

# บทนำ

วิชาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำเป็นและมีความสำคัญเท่ากับวิชาภาคทฤษฎี นักศึกษาจะได้รับการฝึกฝนในเชิงอื่นนอกเหนือจากวิชาการอีกมาก เช่น การพัฒนาอุปนิสัย การมีระเบียบวินัย รับผิดชอบ และมีความคิดริเริ่ม ซึ่งสามารถนำหลักการไปใช้ได้กับทุกวิชาตลอดจนในชีวิตประจำวัน หลักปฏิบัติทั่วไปได้แก่

1. ตรงต่อเวลา
2. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองล่วงหน้า
3. ศึกษาและฝึกใช้อุปกรณ์ในการทดลองให้ชำนาญ
4. บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
5. นำข้อมูลดังกล่าวไปหาค่าที่ต้องการ ตลอดจนพล็อตกราฟ
6. เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับค่ามาตรฐานโดยนำเสนอความแตกต่างเป็นเปอร์เซ็นต์
7. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองโดยเสนอเหตุผลที่ทำให้เกิดความต่างในข้อ 6. รายละเอียดในการปฏิบัติการทดลองซึ่งรวมถึงแนวความคิดที่นักศึกษาควรคำนึงถึงนั้นสามารถแจกแจงได้เป็นหัวข้อใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

## การวัดค่าต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ

โดยทั่วไป ปริมาณต่างๆ ที่ต้องทำการวัดค่าในห้องปฏิบัติการนั้นแยกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ปริมาณที่ไม่แปรค่า เช่น ระยะทางในแนวราบ ( $x$ ) หรือในแนวตั้ง ( $y$ ) ที่วัตถุเคลื่อนที่ไป ได้แก่การทดลองเรื่องการชั่งและการวัดอย่างละเอียด โมเมนต์ัม และโปรเจคไทล์ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เป็นต้น
2. ปริมาณที่แปรค่าได้ง่าย เช่น อุณหภูมิของน้ำ ได้แก่การทดลองเรื่องความร้อนแฝงของน้ำแข็ง เป็นต้น

ในทางปฏิบัติ ปริมาณหรือค่าต่างๆ ทั้งสองประเภทล้วนต้องมีการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นทศนิยมตำแหน่งที่ 2 หรือ 3 ฯลฯ หรืออาจเป็นค่าระยะทั้งแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งบางกรณีเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย เช่น การหาค่า  $y$  สูงสุดที่วัตถุมีการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์ หรือหาตำแหน่ง  $l_1$  ในการทดลองเรื่องเรโซแนนซ์ซึ่งเป็นตำแหน่งที่คลื่นเสียงเกิดเรโซแนนซ์ เป็นต้น วิธีแก้ปัญหาเบื้องต้นคือทำการวัดค่าดังกล่าวหลายๆ ครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยซึ่งถือได้ว่ามีความถูกต้องพอสมควร

วัตถุประสงค์ในการวัดค่าต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วข้างต้นคือเพื่อใช้ศึกษาหรือพิสูจน์ความสัมพันธ์ของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นองค์ประกอบ เช่น หลักของอาร์คิมิดีส กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน ( $F = ma$ ) กฎของบอยล์ ( $PV = k$ ) กฎของฮุคส์ ( $F = -kx$ ) เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองได้ถูกกำหนดแล้วในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม นักศึกษาอาจนำเสนอรูปแบบของอุปกรณ์ที่ใช้ทดแทนได้ในรายงานการทดลอง

