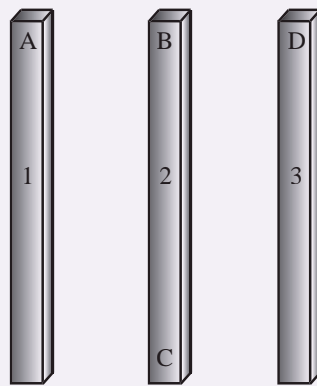


เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 15

?? | คำถาม

1. แท่งโลหะสามแท่งดังรูป

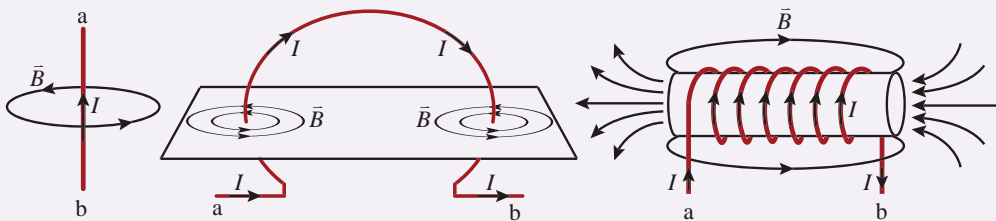


รูป ประกอบคำถามข้อ 1

เมื่อนำปลายเข้าใกล้กัน ผลคือปลาย A กับ B ดึงดูดกัน ปลาย A กับ C ดึงดูดกัน แต่ปลาย C กับ D ผลักกัน จากข้อมูลนี้ แท่งโลหะใดเป็นแท่งแม่เหล็ก

แนวคำตอบ แท่ง 2 และ 3 เป็นแท่งแม่เหล็ก

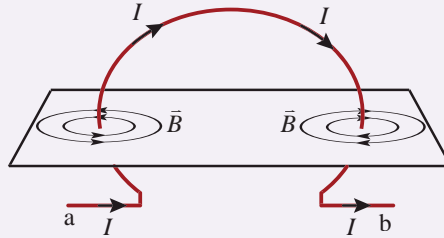
2. สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำเส้นตรง ลวดตัวนำวงกลม และโซเลนอยด์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านมีลักษณะดังรูป



รูป ประกอบคำถามข้อ 2

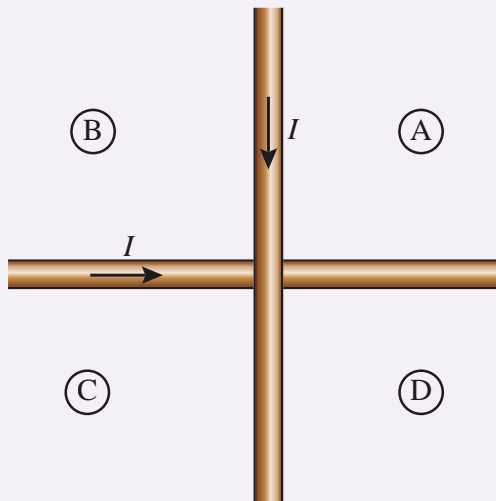
ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ รูปใดที่ไม่ถูกต้อง

แนวคำตอบ รูป ข ไม่ถูกต้อง ลวดตัวนำวงกลม ทิศทางของสนามแม่เหล็กหาได้จากการใช้มือขวา ได้ทิศทางสนามแม่เหล็กดังรูป



รูป ประกอบแนวคำตอบคำถามข้อ 2

3. ลวด 2 เส้น วางตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยใกล้กันมากแต่ไม่สัมผัสกัน และมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านลวดทั้งสองเท่ากันและมีทิศทาง ดังรูป

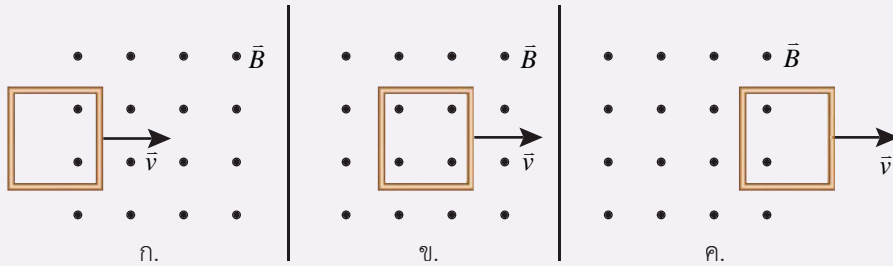


รูป ประกอบคำถามข้อ 3

ตำแหน่งที่สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์อยู่ในบริเวณใดบ้าง

