

การพัฒนาชุดต้นแบบราคา ประหยัดเรื่องการวัดค่าความหนืด ของของเหลว

Development of a cost-effective prototype for measuring the viscosity of liquids

1st Nattapong Thuedam 2nd Thitima Thanyaniti
Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University
Phuket Thailand
Email address: thittima@pku.ac.th

Abstract.

The goal of this study is to gain a deeper understanding of the viscosity of liquids. Typically, viscosity experiments provide only a single value of viscosity at a fixed room temperature. However, in this study, we seek to investigate the relationship between viscosity and temperature. To accomplish this, we developed an experimental apparatus that collects and displays data on viscosity and temperature by using microcontroller. A microcontroller (Arduino Uno) serves as the processor for releasing the steel ball. Two methods can be used to release the ball. The first method involves an Arduino Relay Module switch and an electromagnet, which releases the object. The second method uses the DS18B20 Full Waterproof Temperature Sensor to monitor the temperature of the liquid as a signal to release steel balls. Additionally, a Photo Diode serves as a sensor for detecting the two sets of steel balls, and the time difference is calculated as the steel ball passes through the Photo Sensor to determine the object's speed. The velocity is then measured by an infrared sensor and displayed on an LCD screen. The experimental set allowed for the measurement of glycerin viscosity at a room temperature of $(27.8^{\circ}\text{C} \pm 0.1)$, yielding a viscosity value of 0.786 Pa s . Hence, there exists an inversely proportional correlation between the temperature and viscosity of glycerol. In conclusion, the low-cost viscosity laboratory is cost-effective as the components are readily available and inexpensive.

Keywords: viscosity, microcontroller, low-cost laboratory

1. บทนำ

ในการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการเรื่องความหนืดในสถานศึกษาโดยทั่วไป จะวัดค่าความหนืดโดยการปล่อยลูกเหล็กที่มีขนาดแตกต่างกันให้ตกผ่านของเหลวที่บรรจุในท่อกระบอกไซความสูงประมาณ 50 cm ใช้นาฬิกาจับเวลาที่ลูกเหล็กเคลื่อนที่ผ่านจุดสองจุด นำค่าระยะห่างระหว่างจุดทั้งสองกับเวลานาคำนวณหาความเร็วของลูกเหล็ก แล้วนำเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกเหล็ก² (d^2) กับความเร็ว (v) ดังความสัมพันธ์ในสมการที่ (1) หาค่าความชันของกราฟแล้วคำนวณค่าความหนืด (η) โดยใช้ความสัมพันธ์จากสมการที่ (2) [1]

$$v = \frac{g}{18\eta} (\rho_0 - \rho_f) d^2 \quad (1)$$

$$\eta = \frac{g}{18 (\text{slope})} (\rho_0 - \rho_f) \quad (2)$$

การทดลองดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเป็นการใช้นาฬิกาจับเวลา [2] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดทดลองที่สามารถเพิ่มความแม่นยำในการจับเวลา และเพิ่มความสามารถของอุปกรณ์ในการวัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของของเหลว เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับอุณหภูมิของของเหลวด้วย เนื่องจากค่าความหนืดของของเหลวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของของเหลวสูงขึ้น [3] จึงได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno [4] เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ Temperature Sensor และ Photo Sensor มาประยุกต์ใช้ [5] และซื้อฮาร์ดแวร์ของชุดทดลองนี้คือมีราคาถูก อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในสถานศึกษาต่าง ๆ จึงสามารถผลิตขึ้นด้วยตนเองได้

