$$

- เมื่อ m = มวลของวัตถุ
 g = อัตราเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก
 ρ = ความหนาแน่นของของเหลว

ถ้าวัตถุมีความหนาแน่น = d จะได้

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 d \quad (14.2)$$

โดยการแทนค่าสมการ (14.2) ลงใน (14.1) จะได้

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{r^2 g (d - \rho)}{v} \quad (14.3)$$

ในระบบเมตริก มีหน่วยเป็น โคห์น-วินาที/ซ.ม.² หรือ กรัม/ซ.ม.-วินาที หรือ "ปัวส์" ซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่นายแพทริค ปัวเซย์ (พ.ศ.2342 - 2412) ผู้ที่ได้ค้นคว้าการไหลผ่านหลอดครุเล็กด้วยเหตุที่เขาสงสัยในการไหลของโลหิตภายในร่างกาย หน่วยของ จึงหมายถึง แรงที่กระทำเพื่อให้แผ่นระนาบสองแผ่นซึ่งขนานกัน โดยที่ต่างก็มีพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรให้เคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง 1 ซ.ม. ด้วยอัตราเร็ว 1 ซ.ม./วินาที โดยที่แผ่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 1 ซ.ม. เราจะมีของเหลวบรรจุอยู่ระหว่างแผ่นทั้งสอง

ปรากฏว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดสำหรับน้ำอ้อย น้ำ และอากาศ จะเป็นดังนี้ 2,000, 0.01 และ 0.00018 ปัวส์ ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืด สำหรับของไหลบางชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 14.1

ตารางที่ 14.1 สัมประสิทธิ์ความหนืดของของไหลบางชนิดที่อุณหภูมิต่างๆ

ของไหล	อุณหภูมิ °C	ส.ป.ศ. ความหนืด, η (ปาว์)
อากาศ	0	0.017×10^{-2}
	60	0.020×10^{-2}
	100	0.022×10^{-2}
น้ำ	0	1.8×10^{-2}
	20	1.0×10^{-2}
	100	0.3×10^{-2}
เม็คเลือด	37	$\approx 4 \times 10^{-2}$
พลาสมาของเลือด	37	$\approx 1.5 \times 10^{-2}$
เอทิลแอลกอฮอล์	20	1.2×10^{-2}
น้ำมันเครื่อง (เอสอีเอส 10)	30	200×10^{-2}
กลีเซอริน	20	1500×10^{-2}