แนวคำตอบ ตำแหน่งที่สนามแม่เหล็กมีค่าเป็นศูนย์อยู่ในบริเวณ B และ D

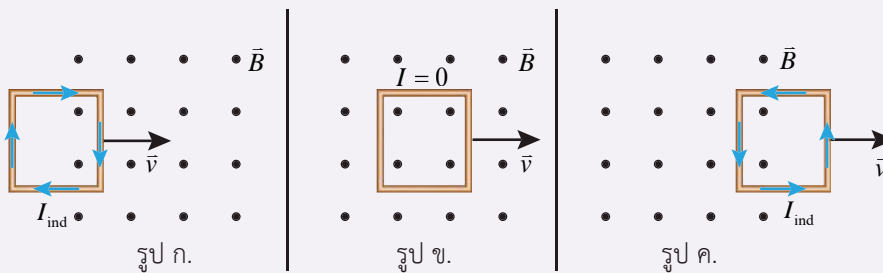
4. ขดลวดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีระนาบตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ \vec{B} กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว \vec{v} ดังรูป ก. ข. และ ค.



รูป ประกอบคำถามข้อ 4

จงบอกทิศของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ I_{ind} ที่เกิดขึ้นในแต่ละรูป

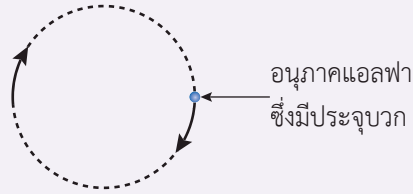
แนวคำตอบ



รูป ประกอบแนวคำตอบคำถามข้อ 4

5. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว \vec{v} ในสนามแม่เหล็ก \vec{B} สม่ำเสมอเพียงสนามเดียว และมีแรง \vec{F}_B เนื่องจากสนามแม่เหล็กกระทำไม่เท่ากับศูนย์ เพราะเหตุใดจึงมีอัตราเร็วคงตัว
แนวคำตอบ เนื่องจากแรงแม่เหล็ก \vec{F}_B ตั้งฉากกับความเร็ว \vec{v} ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าตลอดเวลา งานของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคจึงเท่ากับศูนย์ ทำให้พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง อนุภาคนั้นจึงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวตลอดเวลา

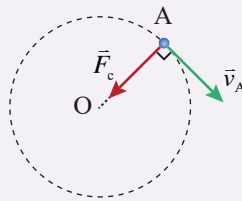
6. อนุภาคแอลฟาซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ถ้าแนวการเคลื่อนที่เป็นวงกลมในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ดังรูป



รูป ประกอบคำถามข้อ 6

สนามแม่เหล็กมีทิศทางอย่างไร ให้เหตุผลประกอบ

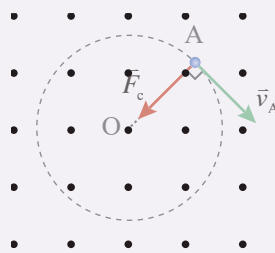
แนวคำตอบ อนุภาคแอลฟามีประจุไฟฟ้าบวก เคลื่อนที่เป็นวงกลมในสนามแม่เหล็กเพราะมีแรงแม่เหล็ก F_B เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง F_C เมื่อคิดที่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นทางการเคลื่อนที่รอบศูนย์กลาง O เช่นที่จุด A มีทิศทางของความเร็ว \vec{v}_A และทิศ F_C ตามรูป ก.



รูป ประกอบแนวคำตอบคำถามข้อ 6 ก.

แรงแม่เหล็ก F_B ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง \vec{F}_C

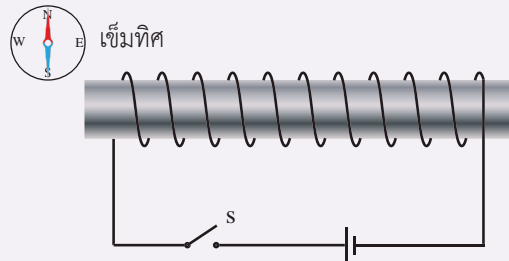
ใช้มือขวาทิศทางของ \vec{B} ต้องมีทิศทางออกตั้งฉากกับระนาบกระดาษ ดังรูป ข.