### กราฟจากผลการทดลอง

สืบเนื่องจากสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวแล้ว นักศึกษาสามารถทราบลักษณะการแปรค่าของปริมาณต่าง ๆ ได้ว่าจะจะเป็นกราฟชนิดใด เช่น เส้นตรง ( $y = mx + c$ ) ไฮเปอร์โบลา ( $xy = k$ ) เป็นต้น ปัญหาคือผลจากการทดลองเป็นค่าที่ต่างไปจากทฤษฎี เช่น กราฟเส้นตรงที่มีตำแหน่งหรือโคออร์ดิเนตไม่อยู่บนเส้นตรงทุกจุด บางกรณีข้อมูลดิบที่ได้มานั้นมีค่ากระจายมากจนยากในการลากแนวเส้นตรงตามต้องการ วิธีปฏิบัติทั่วไปคือใช้ไม้บรรทัดกำหนดให้แนวลากเส้นตรงนั้นผ่านกลุ่มจุดบนกราฟให้มากที่สุดที่จะทำได้ ผลคือกราฟเส้นตรงดังกล่าวจะต่างกันออกไปในกลุ่มปฏิบัติการเดียวกัน ผลต่อเนื้อคือการทำให้นำเสนอผลการทดลองไม่ได้จับที่กราฟ เช่น การทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิค เป็นต้น มีการนำค่าอ่านจากกราฟไปคำนวณหาน้ำหนักของสปริง ดังนั้น ความไม่เที่ยงตรงจากผลการทดลองย่อมแปรค่า (ทั้งด้านบวกและลบ) มากขึ้นตามลำดับ หรือถ้าต้องการใช้ความชันของกราฟเส้นตรงเพื่อหาค่าใดๆ ก็ตาม วิธีแก้ปัญหานี้เบื้องต้นคือหาค่า  $\tan \theta = \Delta y / \Delta x$  ให้คลุมทุกจุดบนเส้นกราฟ

การจะลากเส้นตรงกรณีที่มีโคออร์ดิเนตกระจายค่ามากดังกล่าวแล้วนั้นอาจปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักสถิติโดยใช้วิธี least square fit (สูตรและรายละเอียดศึกษาได้จากหนังสือสถิติ)

### หลักในการสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

โดยทั่วไป การทดลองเพื่อบันทึกข้อมูลดิบจะปฏิบัติอย่างน้อย 2 ครั้งเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำและเป็นไปตามหลักสถิติ เช่น การทดลองเรื่องความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ผลจากการทดลองสองครั้งย่อมแตกต่างกัน ควรหาค่าเฉลี่ยของผลดังกล่าว จากนั้นจึงเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ซึ่งนำเสนอผลความต่างในรูปของ % error ในบทสรุปและวิจารณ์ควรอธิบายสาเหตุของการแปรค่าตามหลักการที่ได้เสนอแนะไปแล้ว บทบาทของ % error หรืออาจเรียกเป็นความผิดพลาดในการทดลองวัดค่าต่างๆ นั่นคือใช้เป็น การบ่งชี้สมรรถนะ (performance) ของอุปกรณ์ หรืออาจเรียกเป็นความแม่นยำ (accuracy) ของอุปกรณ์ก็ได้เช่นกัน

ปริมาณฟิสิกส์ต่างๆ ที่หาค่าในห้องปฏิบัติการนั้นสมควรอย่างยิ่งที่จะต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน บางกรณีเช่นสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน ( $\mu$ ) เป็นผิวสัมผัสคู่เดียวกันเสมอ แต่

วิธีการหาค่าแตกต่างกันไป ดังนั้น เหมาะสมที่สุดคือใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้งสามตอนเป็นค่ามาตรฐาน จากนั้นอธิบายสาเหตุที่ทำให้ค่าต่างไปตามกรณี

การทดลองเรื่องการชั่งอย่างละเอียดนั้นสมควรพิจารณาถึงความไวของเครื่องชั่งเป็นหลัก วัตถุทั้งสามชนิดที่ทดลองชั่งนั้นมีน้ำหนักต่างกันมาก/น้อยเพียงใด ประการสำคัญคือความละเอียด (จุดทศนิยม) ของเครื่องชั่งชนิดสองแขนและเครื่องชั่งไฟฟ้ามีค่าไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม ให้ยึดค่าจากเครื่องชั่งไฟฟ้าเป็นมาตรฐาน องค์ประกอบที่มีส่วนในการวัดค่าโดยใช้เครื่องชั่งสองแขนคือ โมเมนต์เฉื่อยของระบบ สภาวะเสถียรของแขนเครื่องชั่ง คมมีดที่รองรับแต่ละจุดเพื่อให้เกิดการแกว่งนั้นมีความถี่มาก/น้อยเพียงใด อุณหภูมิขณะปฏิบัติการทดลอง ฯลฯ