วิธีทดลอง

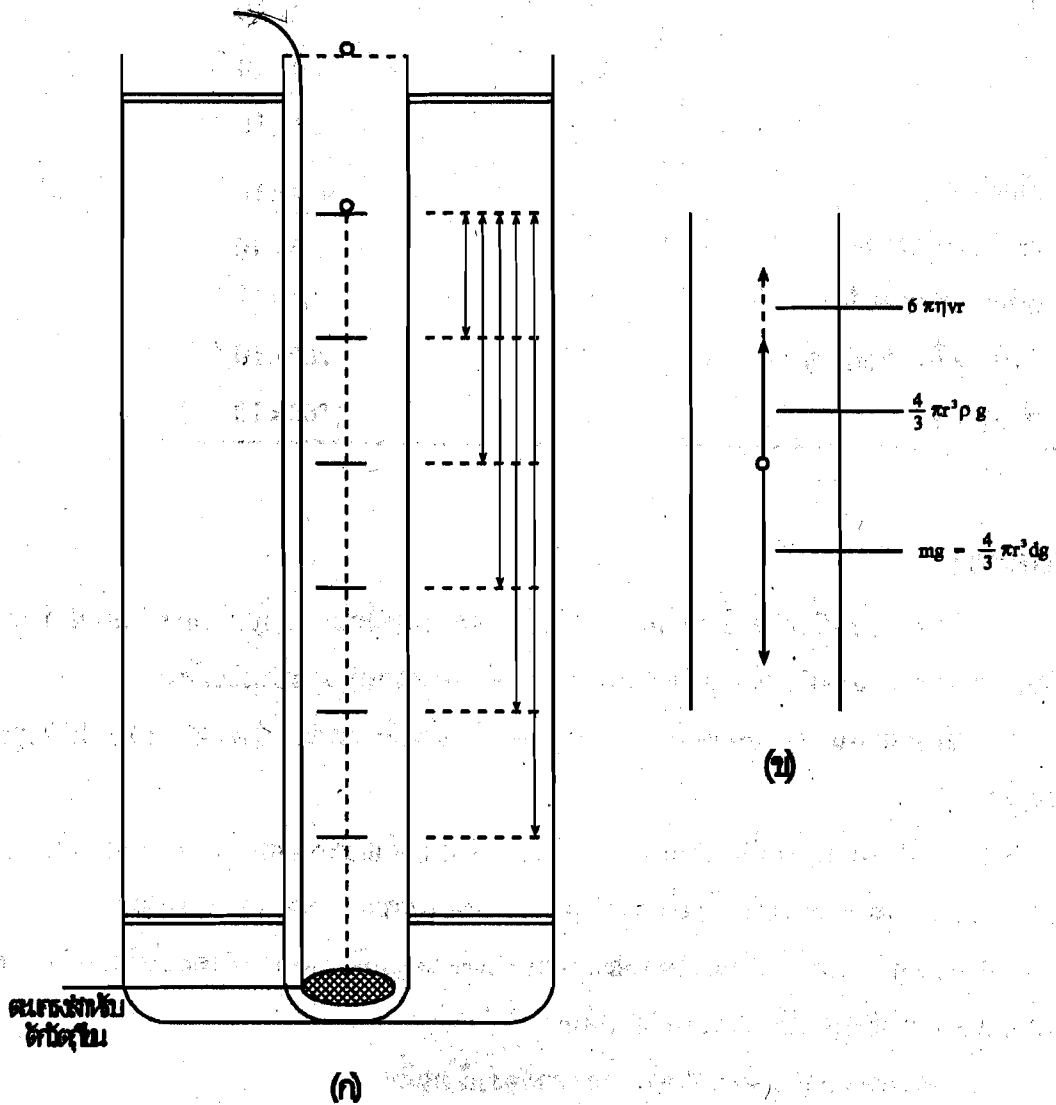
- นำของเหลวที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดมาบรรจุลงในกระบอกแก้วจนเต็มและดำเป็นของเหลวที่ไม่ทราบค่าความหนาแน่นต้องหาคความหนาแน่นเสียก่อน
- จัดระยะบนกระบอกแก้วให้ห่างกันพอควร โดยให้มีระยะระหว่าง 35 – 50 ซม. ดังรูปที่ 14.1
- นำวัตถุทรงกลมที่มีความหนาแน่นต่างๆ ที่ทราบค่าและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแล้วมาหย่อนลงไปในของเหลวข้างต้น โดยเริ่มจากผิวหน้าของของเหลวลงไปตรงกลางกระบอก
- จับเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุขณะที่ผ่านช่วงซึ่งวัตถุมีอัตราเร็วคงที่ โดยจะสังเกตได้จากการที่วัตถุเคลื่อนที่ต่ำจากผิวของเหลวเล็กน้อย
- ทำการทดลองจับเวลา 3 ครั้ง และหาอัตราเร็วเฉลี่ย
- คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดของของเหลวโดยการรอนค่าต่างๆ ลงในสมการ (14.3) สำหรับการทดลองใช้วัตถุต่างๆ 3 ชนิดด้วยกัน

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง (รัศมี)² กับอัตราเร็วของวัตถุทรงกลมชนิดเดียวกัน ที่มีขนาดต่างๆ ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ในของเหลวเดียวกัน

8. หาค่าสัมประสิทธิ์ของความหนืดของของเหลวจากกราฟในข้อ 7. ดังนี้

จากสมการ (14.3) $\eta = \text{ความชัน} \times \text{ค่าคงที่}$

เมื่อ $\text{ค่าคงที่} = \frac{2}{9}g(d-p)$



รูปที่ 14.1

สรุปประเด็นสำคัญ

โดยธรรมชาติสำหรับของเหลวและก๊าซซึ่งต่างมีความหนืด ทำให้เกิดแรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุในของเหลวและก๊าซ การวัดความหนืดจะพิจารณาจากสัมประสิทธิ์ความหนืดซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยตามความหนืดของสารที่มีมากหรือน้อยด้วย

กิจกรรมการเรียนรู้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองตามวิธีทำทุกขั้นตอนอย่างรอบคอบ
2. บันทึกผลการทดลองในตารางและกราฟให้ถูกต้องและชัดเจน พร้อมทั้งแสดงวิธีคำนวณและหาค่าความหนาแน่นสำหรับวัตถุและของเหลวที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด
3. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองโดยหาค่าความคลื่อนคลาดจากค่ามาตรฐาน คิดเป็นร้อยละ และชี้แจงสาเหตุของความคลาดเคลื่อน