รูป ประกอบแนวคำตอบคำถามข้อ 6 ข.

หมายเหตุ สามารถหาทิศทางของ \vec{B} ซึ่งจะได้สนามแม่เหล็กมีทิศทางออกตั้งฉากกับระนาบกระดาษ ไม่ว่าจะพิจารณาที่จุดใด ๆ บนเส้นทางการเคลื่อนที่ก็ได้

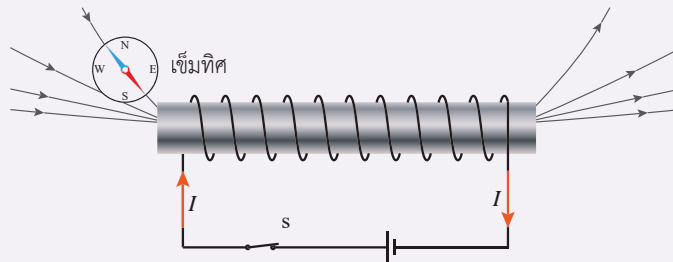
7. การวางตัวของเข็มทิศก่อนเปิดสวิตช์ S เป็น ดังรูป



รูป ประกอบคำถามข้อ 7

เมื่อเปิดสวิตช์ S เข็มทิศจะวางตัวในลักษณะใด

แนวคำตอบ เข็มทิศวางตัว ดังรูป



รูป ประกอบแนวคำตอบคำถามข้อ 7

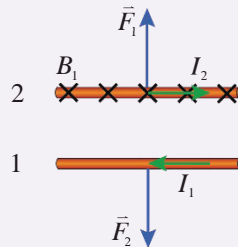
8. “ลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอ อาจไม่ถูกแรงแม่เหล็กกระทำ”

คำกล่าวนี้ถูกหรือไม่ จงอธิบาย

แนวคำตอบ คำกล่าวนี้ถูกต้อง โดยในกรณีที่แนวการวางตัวของลวดตัวนำมีทิศทางขนานกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับลวดตัวนำจะเท่ากับศูนย์ ตามสมการ $F = I l B \sin \theta$ เมื่อ $\theta = 0^\circ$

9. เพราะเหตุใดลวดขนานสองเส้นที่มีกระแสไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกัน จึงผลักกัน

แนวคำตอบ เพราะเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำเส้นตรง จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น และถ้าลวดตัวนำอีกเส้นหนึ่งมีกระแสไฟฟ้า และอยู่ในสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงกระทำ เช่น จากรูปกระแสไฟฟ้า I_1 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก B_1 ในทิศทางเข้าที่เส้นลวดที่ 2 ซึ่งมีกระแสไฟฟ้า I_2 ในทิศทางตรงข้ามกับ I_1 ใช้มือขวาหาแรงแม่เหล็กกระทำกับลวดเส้นที่ 2 ได้แรง \vec{F}_1 มีทิศขึ้น ในทำนองเดียวกันพิจารณาแรงกระทำกับลวดเส้นที่ 1 ซึ่งเกิดจากสนามแม่เหล็ก ของกระแสไฟฟ้าในลวดเส้นที่ 2 จะได้แรงแม่เหล็ก \vec{F}_2 กระทำกับลวดเส้นที่ 1 มีทิศลง ลวดทั้งสองจึงผลักกัน