2. วิธีการ

ชุดต้นแบบเรื่องการวัดค่าความหนืดของของเหลวที่อุณหภูมิต่างๆ มีอุปกรณ์สำคัญได้แก่ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ในการปล่อยลูกเหล็ก โดยลูกเหล็กถูกยึดด้วย electromagnet และใช้ DS18B20 Full Waterproof Temperature Sensor เป็นตัววัดอุณหภูมิ ซึ่งจะใส่ลงในของเหลวจากส่วนบนของท่อคริลิกที่มีความสูง 50 cm เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4.1 cm ส่วนที่ 2 Sensor สำหรับวัดความเร็วของลูกเหล็กเมื่อเคลื่อนที่ผ่าน 2 จุด มีจำนวน 2 ตัว จะติดกับท่อ PVC ที่ผ่าครึ่ง ส่วนบน เป็น Sensor ตัวที่ 1 และตัวล่างเป็น Sensor ตัวที่ 2 โดยระยะห่างระหว่าง Sensor ทั้งสองเท่ากับ 10 cm ส่วนที่ 3 หน่วยประมวลผลและแสดงผลจะบรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกขนาด 12 cm x 20 cm x 7 cm ประกอบด้วย Arduino Uno Board, วงจรขยายสัญญาณ, วงจรลดสัญญาณรบกวน, จอ LCD และ ปุ่ม switch ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดต้นแบบราคาประหยัดเครื่องวัดค่าความหนืดของเหลวที่อุณหภูมิต่างๆ

ขั้นตอนการทดลอง เริ่มต้นบรรจุของเหลวในท่ออคริลิกใสให้อยู่ต่ำกว่าขอบบนของท่อประมาณ 2 cm แล้วนำมารวบบกล้อพลาสติก (ส่วนที่ 3) ในจุดที่กำหนดไว้ ใส่ Temperature Sensor ลงในช่องเหลวทางด้านบนของท่อ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะแสดงบนหน้าจอ LCD เป็น T ถ้าต้องวัดค่าความหนืดของของเหลวที่อุณหภูมิห้อง คือ Model 1 ให้นำลูกเหล็กขนาดต่าง ๆ ไปยึดกับ electromagnet แล้วกด switch เพื่อปล่อยลูกเหล็กให้ตกลงในช่องเหลว ถ้าต้องการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับอุณหภูมิของของเหลว คือ Model 2 เริ่มต้นให้ความร้อนกับของเหลวให้มีอุณหภูมิประมาณ 50 °C จากนั้นเทของเหลวลงในท่ออคริลิกใส Temperature Sensor แล้วนำลูกเหล็กขนาดใดก็ได้ไปยึดกับ electromagnet เมื่ออุณหภูมิของของเหลวลดลงถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ microcontroller จะส่งคำสั่งให้ relay ทำงาน ลูกเหล็กจะถูกปล่อยให้ตกแบบอัตโนมัติ ซึ่งทั้ง 2 Model ระบบจะจับเวลาที่ลูกเหล็กเคลื่อนที่ผ่าน Sensor ทั้งสอง แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเร็วของลูกเหล็กจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางของ Sensor ทั้งสองกับเวลาที่ลูกเหล็กเคลื่อนที่ผ่าน sensor ทั้งสอง ซึ่งเป็นจุดที่ลูกเหล็กเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แล้วแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD เป็น V ดังแสดงการทำงานด้วย block diagram ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 งาน Block Diagram of Low-Cost Viscosity Laboratory

3. Results and Discussion

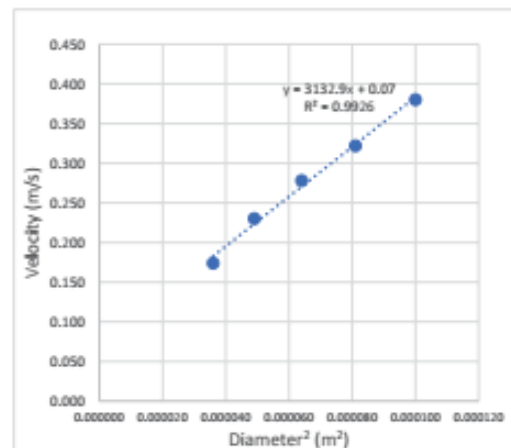
ตัวอย่างผลการใช้ชุดทดลองหาค่าความหนืดของกิลีเซอรอล (Model 1) ที่อุณหภูมิห้อง ($27.8^{\circ}\text{C} \pm 0.1$) โดยปล่อยลูกเหล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 5 ขนาด และแต่ละขนาดทำการทดลอง 3 ครั้ง นำผลค่าความเร็วทั้ง 3 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ย ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลค่าความเร็วของลูกเหล็กขนาดต่างๆ

Diameter (mm)	Velocity (m/s)			
	1	2	3	4
6.0	0.174	0.174	0.175	0.174
7.0	0.231	0.229	0.231	0.230
8.0	0.276	0.277	0.281	0.278
9.0	0.324	0.322	0.321	0.322
10.0	0.387	0.373	0.379	0.380

