

## การทดลองที่ 10 ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

### วัตถุประสงค์

10.1 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลที่มีต่อปริมาตรและความดันเมื่ออุณหภูมิคงที่

10.2 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตรและความดันเมื่อจำนวนโมเลกุลคงที่

10.3 ศึกษาการขยายตัวและการอัดตัวของก๊าซแบบไอโซเทอร์มัล

10.4 เปรียบเทียบกราฟที่ได้ทั้งหมดกับกราฟทางทฤษฎีของก๊าซอุดมคติ และของก๊าซจริง

### ทฤษฎี

ในการศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เราใช้เม็ดโลหะขนาดเล็กแทนโมเลกุลของก๊าซซึ่งจะมีแรงกระทำต่อลูกสูบก่อให้เกิดความดันขึ้นภายในกระบอกสูบ ความดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลเฉลี่ยอันเนื่องมาจากการกระแทกของโมเลกุลจำนวนหนึ่งที่มีต่อลูกสูบในระยะเวลาหนึ่งซึ่งนานพอสมควร (หลาย ๆ นาที) ขณะที่มีความดันเกิดขึ้นภายในกระบอกสุบนั้น ลูกสูบจะไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่แต่จะสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะแรงกระแทกจากโมเลกุลเกิดไม่สม่ำเสมอเพียงพอ เมื่อลูกสูบสั่นสะเทือนอยู่ตรงตำแหน่งหนึ่งซึ่งมีความสูงเป็นระยะ  $h$  นับจากฐานกระบอกสูบ เราจะถือว่าพลังงานจลน์ที่ถูกส่งเข้าไปในกระบอกสูบโดยตัวกระตุ้นของเครื่องมีค่าเกือบเท่ากับพลังงานจลน์รวมของโมเลกุลทั้งหมดในขณะนั้น

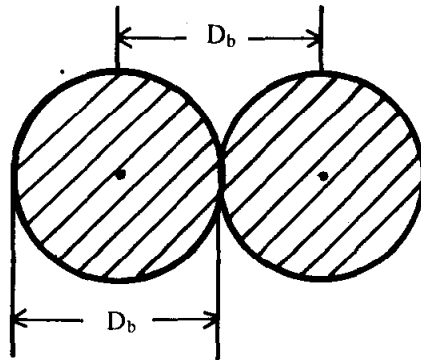
หากเราตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ศึกษาทฤษฎีจลน์ของก๊าซ จะพบว่านอกจากการออกแบบให้โมเลกุลมีขนาดแน่นอนขนาดหนึ่งแล้ว ขณะที่เปิดเครื่องเพื่อทำการทดลองจะมีผลกระทบเนื่องจากแรงโน้มถ่วงและแรงไฟฟ้าสถิตย์อีกด้วย นั่นหมายความว่า เราไม่สามารถใช้สมการสำหรับก๊าซอุดมคติในการคำนวณหาความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ และปริมาณของก๊าซค่าที่ถูกต้องได้ เราจึงจำเป็นต้องเลือกใช้สมการของสถานะแบบอื่นมาช่วยในการคำนวณ สมการวานเดอร์ วาลส์ เป็นสมการของสถานะแบบหนึ่งที่เราอาจเลือกใช้ได้ในที่นี้ เพราะสมการแบบนี้มีเทอมที่คำนึงถึงปริมาตรของโมเลกุล ( $b$ ) และค่าการลดลงของความดันอันเนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ( $a/V^2$ ) ดังสมการ

$$(p + a/V^2) (V - b) = K \quad \dots\dots\dots (10.1)$$

**การทดลองที่ 10**

โดย K หมายถึง พลังงานจลน์รวมทั้งหมด  $= \frac{1}{3} n_0 M \bar{v}^2 = \frac{1}{3} n_0 M (\omega r)^2 = n_0 C \omega^2$

เมื่อ  $n_0$  คือจำนวนโมเลกุลทั้งหมด,  $M$  คือมวลของแต่ละโมเลกุล ซึ่งรูปแบบของสมการ วานเดอร์ วาลส์ ดังกล่าวนี้นตรงกับรูปแบบของ “ก๊าซ” ที่เราใช้ในการทดลอง การคำนวณเกี่ยวกับปริมาตรของโมเลกุล (b) เราสามารถทำได้ โดยพิจารณารูป 10.1



