

ฮีเลียมกับเสียง

คำถาม เมื่อเราสูดเอาแก๊สฮีเลียมเข้าไปในปอด ทำไมเสียงพูดถึงฟังดูแหลมขึ้นได้ล่ะ

แนวทางไขปริศนา ตอน 31 ฮีเลียมกับเสียง

เพื่อเป็นแนวทางเริ่มต้นเพื่อให้ผู้ชมเดินทางหาคำตอบสุดท้ายเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำอธิบายแบบสั้น ๆ กะทัดรัด

เสียงพูดที่ได้ยินเกิดจากการสั่นของเส้นเสียงที่อยู่ภายในกล่องเสียงและเดินทางผ่านอากาศไปตามช่องทางเดินของเสียง แต่เมื่อเราหายใจเอาแก๊สฮีเลียมเข้าไป ซึ่งแก๊สฮีเลียมนี้เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ และเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่สำคัญคือเป็นแก๊สที่เบากว่าอากาศปกติเอามาก ๆ ซึ่งในอากาศส่วนใหญ่ประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจน N_2 และออกซิเจน O_2 จึงทำให้เสียงเดินทางได้เร็วขึ้นเมื่อผ่านตัวกลางที่เป็นฮีเลียม โดยเร็วขึ้นถึงเกือบ 3 เท่า เมื่อเทียบกับอากาศปกติ

คำอธิบายแบบรู้มากขึ้นในเชิงปริมาณทางวิทยาศาสตร์

ฮีเลียม เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีพิษต่อผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ แก๊สฮีเลียมเขียนในรูปสัญลักษณ์คือ ${}^4_2\text{He}$ ฮีเลียมเป็นแก๊สเฉื่อยเพราะไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่น ฮีเลียมมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นในตารางธาตุ แก๊สฮีเลียมปกติจะอยู่ในรูปแก๊ส สามารถคงอยู่ในรูปของเหลวเมื่ออยู่ภายใต้ความดันสูง

ตามปกติแล้ว เมื่อส่งเสียงพูด เสียงที่ได้ยินจากการพูดเกิดจากการสั่นของเส้นเสียงที่อยู่ภายในกล่องเสียงและเป็นการสั่นที่เป็นฮาร์มอนิก คือมีหลายความถี่ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเท่าของความถี่มูลฐาน เสียงที่เกิดขึ้นจะเดินทางไปตามช่องทางเดินของเสียงที่ขึ้นกับรูปร่างและปริมาตรของช่องปากและลำคอของแต่ละคน การที่เสียงที่ได้ยินมีความถี่สูงขึ้นหรือเสียงแหลมจากการสูดแก๊สฮีเลียมเข้าไป สามารถอธิบายได้ เนื่องจากมวลเชิงอะตอมของแก๊สฮีเลียมมีค่าเท่ากับ 4 ซึ่งน้อยกว่ามวลโมเลกุลของแก๊สในอากาศที่ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแก๊สออกซิเจน O_2 ในอากาศประมาณ 21% ซึ่งมีมวลเชิงอะตอมเท่ากับ 16 (${}^{16}_8\text{O}$) และแก๊สไนโตรเจน N_2 ในอากาศประมาณ 78% ซึ่งมีมวลเชิงอะตอมเท่ากับ 14 (${}^{14}_7\text{N}$) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากมวลโมเลกุลของอากาศส่วนใหญ่จะพบว่า มีค่าโดยประมาณเท่ากับ $2 \times (0.21 \times 16) + 2 \times (0.78 \times 14) = 28.56$

เมื่อพิจารณาอัตราเร็วเสียงที่เคลื่อนที่ในอากาศ จากสมการ $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$

โดยที่ B คือ มอดูลัสเชิงปริมาตร ρ คือ ความหนาแน่นของแก๊ส

ค่า B ซึ่งมีความสัมพันธ์ตามสมการ $B = -\frac{dP}{dV}V$

โดยที่ P คือ ความดัน และ V คือ ปริมาตรของแก๊ส

หากพิจารณาจากสมการแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ จะได้ว่า $P = \frac{nRT}{V}$

ค่า $\frac{dP}{dV} = -\frac{nRT}{V^2}$ หากนำไปแทนในสมการ $B = -\frac{dP}{dV}V$

จะได้ว่า $B = -\frac{dP}{dV}V$

$$B = -\left(-\frac{nRT}{V^2}\right)V$$

$$B = P$$

ดังนั้น ค่ามอดุลัสเชิงปริมาตรมีค่าเท่ากับความดันของแก๊ส ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่า มอดุลัสเชิงปริมาตร (B) ของแก๊สในอากาศกับแก๊สอุดมคติมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่ออุณหภูมิคงที่

สำหรับความหนาแน่นของแก๊สในอากาศสามารถประมาณหาได้จากสมการแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ เช่นกัน เมื่อ n คือจำนวนโมลของแก๊ส และ n มีค่าเท่ากับ $\frac{m}{M}$ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างมวลแก๊สต่อมวลโมเลกุลหรือมวลเชิงอะตอม

ของแก๊ส ดังนั้นจะได้ค่าความหนาแน่น ρ เท่ากับ $\frac{PM}{RT} = \frac{m}{V}$ เมื่อนำไปแทนค่าในสมการ $v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$ จะได้ว่า

$$v_{\text{He}} = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{B}{\frac{PM_{\text{He}}}{RT}}} \quad \text{ในทำนองเดียวกันกับ} \quad v_{\text{Air}} = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{B}{\frac{PM_{\text{Air}}}{RT}}}$$

v_{He} คือ อัตราเร็วของเสียงในแก๊สฮีเลียม และ v_{Air} คือ อัตราเร็วของเสียงในอากาศ ดังนั้น หากนำ v_{He} และ v_{Air} มา

เปรียบเทียบสัดส่วนกัน จะได้ว่า $\frac{v_{\text{He}}}{v_{\text{Air}}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{Air}}}{\rho_{\text{He}}}}$

$$= \sqrt{\frac{\frac{PM_{\text{Air}}}{RT}}{\frac{PM_{\text{He}}}{RT}}}$$

$$= \sqrt{\frac{M_{\text{Air}}}{M_{\text{He}}}}$$

$$= \sqrt{\frac{28.56}{4}}$$

$$= 2.67$$

จะพบว่า อัตราเร็วเสียงที่เคลื่อนที่ในแก๊สฮีเลียมมีอัตราเร็วมากกว่าอัตราเร็วเสียงที่เคลื่อนที่ในอากาศ 2.67 เท่าหรือประมาณ 3 เท่า ดังนั้น เมื่อความยาวของคลื่นเสียง (λ) ภายในลำคอและช่องปากมีค่าเท่าเดิม จากสมการ $v = f\lambda$ เมื่อ λ มีค่าคงตัว อัตราเร็ว v ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความถี่เสียง (f) เพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นเหตุให้เสียงพูดมีความถี่สูงขึ้นหลังจากสูดแก๊สฮีเลียมเข้าไป