

เฉลยแบบฝึกหัดชุดที่ 2 ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

Halliday

1. 19/6 จากสมการของก๊าซอุดมคติ $pV = nRT$ เมื่อจำนวนอนุภาคไม่เปลี่ยนแปลงเราจะได้ว่า $n_i = n_f$ ดังนั้นเราจะได้ว่า

$$\frac{p_f V_f}{p_i V_i} = \frac{T_f}{T_i} \Rightarrow p_f = (266 \text{ kPa}) \left(\frac{1.64 \times 10^{-2} \text{ m}^3}{1.67 \times 10^{-2} \text{ m}^3} \right) \left(\frac{300 \text{ K}}{273 \text{ K}} \right)$$

จากการคำนวณเราจะได้ว่าความดันสุดท้ายคือ $p_f = 287 \text{ kPa}$ คำนวณหาความดันเกจจาก $p_g = p - p_a$ จะได้ว่า $p_g = 186 \text{ kPa}$

2. 19/9 ความดันเนื่องจากก๊าซชนิดแรกและสองสามารถเขียนได้ดังนี้ $p_1 = n_1 RT/V$, $p_2 = n_2 RT/V$ ตามลำดับ ดังนั้นเราสามารถเขียนความดันรวมได้ดังนี้ $p = p_1 + p_2 = \frac{n_1 RT}{V} + \frac{n_2 RT}{V} = (n_1 + n_2) \frac{RT}{V}$. เพราะฉะนั้นจะได้อัตราส่วนของความดันของก๊าซชนิดที่สอง ต่อ ความดันของก๊าซทั้งหมดคือ

$$\frac{p_2}{p} = \frac{n_2 RT/V}{(n_1 + n_2)(RT/V)} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{0.5}{2 + 0.5} = 0.2.$$

3. 19/20 ความเร็ว rms ของก๊าซในอุดมคติสามารถหาได้ดังนี้

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3(kN_A)T}{(mN_A)}} = \sqrt{\frac{3kT}{M}}$$

แทนค่า มวลและอุณหภูมิจากโจทย์จะได้ $v_{\text{rms}} = 9.53 \times 10^6 \text{ m/s}$

4. 19/21 แรงที่โมเลกุลของไฮโดรเจนกระทำกับผนังนั้นสามารถเขียนได้เป็นอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของโมเลกุลนั้นต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของโมเลกุลหนึ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผนังจะมีค่าเท่ากับ $2mv \cos \theta$ เมื่อคิดโมเลกุล N ตัวจะได้ $2Nmv \cos \theta$ ดังนั้นเราจะได้ว่าแรงที่กระทำกับผนังคือ $2(N/\Delta t)mv \cos \theta$. ความดันที่เกิดจากถ้าโมเลกุลกระทำกับผนังนั้น คือ แรงที่โมเลกุลกระทำกับผนังต่อพื้นที่ที่กระทำ เพราะฉะนั้นเราจะได้ว่า

$$\begin{aligned} p &= \frac{2}{A} \left(\frac{N}{\Delta t} \right) mv \cos \theta \\ &= \left(\frac{2}{2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \right) (1.0 \times 10^{23} \text{ s}^{-1}) (3.3 \times 10^{-27} \text{ kg}) (1.0 \times 10^3 \text{ m/s}) \cos 55^\circ \\ &= 1.9 \times 10^3 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

5. 19/23 พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซในอุดมคติสามารถจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของก๊าซเท่านั้น โดยพลังงานจลน์เฉลี่ยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคในพิศสามมิติ สามารถเขียนได้เป็น $K_{\text{avg}} = \frac{3}{2} kT$

$$K_{\text{avg}} = \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) (1600 \text{ K}) = 3.31 \times 10^{-20} \text{ J}.$$

6. 19/33 ความเร็วเฉลี่ยสามารถเขียนได้เป็น

$$v_{\text{avg}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i = \frac{1}{10} [4(200 \text{ m/s}) + 2(500 \text{ m/s}) + 4(600 \text{ m/s})] = 420 \text{ m/s}.$$