รูป 10.1 แสดงระยะที่จุดศูนย์กลางของโมเลกุลทั้งสองอยู่ใกล้กันมากที่สุด ( $D_b$ ) ซึ่งมีค่าเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของโมเลกุลตัวใดตัวหนึ่ง

จากรูป 10.1 เห็นได้ว่าปริมาตร (molecular volume) ของเม็ดโลหะหนึ่งเม็ด ( $V_b$ ) มีค่าเป็นดังนี้

$$V_b = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D_b}{2}\right)^3 \dots\dots\dots(10.2)$$

ซึ่ง  $D_b$  หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดโลหะหนึ่งเม็ดและเป็นระยะที่จุดศูนย์กลางของโมเลกุล 2 โมเลกุลอยู่ใกล้กันมากที่สุด แต่ปริมาตรที่มีประสิทธิภาพ (effective volume) ของแต่ละโมเลกุลมีค่าเท่ากับ  $\left(\frac{4}{3}\right)\pi D_b^3$  ซึ่งจากสมการ (10.2) เราจะได้ว่า

$$\left(\frac{4}{3}\right)\pi D_b^3 = 8 V_b \dots\dots\dots(10.3)$$

ความน่าจะเป็นที่จะพบโมเลกุลหนึ่งโมเลกุลภายในกระบอกสูบที่มีปริมาตร  $v$  เป็นสัดส่วนตรงกับ  $v$  ถ้ามีโมเลกุลตัวที่ 2 รวมอยู่ด้วย ปริมาตรที่ว่างภายในกระบอกสูบจะเหลือเพียง  $v - 8V_b$  ถ้ามีโมเลกุลตัวที่ 3 รวมอยู่ด้วย ปริมาตรที่ว่างจะเหลือ  $v - 2 \times 8V_b$  เป็นต้นนี้เรื่อยไป สมมติว่า โมเลกุลทั้งหมดภายในกระบอกสูบมีจำนวน  $n_0$  โมเลกุล ความน่าจะเป็นที่จะพบโมเลกุลทั้งหมดในปริมาตร  $v$  จะมีค่าเป็นสัดส่วนตรงกับเทอม

$$v(v - 8V_b)(v - 2 \times 8V_b)\dots\dots\dots[v - (n_0 - 1)8V_b] \dots\dots\dots(10.4)$$

การทดลองที่ 10

ซึ่งเราสามารถแทนค่า  $v$  ได้ด้วยค่ารากที่  $n_0$  ของผลคูณในสมการ (10.4) จาก การคิดว่าเทอม  $8n_0V_b$  มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ  $v$  (เพราะ  $V_b$  มีค่าน้อยมาก) เราจะได้ว่ารากที่  $n_0$  ของผลคูณดังกล่าวมีค่าเท่ากับ  $v(1 - \frac{4n_0V_b}{v})$

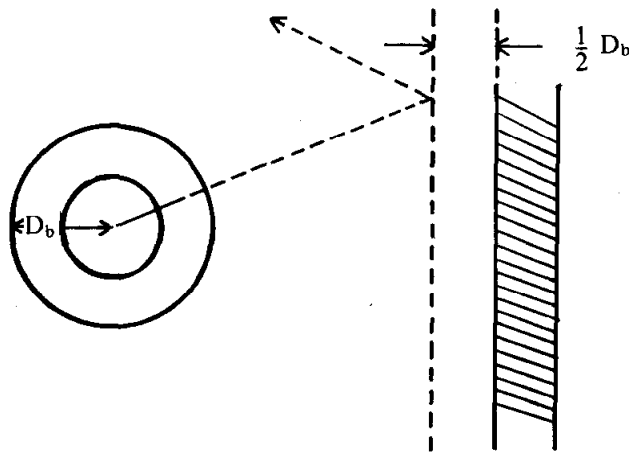
ถ้าให้  $b_1$  เป็นปริมาตรของโมเลกุลทั้งหมดภายในกระบอกสูบ ปริมาตรที่ว่างจะ เหลือ  $v - b_1$  ซึ่งเราจะเทียบให้เท่ากับค่ารากที่  $n_0$  ของผลคูณในสมการ (10.4) ได้ดังนี้