รูป ประกอบแนวคำตอบคำถามข้อ 9

10. ปลอยแท่งตัวนำจากที่สูงลงบนพื้น โดยแท่งตัวนำวางตัวในแนวราบและตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ซึ่งขนานกับพื้น จะมีปรากฏการณ์ใดเกิดขึ้นที่ตัวนำนั้นบ้าง
แนวคำตอบ เกิดแรงแม่เหล็กกระทำกับอิเล็กตรอนในแท่งตัวนำให้เคลื่อนไปอยู่หนาแน่นที่ปลายด้านหนึ่ง ทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำระหว่างปลายทั้งสอง
11. เมื่อขดลวดตัวนำปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเริ่มหมุนจากตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็กมายังตำแหน่งที่ระนาบของขดลวดขนานกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก จะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดนี้หรือไม่ เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เพราะขณะที่ระนาบขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจะมีฟลักซ์แม่เหล็กผ่านมากที่สุด เมื่อขดลวดหมุนฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดจะลดลง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและเป็นขดลวดตัวนำปิดจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด
12. เมื่อมอเตอร์หมุนช้ากว่าปกติ ถ้าปลอยให้มอเตอร์ทำงานต่อไป มอเตอร์จะเสียหายหรือไม่ เพราะเหตุใด
แนวคำตอบ มอเตอร์จะเกิดความเสียหายได้ เพราะการที่มอเตอร์หมุนช้ากว่าปกติจะทำให้อีเอ็มเอฟกลับที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลง กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดจะมีค่ามากขึ้นกว่าปกติตลอดเวลา ถ้ามอเตอร์หมุนเป็นเวลานานจะเกิดความร้อนมากและอาจชำรุดหรือไหม้ได้ในที่สุด

Ⓟ | ปัญหา

1. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า $+3.2 \times 10^{-19}$ คูโลมบ์ เคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กขนาด 1.2 เทสลา ด้วยความเร็ว 2.5×10^5 เมตรต่อวินาที ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคนี้

วิธีทำ จาก $F = qvB \sin \theta$
 เมื่อ $\vec{v} \perp \vec{B}$ $F = qvB$
 แทนค่า $F = (3.2 \times 10^{-19} \text{ C})(2.5 \times 10^5 \text{ m/s})(1.2 \text{ T})$
 $= 9.6 \times 10^{-14} \text{ N}$

ตอบ ขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคนี้เท่ากับ 9.6×10^{-14} นิวตัน

2. อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5.0×10^5 เมตรต่อวินาที ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ถูกแรงแม่เหล็กกระทำ 4.0×10^{-6} นิวตัน จงหาขนาดของสนามแม่เหล็ก

วิธีทำ จาก $F = qvB \sin \theta$
 เมื่อ $\vec{v} \perp \vec{B}$ $F = qvB$
 แทนค่า $4.0 \times 10^{-6} = (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(5 \times 10^5 \text{ m/s}) B$
 $B = \frac{4 \times 10^{-6} \text{ N}}{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(5 \times 10^5 \text{ m/s})}$
 $= 5.0 \times 10^7 \text{ T}$

ตอบ สนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 5.0×10^7 เทสลา

3. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2.0×10^6 เมตรต่อวินาที ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 5.0×10^{-2} เทสลา และมีแรงขนาด 4.8×10^{-14} นิวตัน กระทำต่ออนุภาค จงหาขนาดของประจุไฟฟ้า

วิธีทำ จาก $F = qvB \sin \theta$
 เมื่อ $\vec{v} \perp \vec{B}$ $F = qvB$
 จะได้ $q = \frac{F}{vB}$
 แทนค่า $q = \frac{4.8 \times 10^{-14} \text{ N}}{(2.0 \times 10^6 \text{ m/s})(5.0 \times 10^{-2} \text{ T})}$
 $= 4.8 \times 10^{-19} \text{ C}$

ตอบ ขนาดของประจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.8×10^{-19} คูโลมบ์

4. อิเล็กตรอนตัวหนึ่งถูกทำให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งด้วยความต่างศักย์ 2.84×10^{-2} โวลต์ หลังจากนั้นเข้าไปในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 4.0 เทสลา โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก จะมีขนาดของแรงกระทำต่ออิเล็กตรอนเท่าใด

วิธีทำ ประจุไฟฟ้าถูกเร่งด้วยความต่างศักย์จะทำให้พลังงานจลน์เปลี่ยนไปเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับ

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 = q\Delta V$$

อิเล็กตรอนถูกทำให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง จะได้

$$\frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V$$

$$v = \sqrt{\frac{2q\Delta V}{m}}$$

แทนค่า

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(2.84 \times 10^{-2} \text{ V})}{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})}}$$

$$= 9.9934 \times 10^4 \text{ m/s}$$

$$F = qvB$$

$$= (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(9.9934 \times 10^4 \text{ m/s})(4.0 \text{ T})$$

$$= 6.395 \times 10^{-14} \text{ N}$$

ตอบ ขนาดของแรงที่กระทำต่ออิเล็กตรอนเท่ากับ 6.4×10^{-14} นิวตัน

5. อนุภาคแอลฟามีมวล 6.68×10^{-27} กิโลกรัม และมีประจุ $+3.20 \times 10^{-19}$ คูลอมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3×10^6 เมตรต่อวินาที ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 1.0 เทสลา เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาเป็นวงกลมที่มีรัศมีเท่าใด