เมื่อนำข้อมูลของ Diameter² (d²) และ Velocity (v) จากตารางที่ 1 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นดังรูปที่ 3 แล้วนำค่าความชันของกราฟมาคำนวณหาค่าความหนืดจากสมการที่ (2) ได้ค่าความหนืดเท่ากับ

0.786 Pa•s



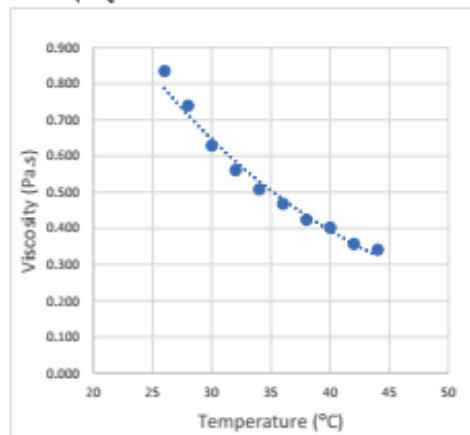
รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Diameter และ Velocity ของลูกเหล็ก

ตัวอย่างผลการใช้ชุดทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับอุณหภูมิของกิลีเซอรอล (Model 2) โดยใช้ลูกเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.0 mm เริ่มต้นปล่อยลูกเหล็กที่อุณหภูมิ 44 °C หลังจากนั้นปล่อยที่อุณหภูมิลดลงครั้งละ 2 °C ทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำค่าความเร็วมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นคำนวณหาค่าความหนืดโดยใช้สมการ (1) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลค่าความเร็วของลูกเหล็กและค่าความหนืดของกิลีเซอรอลที่อุณหภูมิต่างๆ

Temp. (°C)	Velocity (mm/s)				Viscosity (Pasc)
	1	2	3	Avg	
26	0.154	0.155	0.156	0.155	0.835
28	0.174	0.176	0.176	0.175	0.739
30	0.204	0.206	0.208	0.206	0.629
32	0.231	0.230	0.232	0.231	0.561
34	0.252	0.256	0.257	0.255	0.508
36	0.275	0.278	0.277	0.277	0.468
38	0.306	0.307	0.304	0.306	0.424
40	0.311	0.330	0.326	0.322	0.402
42	0.364	0.363	0.360	0.362	0.357
44	0.386	0.371	0.381	0.379	0.341

นำข้อมูลของอุณหภูมิและความหนืดจากตารางที่ 2 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิของกิลีเซอรอลเพิ่มขึ้นค่าความหนืดของกิลีเซอรอลจะลดลง



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Temperature และ Viscosity ของกิลีเซอรอล

4. Conclusion

จุดประสงค์ของการวัดค่าความหนืดของเหลวราคาประหยัด ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ศึกษาคุณสมบัติของของเหลว เช่นกิลีเซอรอล น้ำมันเครื่อง น้ำผึ้ง เป็นต้น ได้ถึง 2 เรื่องในชุดเดียวกันคือ 1) การหาค่าความหนืดของของเหลวชนิดต่าง ๆ และ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับอุณหภูมิของของเหลว ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเรื่องความหนืดของของเหลวมากขึ้น อีกทั้งชุดทดลองนี้ยังมีราคาถูกและสามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ง่าย จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับนำไปผลิตใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาในทุกระดับชั้น

References

- [1] Houari A 2011 Determining the viscosity of liquids using an extended falling ball method *Phy. Edu.* 46 688
- [2] Kurniati R 2018 Development of digital viscometer based on sensor technology and microcontroller *J. Phys.: Conf. Ser.* 1040 012047
- [3] Seeton J 2006 Viscosity-temperature correlation for liquids *Int. joint Tribol. Conf.* 42592 131 42
- [4] Kurniadi W H, Indahwati E, and Arifah F L 2018 Measurement of non-invasive blood glucose level based sensor color tcs3200 and arduino *IDP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 336 012019
- [5] Indrasari W, Budi A S and Fadilla D P 2021 Development of a set of props for collision based on Arduino Uno Microcontroller *J. Phys.: Conf. Ser.* 1816. 012107