$$v(1 - \frac{4n_0V_b}{v}) = v - b_1 \quad \dots\dots\dots(10.5)$$

จากสมการ (10.5) จะได้ว่า

$$b_1 = 4n_0V_b \quad \dots\dots\dots(10.6)$$

นอกจากปริมาตรของโมเลกุลคือค่า  $b_1$  แล้ว เรายังต้องคำนึงถึงปริมาตรที่ลดลงไปเนื่องจาก การชนผนังของโมเลกุลอีกด้วย โดยพิจารณาจากรูป 10.2 ข้างล่าง



รูป 10.2 แสดงระยะที่โมเลกุลเข้าใกล้ผนังได้มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของความ ยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของโมเลกุล

เห็นได้วาระยะที่โมเลกุลเข้าใกล้ผนังได้มากที่สุดมีค่าเท่ากับ  $\frac{D_b}{2}$  ถ้าให้  $b_2$  เป็นปริมาตรที่ ลดลงดังกล่าว และ  $S$  เป็นพื้นที่ผิวรวมภายในกระบอกสูบ และถ้าถือว่าโมเลกุลทั้งหมดที่มี อยู่ภายในกระบอกสูบสามารถวิ่งไปถึงลูกสูบตรงความสูง  $h$  ได้ จะได้ว่า

$$b_2 = \frac{D_b S}{2} \quad \dots\dots\dots(10.7)$$

แต่จริง ๆ แล้วมีเพียงบางโมเลกุลเท่านั้นที่วิ่งไปถึงลูกสูบ จำนวนโมเลกุลที่สามารถวิ่งไป

### การทดลองที่ 10

ถึงลูกสูบตรงความสูง  $h$  ได้ เราเรียกว่า จำนวนโมเลกุลที่มีประสิทธิผล (effective concentration of molecules) ใช้สัญลักษณ์ “ $n$ ” ดังนั้นเราต้องแก้ไขสมการ (10.7) เสียใหม่ โดยนำสัดส่วนของจำนวนโมเลกุลคือ  $n/n_0$  (เมื่อ  $n_0$  คือจำนวนโมเลกุลทั้งหมด) คูณปริมาตร  $b_2$  ในสมการ (10.7) ทำให้สมการ (10.7) เปลี่ยนเป็นดังนี้

$$b_2(n/n_0) = \frac{D_b S}{2}$$

หรือ 
$$b_2 = \frac{D_b S n_0}{2n} \dots\dots\dots(10.8)$$

เราสามารถคำนวณหาจำนวนโมเลกุลที่มีประสิทธิผล ( $n$ ) ตรงความสูง  $h$  ได้จากความสัมพันธ์

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{Mgh}{C\omega^2}\right) \dots\dots\dots(10.9)$$

ซึ่ง  $Mgh$  เป็นพลังงานศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกของแต่ละโมเลกุล,  $C\omega^2$  เป็นแฟกเตอร์ของพลังงานอ้างอิง (reference energy factor),  $M$  คือ มวลของโมเลกุลหนึ่งโมเลกุล,  $g$  คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง,  $h$  คือ ความสูงของลูกสูบที่เคลื่อนที่นับจากฐานกระบอกสูบ,  $\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุมของตัวกระตุ้น,  $C$  เป็นค่าคงที่ นิยามว่า

$$C = \frac{1}{3} Mr^2 = \frac{1}{3} M \frac{D^2}{4} \dots\dots\dots(10.10)$$

โดยที่  $r$  เป็นรัศมีของกระบอกสูบ (ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 3.8 ซม.)  $D$  เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ (ในที่นี้เท่ากับ 7.6 ซม.)