ในการทดลองเรื่องการวัดอย่างละเอียดนั้นอาจง่ายกว่าการทดลองอื่นๆ แต่รายละเอียดที่ต้องพิจารณาถึงข้อผิดพลาดในทางปฏิบัติที่เกิดขึ้นได้มีมากพอสมควร เช่น การปรับค่าอุปกรณ์ให้เริ่มต้นที่ตำแหน่งศูนย์ไมโครมิเตอร์สมควรได้รับการระวังรอบคอบมากที่สุด เพราะนอกจากสาเหตุประการแรกแล้วยังมีสาเหตุจากการบิดเครื่องมือซึ่งใช้วัดความกว้างหรือค่าอื่นๆ ของวัตถุ ผู้ปฏิบัติการทดลองแต่ละคนจะมีนิยามของ **ความเหมาะสม** สำหรับการบิดเพื่อให้อุปกรณ์อยู่แนววัตถุนั้นแตกต่างกันไป ผลคือแรงบิดที่เกิดบนแกนไมโครมิเตอร์มีค่าต่างกันออกไป นอกจากนี้ควรคำนึงถึงฝุ่นละออง ค่าที่อ่านโดยผู้อ่านมีสายตาดังจากกับผิวหน้าของไมโครมิเตอร์หรือไม่ และท้ายสุดคืออุณหภูมิตลอดช่วงการทดลองนั้นแปรค่าหรือไม่/อย่างไร เพราะโลหะต่างชนิดกันย่อมมีการขยาย/หดตัวแตกต่างกัน

การทดลองบางเรื่องอาจได้ผลต่างจากทฤษฎีบ้าง เช่น การทดลองเรื่องเครื่องกลแอตวูดและเรโซแนนซ์ เป็นต้น ซึ่งหลักการพิจารณาต่างๆ คือระบบของอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองหาค่านั้นย่อมมีความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์อย่างสมนัยกัน เช่น ถ้าระบบหยุดนิ่งหรือทำให้ค่าบนแกนนอน/แกนตั้งเป็นศูนย์ ย่อมทำให้อีกค่าหนึ่งเป็นศูนย์ตามกันหรือไม่ ถ้าทางทฤษฎีควรเป็นศูนย์เช่นเดียวกัน กล่าวคือกราฟเส้นตรงตัดจุดกำเนิดนั่นเองแต่การทดลองได้ผลต่างออกไป สาเหตุดังกล่าวควรได้รับการอธิบาย เช่น เครื่องกลแอตวูดใช้แรงที่เกิดจากโมเมนต์เฉื่อยของรอกเป็นค่าแก้ ผลที่ได้น่าพอใจคือสอดคล้องกับทฤษฎี หรือเรื่องเรโซแนนซ์ก็ต้องใช้ค่าแก้เช่นเดียวกันซึ่งอธิบายไว้ชัดเจนแล้วในวิธีการทดลอง เป็นต้น

นอกจากนี้ การสรุปและวิจารณ์ผลการทดลองควรพิจารณาใช้ทุกค่าที่หาได้นั้นเป็นตัวแจกแจงเหตุและผลที่ก่อให้เกิดค่าแตกต่างกันไป หรือ % error นั้นเอง พยายามโยงส่วนเกี่ยวข้องต่างๆ เช่น ความไว (sensitivity) ของเครื่องชั่งแบบสองแขนมีผลอย่างไรกับการชั่ง เป็นต้น

สิ่งที่ควรคำนึงค่ามาตรฐานบางค่า เช่น ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นค่าอ้างอิงจากมาตรฐานสากลซึ่งบ่งค่าอุณหภูมิสูงสุดเพียง 30 เซลเซียส หรือความร้อนแฝงของน้ำแข็ง 80 cal/gm ไม่มีการบ่งบอกสภาวะแวดล้อมของการทดลอง เป็นต้น