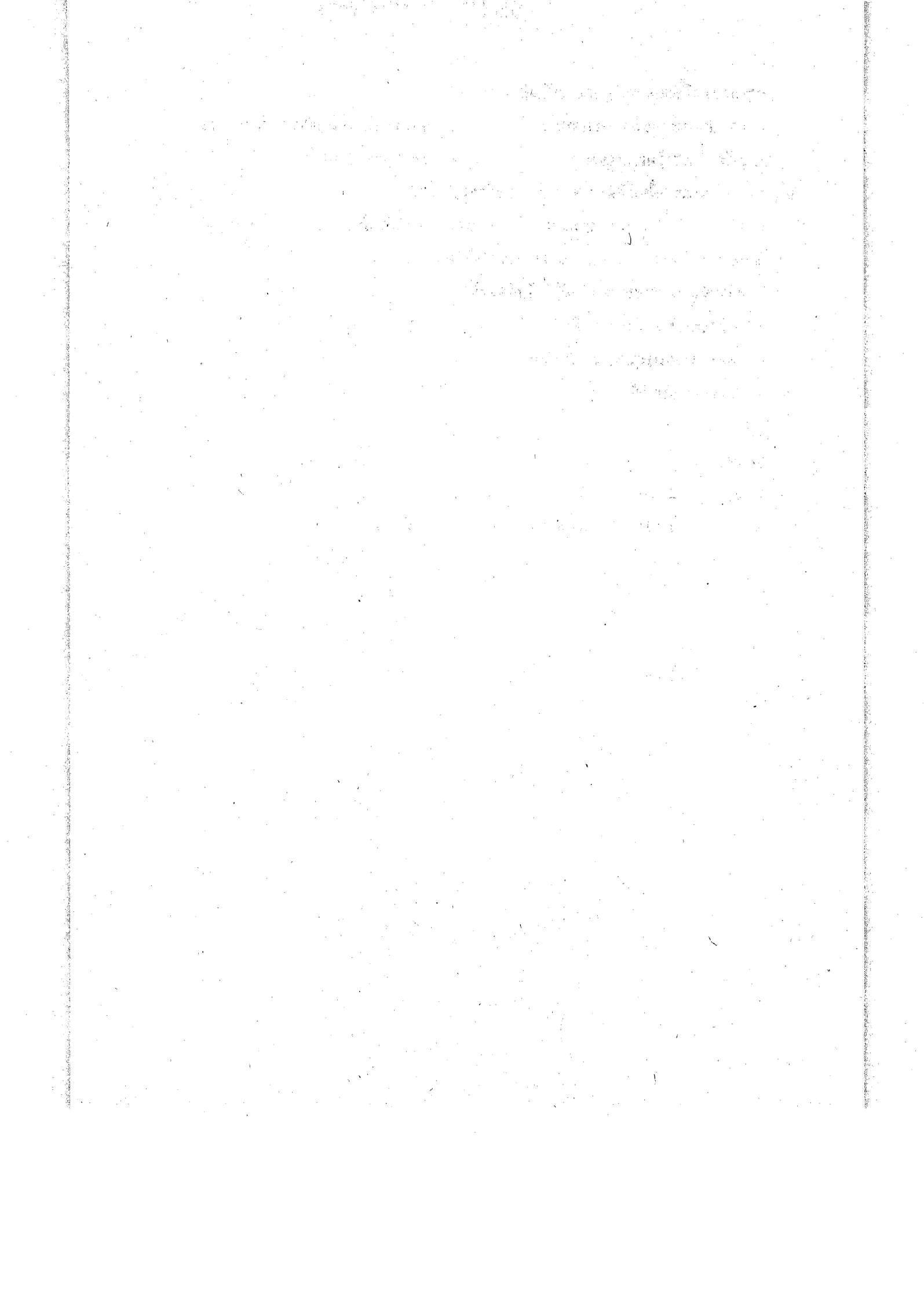
แบบทดสอบการทดลองที่ 14

- การวัดค่าความหนืดของสารที่ใช้สำหรับหล่อลื่นและทาสีที่ถูกต้องจะวัดจากค่าใด
 1. แรงต้านทาน
 2. ส.ป.ส.ของความหนืด
 3. แรงพุง
 4. ความเข้มข้น
- ความหนืดของสารแต่ละชนิดเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากปัจจัยใด
 1. ความดัน
 2. อุณหภูมิ
 3. ความเข้มข้น
 4. ถูกทุกข้อ
- กฎของสโตกเกี่ยวข้องกับความหนืดของสารอย่างไร
 1. แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุในสารที่มีความหนืด
 2. แรงพุงวัตถุขึ้นในของเหลว
 3. แรงโน้มถ่วงของโลกต่อวัตถุในสารที่มีความหนืด
 4. ถูกทุกข้อ
- หน่วยของ ส.ป.ส. ของความหนืด "ปัวส์" คืออะไร
 1. ไคน์-วินาที ซม.⁻²
 2. กรัม(ซ.ม.-วินาที)⁻¹
 3. กรัม ซม. วินาที⁻²
 4. ข้อ 1 และ 2 ถูกต้อง
- ในการหา ส.ป.ส. ของความหนืดตามหน่วยดังกล่าวในข้อ 4 หมายถึงกรณีใด
 1. แรงที่ทำให้ของเหลว 1 ซม.² เคลื่อนที่ 1 ซม. ใน 1 วินาที
 2. แรงที่ทำให้พื้นผิว 1 ซม.² ซึ่งมีสารหนืดยาว 1 ซม. เคลื่อนที่ 1 ซม. ใน 1 วินาที
 3. แรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ 1 ซม. ใน 1 วินาที ภายในสารซึ่งมีความหนืด
 4. แรงที่ทำให้วัตถุยาว 1 ซม. เคลื่อนที่ในสารหนืดได้ 1 ซม. ใน 1 วินาที
- กรรมวิธีหา ส.ป.ส. ของความหนืดในการทดลองนี้เป็นแบบใด
 1. วัดแรงที่ทำให้สารหนืดเคลื่อนที่ 1 ซม. ใน 1 วินาที
 2. หาอัตราเร็วของวัตถุเคลื่อนที่ในสารหนืด