เมื่อรวมสมการ (10.6) และ (10.8) เข้าด้วยกัน เราจะได้ปริมาตรรวมทั้งหมดที่ต้องหักออกจากปริมาตร  $V$  นั่นคือ

$$b = b_1 + b_2 \dots\dots\dots(10.11)$$

หรือ 
$$b = 4n_0 V_b + \frac{n_0 D_b S}{2n} \dots\dots\dots(10.12)$$

เพื่อความสะดวกในการนำสมการ (10.12) ไปคำนวณ เราอาจเขียนให้อยู่ในรูปแบบใหม่ โดยแทนค่า  $V_b$  จากสมการ (10.2) และ  $S = 2A + \frac{4V}{D}$  ได้เป็นดังนี้

$$D_b^3 + D_b\left(\frac{2V}{D} + A\right) \frac{3}{2\pi n} - \frac{3b}{2\pi n_0} = 0 \dots\dots(10.13)$$

**การทดลองที่ 10**

ซึ่ง  $D_b$  หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดโลหะ (ในที่นี้เท่ากับ 3 มม.)

$D$  หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ (ในที่นี้เท่ากับ 7.6 ซม.)

$V$  หมายถึง ปริมาตรของกระบอกสูบ =  $Ah$

$A$  หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ =  $\pi D^2/4$

สำหรับความดันของ “ก๊าซ” ที่ใช้ทดลองในที่นี้ เราสามารถคำนวณได้โดยอาศัยความสัมพันธ์

$$p = mg/A \quad \dots\dots\dots(10.14)$$

เมื่อ  $m$  คือ น้ำหนักบนจาน

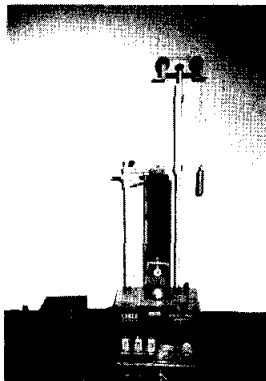
$g$  คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ

ส่วนอนุกรมวิธาน ( $T$ ) คำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$T = \omega^2 = \left( \frac{2\pi N}{60} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(10.15)$$

เมื่อ  $\omega$  คือ ความเร็วเชิงมุม และ  $N$  คือ จำนวนรอบของมอเตอร์



**รูป 10.3 แสดงรูปเครื่องมือแบบจำลองทฤษฎีจลน์โมเมนต์**

**อุปกรณ์และสารเคมี**

อุปกรณ์หลัก		สารเคมี
เครื่องมือแบบจำลองทฤษฎีจลน์โมเมนต์	1 ชุด	ไม่มี
ชุดตุ้มน้ำหนัก	1 ชุด	
ปีเกอร์ขนาด 50 ลบ.ซม.	2 ใบ	

## การทดลองที่ 10

### วิธีทดลอง

**ตอนที่ 1** วัดผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุล ( $n_0$ ) ที่มีต่อปริมาตร ( $V$ ) เมื่อ ความดัน ( $p$ ) และอุณหภูมิ ( $T$ ) คงที่ และที่มีต่อความดัน ( $p$ ) เมื่อปริมาตร ( $V$ ) และอุณหภูมิ ( $T$ ) คงที่

- 10.1 ใส่เม็ดโลหะ 50 เม็ดลงในกระบอกสูบ ( $n_0 = 50$  เม็ด) วางตุ้มน้ำหนักบนจาน 4 กรัม ( $m = 4$  กรัม) ตั้งความเร็วมอเตอร์ไว้ที่ 4,000 รอบต่อนาที ( $N = 4,000$  rpm.) ปรับระยะความสูงของลูกสูบตรงตำแหน่งขีดศูนย์ เปิดเครื่อง บันทึกระยะความสูงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ได้สูงสุด ( $h$ ) และบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง
- 10.2 ปิดเครื่อง เติมเม็ดโลหะอีก 50 เม็ดลงในกระบอกสูบ ( $n_0 = 100$  เม็ด,  $m = 4$  กรัม,  $N = 4,000$  รอบต่อนาที) เปิดเครื่อง หาค่าความสูง  $h$  ค่าใหม่ บันทึกผลที่ได้
- 10.3 เติมตุ้มน้ำหนักลงบนจาน จนกระทั่งค่าความสูง  $h$  ลดลงเหลือเท่ากับค่าที่วัดได้ในข้อ 10.1 บันทึกค่าน้ำหนักทั้งหมดที่มีอยู่บนจาน
- 10.4 สำหรับ  $n_0 = 150, 200$  และ  $250$  เม็ด ให้ทำการทดลองทำนองเดียวกับข้อ 10.2 และข้อ 10.3 บันทึกข้อมูลทั้งหมด