ความเร็ว rms สามารถเขียนได้เป็น

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2} = \sqrt{\frac{1}{10} [4(200 \text{ m/s})^2 + 2(500 \text{ m/s})^2 + 4(600 \text{ m/s})^2]} = 458 \text{ m/s}$$

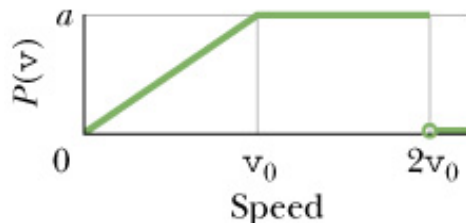
ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเร็ว rms จะมีค่ามากกว่าความเร็วเฉลี่ยเสมอ

7. 19/38 ความเร็วเฉลี่ยและความเร็ว rms เขียนได้เป็น $v_{\text{avg}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ และ $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ ตามลำดับ ดังนั้นเราจะได้อัตราส่วน

ของความเร็วเฉลี่ยต่อความเร็ว rms คือ $\frac{v_{\text{avg}2}}{v_{\text{rms}1}} = \frac{\sqrt{8RT/\pi M_2}}{\sqrt{3RT/M_1}} = \sqrt{\frac{8M_1}{3\pi M_2}}$ ดังนั้นเราจะได้อัตราส่วนของมวล โมเลกุลคือ

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{3\pi}{8} \left(\frac{v_{\text{avg}2}}{v_{\text{rms}1}} \right)^2 = \frac{3\pi}{2} = 4.7 \quad \text{if } v_{\text{avg}2} = 2v_{\text{rms}1}.$$

8. 19/39 ฟังก์ชันการกระจายตัวของความเร็ว (distribution function) ซึ่งหมายถึงโอกาสที่จะพบอนุภาคในช่วงความเร็ว $v \rightarrow v + dv$ ดังนั้นโอกาสที่จะพบอนุภาคทุกช่วงความเร็วจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง หรือเราอาจเขียนได้ว่า $\int P(v) dv = 1$. ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง $\int P(v) dv = \frac{1}{2}av_0 + av_0 = \frac{3}{2}av_0$ ดังนั้น $\frac{3}{2}av_0 = 1$ และ $av_0 = 2/3$



ความเร็วเฉลี่ยสามารถหาได้จาก $v_{\text{avg}} = \int vP(v) dv$. ซึ่ง $P(v)$ จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ $P(v) = \begin{cases} \frac{av}{v_0}; & 0 < v < v_0 \\ a; & v_0 < v < 2v_0 \end{cases}$

สำหรับส่วนแรกจะได้ $\frac{a}{v_0} \int_0^{v_0} v^2 dv = \frac{a}{3v_0} v_0^3 = \frac{av_0^2}{3} = \frac{2}{9} v_0$, และส่วนที่สองคือ $a \int_{v_0}^{2v_0} v dv = \frac{a}{2} (4v_0^2 - v_0^2) = \frac{3a}{2} v_0^2 = v_0$.

ดังนั้นเราจะได้ $v_{\text{avg}} = \frac{2}{9} v_0 + v_0 = 1.22v_0 \Rightarrow \frac{v_{\text{avg}}}{v_0} = 1.22$

ในทำนองเดียวกันเมื่อความเร็ว rms คือ $v_{\text{rms}}^2 = \int v^2 P(v) dv$.

สำหรับส่วนแรกจะได้ $\frac{a}{v_0} \int_0^{v_0} v^3 dv = \frac{a}{4v_0} v_0^4 = \frac{1}{6} v_0^2$. และส่วนที่สองคือ $a \int_{v_0}^{2v_0} v^2 dv = \frac{a}{3} (8v_0^3 - v_0^3) = \frac{7a}{3} v_0^3 = \frac{14}{9} v_0^2$.