 3. วัดแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในสารหนืด
 4. หาระยะทางที่สารหนืดเคลื่อนที่ใน 1 วินาที
- ตามกรรมวิธีดังกล่าวในข้อ 6. จะหา ส.ป.ส. ของความหนืดได้จากความสัมพันธ์ใด
 1. $2/9g(d-p)$
 2. $6\pi\eta rv$
 3. $2r^2g(d-p)/9v$
 4. $4/3\pi r^3d$

8. การทดลองนี้อาศัยอุปกรณ์อะไรเป็นสำคัญ
1. กระบอกบรรจุชนิดใดชนิดหนึ่ง
 2. วัตถุทรงกลมชนิดต่างๆ หลายๆ ขนาด
 3. เครื่องชั่งสปริงแบบแขวน
 4. ข้อ 1 และ 2 ถูกต้อง
9. การสังเกตการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่จะกระทำเมื่อใด
1. ครึ่งทาง
 2. ปลายทาง
 3. ผ่านครึ่งทางไปเล็กน้อย
 4. เมื่อใดก็ได้
10. โดยอาศัยกราฟจะหา ต.ป.ศ. ของความหนืดได้อย่างไร
1. ความชันกราฟระหว่าง (รัศมี)² กับอัตราเร็ว
 2. จุดตัดบนแกนตั้งระหว่างพื้นที่กับอัตราเร็ว
 3. จุดตัดบนแกนราบระหว่างอัตราเร็วกับแรง
 4. ไม่สามารถหาได้

แนวตอบ

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. 2 | 2. 4 | 3. 1 | 4. 4 | 5. 2 |
| 6. 2 | 7. 3 | 8. 4 | 9. 3 | 10. 1 |



บันทึกผลการทดลอง

เรื่อง ความหนืด

ผู้รายงาน ชื่อ..... เลขรหัส.....

ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ชื่อ..... เลขรหัส.....

3. ชื่อ..... เลขรหัส.....

4. ชื่อ..... เลขรหัส.....

ทำการทดลองวันที่ เดือน พ.ศ. Section กลุ่ม.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ _____

ตอนที่ 1 หาคความหนาแน่นของของเหลวโดยใช้ขวด ถ.พ.