**ตอนที่ 2** วัดผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ( $T$ ) ที่มีต่อปริมาตร ( $V$ ) เมื่อความดัน ( $p$ ) และจำนวนโมเลกุล ( $n_0$ ) คงที่ และที่มีต่อความดัน ( $p$ ) เมื่อปริมาตร ( $V$ ) และจำนวนโมเลกุล ( $n_0$ ) คงที่

- 10.5 ใส่เม็ดโลหะ 100 เม็ดลงในกระบอกสูบ (หรือเอาเม็ดโลหะจากข้อ 10.4 ออกจำนวน 150 เม็ด นั่นเอง) วางตุ้มน้ำหนักบนจาน 4 กรัม ( $m = 4$  กรัม) ตั้งความเร็วมอเตอร์ไว้ที่ 3,000 รอบต่อนาที ( $N = 3,000$  rpm.) เปิดเครื่อง หาค่าความสูงที่ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ระยะสูงสุด บันทึกข้อมูลทั้งหมด
- 10.6 ปิดเครื่อง เพิ่มความเร็วมอเตอร์เป็น 3,500 รอบต่อนาที ( $N = 3,500$  rpm.),  $m = 4$  กรัม,  $n_0 = 100$  เม็ด เปิดเครื่อง หาค่าความสูง  $h$  ค่าใหม่ บันทึกผลที่ได้
- 10.7 เติมตุ้มน้ำหนักลงบนจาน จนกระทั่งค่าความสูง  $h$  ลดลงเหลือเท่ากับค่าที่วัดได้ในข้อ 10.5 บันทึกค่าน้ำหนักทั้งหมดที่มีอยู่บนจาน
- 10.8 สำหรับ  $N = 4000, 4500$  และ  $5000$  รอบต่อนาที ให้ทำการทดลองทำนองเดียวกับข้อ 10.6 และข้อ 10.7 บันทึกข้อมูลทั้งหมด

## การทดลองที่ 10

ตอนที่ 3 วัดการเปลี่ยนแปลงระหว่างความดัน ( $p$ ) กับปริมาตร ( $V$ ) เมื่อจำนวนโมเลกุล ( $n_0$ ) และอุณหภูมิ ( $T$ ) คงที่

10.9 ให้  $n_0 = 250$  เม็ด,  $N = 4000$  รอบต่อนาที ทำการทดลองหาระยะ  $h$  สำหรับ  $m$  ค่าต่าง ๆ โดยเริ่มจาก  $m = 4$  กรัม การเพิ่มค่าตุ้มน้ำหนัก ให้เพิ่มครั้งละ 4 กรัม จนครบ 20 กรัม หลังจากนั้นให้เพิ่มครั้งละ 5 กรัม จนครบ 60 กรัม บันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมด

**ข้อควรระวัง :** เนื่องจากเครื่องมือแบบจำลองทฤษฎีจลน์โมเลกุลที่ใช้ในห้องปฏิบัติการใช้ไฟ 110 V ฉะนั้น นักศึกษาอย่าลืมเทียบหม้อแปลงเพื่อเปลี่ยนจากไฟ 220 V เป็น 110 V ก่อนใช้เครื่อง