ดังนั้นเราจะได้ $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{6} v_0^2 + \frac{14}{9} v_0^2} = 1.31v_0 \Rightarrow \frac{v_{\text{rms}}}{v_0} = 1.31$.

จำนวนอนุภาคในช่วงความเร็ว $1.5v_0 - 2v_0$ สามารถเขียนได้ดังนี้ $N \int_{1.5v_0}^{2v_0} P(v) dv$ แทนค่า $P(v)$ แล้วทำการอินทิเกรตจะได้ $N a(2.0v_0 - 1.5v_0) = 0.5N av_0 = N/3$, ซึ่งหมายความว่าในช่วงความเร็วนี้ จะมีอนุภาคอยู่หนึ่งในสามของอนุภาคทั้งหมด

Serway

9. 19/43

$$P_0V = n_1RT_1 = \left(\frac{m_1}{M}\right)RT_1$$

$$P_0V = n_2RT_2 = \left(\frac{m_2}{M}\right)RT_2$$

$$\boxed{m_1 - m_2 = \frac{P_0VM}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

10. 21/8

$$v = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

$$\frac{v_O}{v_{He}} = \sqrt{\frac{M_{He}}{M_O}} = \sqrt{\frac{4.00}{32.0}} = \sqrt{\frac{1}{8.00}}$$

$$v_O = \frac{1350 \text{ m/s}}{\sqrt{8.00}} = \boxed{477 \text{ m/s}}$$

11. 21/18

(ก) $C_V = \frac{5}{2}R = \frac{5}{2}(8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}) \left(\frac{1.00 \text{ mol}}{0.0289 \text{ kg}} \right) = 719 \text{ J/kg}\cdot\text{K} = \boxed{0.719 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}}$

(ข) $m = M n = M \left(\frac{PV}{RT} \right)$

$$m = (0.0289 \text{ kg/mol}) \left(\frac{200 \times 10^3 \text{ Pa} (0.350 \text{ m}^3)}{(8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K})(300 \text{ K})} \right) = \boxed{0.811 \text{ kg}}$$

(ค) เมื่อพิจารณาปริมาตรคงที่แสดงว่า ไม่มีการทำงานเกิดขึ้นดังนั้นเราจะได้ว่า

$$Q = m C_V \Delta T = 0.811 \text{ kg} (0.719 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}) (700 \text{ K} - 300 \text{ K}) = \boxed{233 \text{ kJ}}$$

(ง) เมื่อปริมาตรไม่คงที่แสดงว่ามีการทำงานเกิดขึ้น หรือ พิจารณาในกรณีที่ความดันคงที่นั่นเอง

$$Q = m C_P \Delta T = m (C_V + R) \Delta T = m \left(\frac{7R}{2} \right) \Delta T = m \left(\frac{7C_V}{5} \right) \Delta T$$

$$Q = 0.811 \text{ kg} \left[\frac{7}{5} (0.719 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}) \right] (400 \text{ K}) = \boxed{327 \text{ kJ}}$$

12. 21/33 ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้อห้า พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลอะตอมคู่ เนื่องจากการเคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากับ 3 เท่าของ $\frac{1}{2}kT$

สำหรับการหมุนเราจะได้ว่าเป็นอิสระในการหมุนจะมีทั้งสามแกนเหมือนกันแต่การหมุนในแนวเดียวกันกับแกนของโมเลกุลจะมีโมเมนต์ความเฉื่อยน้อยกว่าเมื่อเทียบกับอีกสองแกน ดังนั้นเราจะได้ว่าพลังงานจลน์เฉลี่ยเนื่องจากการหมุน จะเป็นสองเท่าของ

$$\frac{1}{2}kT \text{ ดังนั้นเราจะได้ว่าผลรวมทั้งหมดคือ } U = \frac{5}{2}NkT \text{ หรือ } U = \frac{5}{2}nRT \text{ นั่นเอง เพราะฉะนั้นเราจะได้ว่า } C_V = \frac{5}{2}R \text{ นั่นคือ}$$

$$C'_v = nC_v = n \frac{5}{2} R = 2 \text{ mol} \left(\frac{5}{2} (8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}) \right) = 41.6 \text{ J/K} \text{ และสำหรับความจุความร้อนที่ความดันคงที่จะได้}$$

$$C'_p = nC_p = n \left(\frac{5}{2} R + R \right) = 2 \text{ mol} \left(\frac{7}{2} (8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}) \right) = 58.2 \text{ J/K}$$