ชนิด ของ เหลว	ปริมาตร ของเหลว (70-100 ซม. ³)	น้ำหนัก ขวดเปล่า (กรัม)	น้ำหนัก ขวด+ของเหลว (กรัม)	น้ำหนัก ของเหลว	ความหนาแน่น ของเหลว (กรัม/ซ.ม. ³)

ตอนที่ 1 หาคความหนาแน่นของวัตถุ

ชนิด ของวัตถุ	รัศมี (ซ.ม.)	ปริมาตร (ซ.ม. ³)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ หนาแน่น (กรัม/ซ.ม. ³)	ความหนาแน่น เฉลี่ย (กรัม/ซ.ม. ³)

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 หาความหนืดของเหลวโดยสูตร

ชนิด ของวัตถุ	ระยะทาง (ซ.ม.)	เวลา (วินาที)				อัตราเร็ว (ซ.ม./วินาที)	ความหนืด (ปัวส์)
		1	2	3	เฉลี่ย		

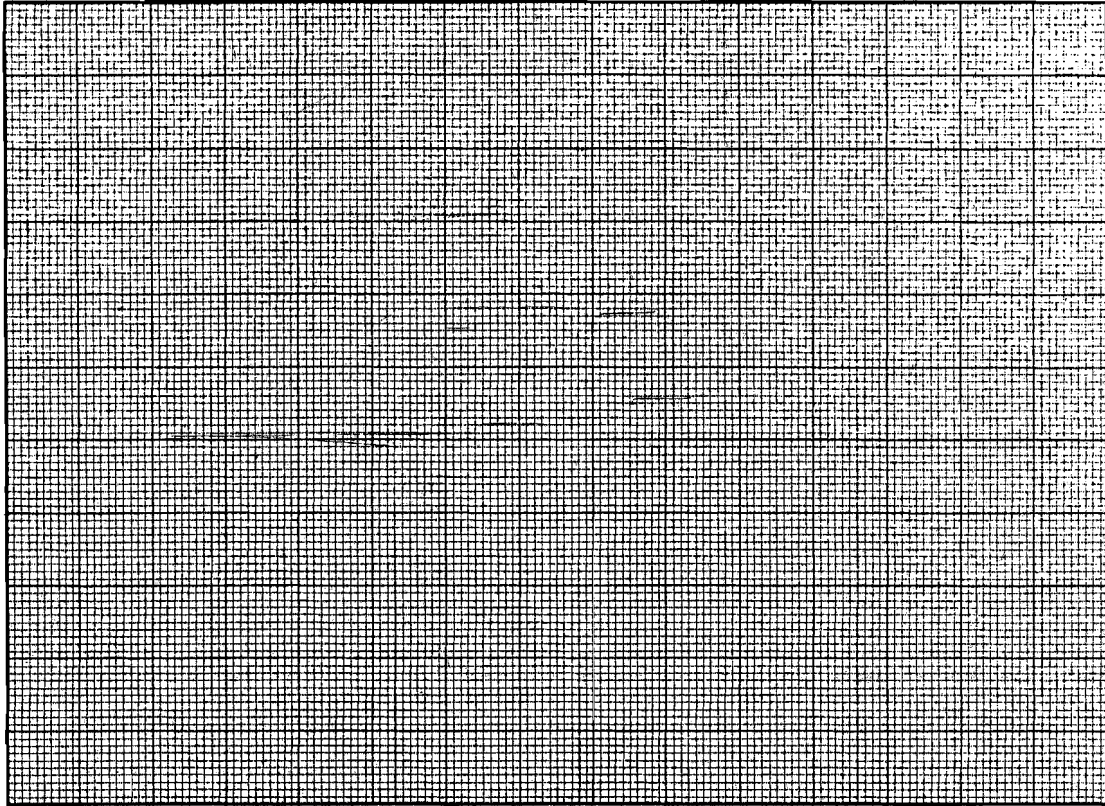
.....
อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

ตอนที่ 4 หาความหนึ่คของเหลว โดยกราฟ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง (รัศมี)² กับอัตราเร็ว
(สำหรับวัตถุทรงกลมชนิดเดียวกันที่มีขนาดต่างๆ)



ความชันของกราฟ =

ความหนาแน่นของวัตถุ =

ความหนาแน่นของของเหลว =

ค่าคงที่ $= \frac{2}{9} g(d - \rho)$ =

ความหนึ่คของเหลว = ความชัน \times ค่าคงที่

=