### การวิเคราะห์ผล

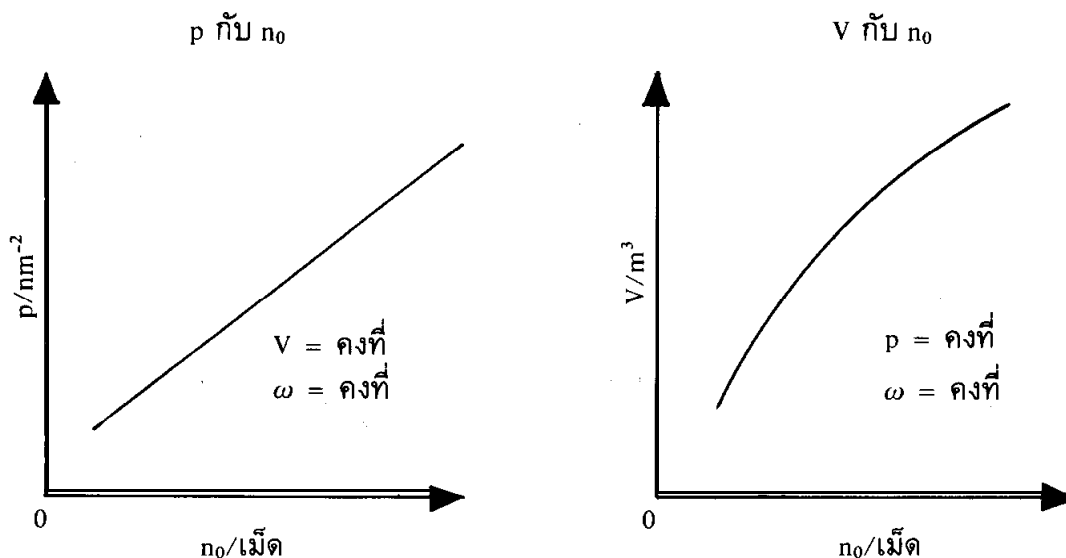
#### ตอนที่ 1

10.1 คำนวณปริมาตร ( $V$ ) ในหน่วยลูกบาศก์เมตร จากค่าความสูงที่วัดได้ ( $h$ ) และคำนวณความดัน ( $p$ ) ในหน่วยนิวตันต่อตารางเมตร จากค่าน้ำหนักบนจาน ( $m$ )

10.2 พล็อตกราฟระหว่าง  $V$  กับ  $n_0$  เมื่อ  $p$  และ  $T$  คงที่

10.3 พล็อตกราฟระหว่าง  $p$  กับ  $n_0$  เมื่อ  $V$  และ  $T$  คงที่

ตัวอย่างกราฟที่ควรจะได้ เป็นดังนี้



## การทดลองที่ 10

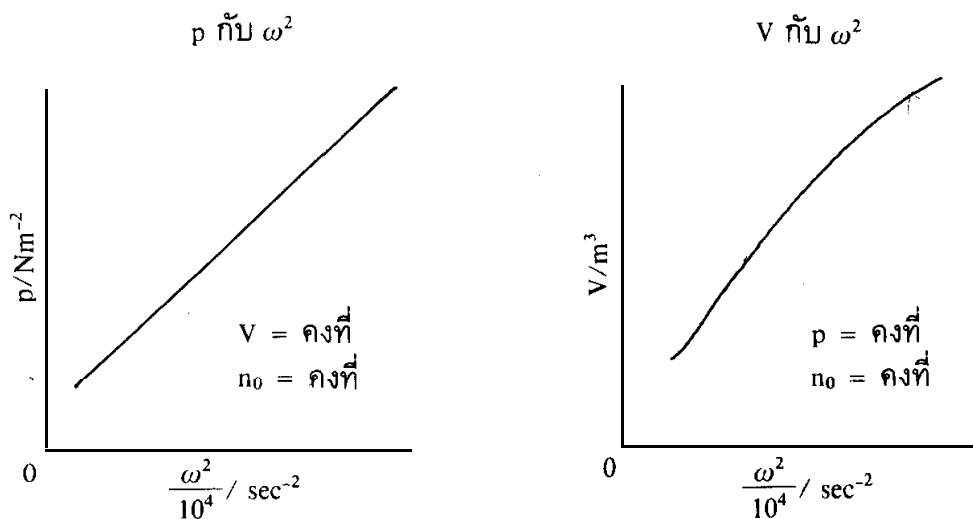
### ตอนที่ 2

10.4 คำนวณอุณหภูมิ (T) จากค่าความเร็วมอเตอร์ (N) คำนวณปริมาตร (V) จากค่าความสูงที่วัดได้ (h) และคำนวณความดัน (p) จากค่าน้ำหนักบนจาน (m)