ในกรณีที่เราคิดพลังงานจลน์เฉลี่ยเนื่องจาก การสั่นของโมเลกุลรวมเข้าไปด้วย เราจะได้พลังงานจลน์เฉลี่ยเพิ่มเข้ามาสองส่วน คือ การสั่นในแนวแกนของอะตอม และอีกส่วนหนึ่ง จากพลังงานศักย์ยืดหยุ่นที่สะสมในพันธะเคมีของโมเลกุล ซึ่งในรายละเอียดนี้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือ ฟิสิกส์ 1 หัวข้อ 9.4 ดังนั้นเราจะได้

$$C'_v = nC_v = n \frac{7}{2} R = 2 \text{ mol} \left(\frac{7}{2} (8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}) \right) = 58.2 \text{ J/K} \text{ และ}$$

$$C'_p = nC_p = n \left(\frac{7}{2} R + R \right) = 2 \text{ mol} \left(\frac{9}{2} (8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}) \right) = 74.8 \text{ J/K}$$

13. 21/41

จาก $v_{avg} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ เราสามารถหาอุณหภูมิได้โดยย้ายข้างแล้วแทนค่าความเร็วจากโจทย์จะได้

$$\text{อุณหภูมิที่ความเร็วหลุดพ้นของโลก} \quad T = \frac{\pi (6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}) (1.12 \times 10^4 \text{ m/s})^2}{8 (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/mol} \cdot \text{K})} = \boxed{2.37 \times 10^4 \text{ K}}$$

$$\text{อุณหภูมิที่ความเร็วหลุดพ้นของดวงจันทร์} \quad T = \frac{\pi (6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}) (2.37 \times 10^3 \text{ m/s})^2}{8 (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/mol} \cdot \text{K})} = \boxed{1.06 \times 10^3 \text{ K}}$$

14. 21/49 เมื่อระยะทางอิสระมีค่าเท่ากับ $l = \frac{1}{\sqrt{2\pi d^2 n}}$ จาก $P = n_v k_B T$ เราจะได้ $l = \frac{k_B T}{\sqrt{2\pi P d^2}}$

$$\text{ดังนั้นจะได้} \quad l = \frac{(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) (293 \text{ K})}{\sqrt{2\pi (1.013 \times 10^5 \text{ Pa}) (3.10 \times 10^{-10} \text{ m})^2}} = \boxed{9.36 \times 10^{-8} \text{ m}} \text{ ซึ่งจากความสัมพันธ์ของระยะทางอิสระกับ}$$

ความดันข้างบนเราจะได้ $P_1 l_1 = P_2 l_2$ และเราจะได้ $P_1 l_1 = P_2 l_2$ ดังนั้นเราจะได้

$$\text{ที่ระยะทาง} \quad l_2 = 1.00 \text{ m}; \quad P_2 = \frac{(1.00 \text{ atm}) (9.36 \times 10^{-8} \text{ m})}{1.00 \text{ m}} = \boxed{9.36 \times 10^{-8} \text{ atm}}$$

$$\text{ที่ระยะทาง} \quad l_3 = 3.10 \times 10^{-10} \text{ m}; \quad P_3 = \frac{(1.00 \text{ atm}) (9.36 \times 10^{-8} \text{ m})}{3.10 \times 10^{-10} \text{ m}} = \boxed{302 \text{ atm}}$$

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 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 | ตารางธาตุไทย1) 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 | |