10.5 พล็อตกราฟระหว่าง V กับ  $\omega^2$  เมื่อ p และ  $n_0$  คงที่

10.6 พล็อตกราฟระหว่าง p กับ  $\omega^2$  เมื่อ V และ  $n_0$  คงที่

ตัวอย่างกราฟที่ควรจะได้ เป็นดังนี้

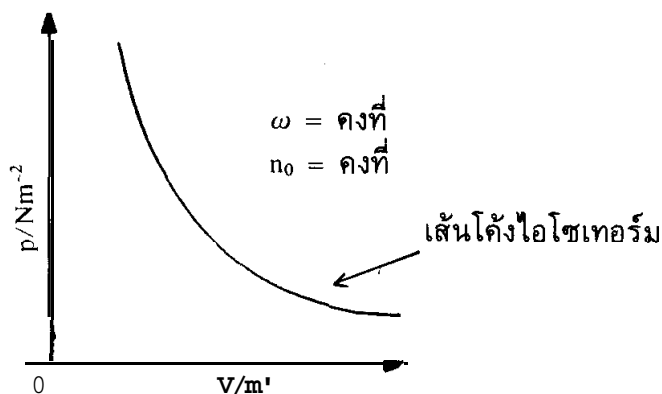


### ตอนที่ 3

10.7 คำนวณปริมาตรและความดันจากข้อมูลที่ได้

10.8 พล็อตกราฟระหว่าง p กับ V เมื่อ T และ  $n_0$  คงที่

ตัวอย่างกราฟที่ควรจะได้ เป็นดังนี้





## การทดลองที่ 10

### คำถาม

- 10.1 กราฟที่พลอตระหว่าง  $p$  กับ  $n_0$  และ  $V$  กับ  $n_0$  สอดคล้องกับสมการ  $pV = nRT$  หรือไม่ เพราะเหตุใด
- 10.2 กราฟที่พลอตระหว่าง  $p$  กับ  $\omega^2$  และ  $V$  กับ  $\omega^2$  สอดคล้องกับสมการ  $pV = nRT$  หรือไม่ เพราะเหตุใด
- 10.3 ทำไมเราสามารถใช้ค่าความเร็วเชิงมุมยกกำลังสอง ( $\omega^2$ ) แทนอุณหภูมิ ( $T$ ) ได้
- 10.4 กราฟที่พลอตระหว่าง  $p$  กับ  $V$  เป็นไปตามกฎของบอยล์หรือไม่
- 10.5 ท่านคิดว่าแบบจำลองทฤษฎีจลน์โมเลกุลที่ใช้ในการทดลองนี้ เหมาะสมกับสมการของสถานะแบบใดมากที่สุด เพราะเหตุใด

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10  
เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

ชื่อนักศึกษา 1. .... รหัสประจำตัว.....  
2. .... รหัสประจำตัว.....  
3. .... รหัสประจำตัว.....

กรุป..... ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง..... องศาเซลเซียส ความดันห้อง..... นิ้วปรอท

เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ (D) = ..... ซม.

พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (A) = ..... ตารางเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดโลหะ ( $D_b$ ) = ..... มม.

ปริมาตรของเม็ดโลหะหนึ่งเม็ด ( $V_b$ ) = ..... ลูกบาศก์เมตร

ตอน 1 ก) ผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลที่มีต่อปริมาตร เมื่อความดันและอุณหภูมิคงที่

m คงที่ = ..... กรัม คิดเป็นความดันคงที่ = ..... นิวตันต่อตารางเมตร

N คงที่ = ..... รอบต่อนาทีคิดเป็นอุณหภูมิคงที่ = .....  $\text{sec}^{-2}$

$n_0/\text{เม็ด}$	$h/\text{ซม.}$	$V/\text{ลูกบาศก์เมตร}$
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

ใบรายการข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10  
เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

ชื่อนักศึกษา ..... รหัสประจำตัว .....

ชื่อผู้ร่วมงาน 1. .... รหัสประจำตัว .....

2. .... รหัสประจำตัว .....

กรุ๊ป ..... ตอนที่.....

วันที่ทำการทดลอง.....

อุณหภูมิห้อง..... องศาเซลเซียส ความดันห้อง..... นิ้วปรอท

เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ (D) = ..... ซม.

พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (A) = ..... ตารางเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดโลหะ (D<sub>b</sub>) = ..... มม.

ปริมาตรของเม็ดโลหะหนึ่งเม็ด (V<sub>b</sub>) = ..... ลูกบาศก์เมตร

ตอน 1 ก) ผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลที่มีต่อปริมาตร เมื่อความดันและอุณหภูมิคงที่

m คงที่ = ..... กรัม คิดเป็นความดันคงที่ = ..... นิวตันต่อตารางเมตร

N คงที่ = ..... รอบต่อนาทีคิดเป็นอุณหภูมิคงที่ = ..... sec<sup>-2</sup>

no/เม็ด	h/ซม.	V/ลูกบาศก์เมตร
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

ใบรายงานข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10 (ต่อ)

เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

กรู๊ป.....

ตอนที่.....

ข) ผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลที่มีต่อความดัน เมื่อปริมาตรและอุณหภูมิคงที่

h คงที่ = ..... ซม. คิดเป็นปริมาตรคงที่ = ..... ลูกบาศก์เมตร

N คงที่ = ..... รอบต่อนาที คิดเป็นอุณหภูมิคงที่ = ..... sec<sup>-2</sup>

no/เม็ด	m/กรัม	ความดัน/นิวตันต่อตารางเมตร
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

ตอน 2 ก) ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตร เมื่อความดันและจำนวนโมเลกุลคงที่

n<sub>0</sub> คงที่ = ..... เม็ด

m คงที่ = ..... กรัม คิดเป็นความดันคงที่ = ..... นิวตันต่อตารางเมตร

N/รอบต่อนาที	h/ซม.	T หรือ $\omega^2/\text{sec}^{-2}$	V/m <sup>3</sup>
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

ใบรายงานข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10 (ต่อ)

เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

กรุป .....

ตอนที่ .....

ข) ผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลที่มีต่อความดัน เมื่อปริมาตรและอุณหภูมิคงที่

h คงที่ = ..... ซม. คิดเป็นปริมาตรคงที่ = ..... ลูกบาศก์เมตร

N คงที่ = ..... รอบต่อนาที คิดเป็นอุณหภูมิคงที่ = ..... sec<sup>-2</sup>

n <sub>0</sub> /เม็ด	m/กรัม	ความดัน/นิวตันต่อตารางเมตร
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

ตอน 2 ก) ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อปริมาตร เมื่อความดันและจำนวนโมเลกุลคงที่

n<sub>0</sub> คงที่ = ..... เม็ด

m คงที่ = ..... กรัม คิดเป็นความดันคงที่ = ..... นิวตันต่อตารางเมตร

N/รอบต่อนาที	h/ซม.	T หรือ ω <sup>2</sup> /sec <sup>-2</sup>	V/m'
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

ใบรายงานข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10 (ต่อ)  
เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

กรู๊ป

ตอนที่.....<sup>d</sup>.....

ข) ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อความดัน เมื่อปริมาตรและจำนวนโมเลกุลคงที่

$n_0$  คงที่ = .....เม็ด

$h$  คงที่ = .....ซม. คิดเป็นปริมาตรคงที่ = .....ลูกบาศก์เมตร

N/รอบต่อนาที	m/กรัม	T หรือ $\omega^2/\text{sec}^{-2}$	p/Nm <sup>-2</sup>
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

ใบรายงานข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10 (ต่อ)  
เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

กรุป. ....

ตอนที่ . . . . .

ข) ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อความดัน เมื่อปริมาตรและจำนวนโมเลกุลคงที่

$n_0$  คงที่ = .....เม็ด

$h$  คงที่ = .....ซม.คิดเป็นปริมาตรคงที่ = .....ลูกบาศก์เมตร

N/รอบต่อนาที	m/กรัม	T หรือ $\omega^2/\text{sec}^{-2}$	p/Nm <sup>-2</sup>
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....





ใบรายงานข้อมูลสำหรับการทดลองที่ 10 (ต่อ)  
เรื่อง ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ

กรุป

ตอนที่.....

ตอน 3 ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างความดันกับปริมาตร เมื่อจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิคงที่

$n_0$  คงที่ = .....เม็ด

$N$  คงที่ = .....\*.....รอบต่อนาที คิดเป็นอุณหภูมิคงที่ = ..... $\text{sec}^{-2}$

m/กรัม	h/ซม.	p/นิวตันต่อตารางเมตร	V/ลูกบาศก์เมตร
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....