วิธีทำ เมื่ออนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ที่มีรัศมีตามสมการ

$$r = \frac{mv}{qB}$$

แทนค่า

$$r = \frac{(6.68 \times 10^{-27} \text{ kg})(3 \times 10^6 \text{ m/s})}{(3.20 \times 10^{-19} \text{ C})(1.0 \text{ T})}$$

$$= 6.26 \times 10^{-2} \text{ m}$$

ตอบ เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาเป็นวงกลมที่มีรัศมีเท่ากับ 6.26×10^{-2} เมตร

6. ดิวเทอรอนซึ่งเป็นนิวเคลียสของดิวเทอเรียมมีมวล 3.34×10^{-27} กิโลกรัม และประจุ $+1.60 \times 10^{-19}$ คูโลมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 4×10^6 เมตรต่อวินาที ในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ของดิวเทอรอนเป็นวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร จงหาขนาดของสนามแม่เหล็ก

วิธีทำ เมื่อดิวเทอรอนเคลื่อนที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ดังนั้นแรง F_B ที่ดิวเทอรอนได้รับจากสนามแม่เหล็กเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

$$F_B = \frac{mv^2}{r}$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$B = \frac{mv}{qr}$$

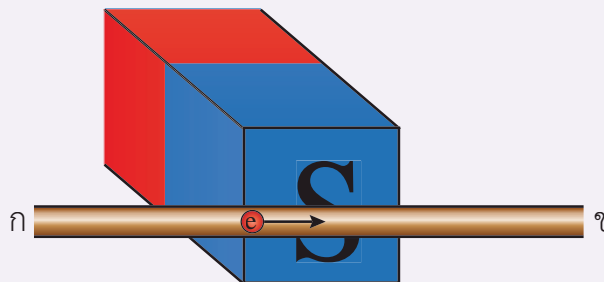
แทนค่า

$$= \frac{(3.34 \times 10^{-27} \text{ kg})(4 \times 10^6 \text{ m/s})}{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(0.10 \text{ m})}$$

$$= 0.84 \text{ T}$$

ตอบ ขนาดของสนามแม่เหล็กเท่ากับ 0.84 เทสลา

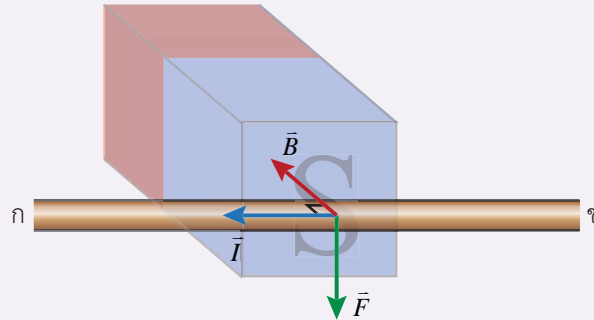
7. ลวดทองแดงตรง กข มีมวลน้อยมาก วางอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็ก ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดทองแดงนี้ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 7

แรงแม่เหล็กกระทำต่อลวดทองแดงนี้มีทิศทางใด

วิธีทำ กระแสไฟฟ้า I มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลจากขั้ว S ไปขั้ว ก สนามแม่เหล็ก \vec{B} ที่ผ่านลวดตัวนำ ขี้เข้าหาขั้วได้ S ดังรูป

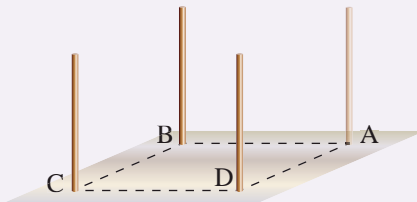


รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาข้อ 7

ใช้มือขวาหาทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดทองแดงนี้ จะได้ทิศทางของแรงแม่เหล็กมีทิศทางชี้ลงในแนวตั้ง ดังรูป

ตอบ แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดทองแดงมีทิศทางชี้ลงในแนวตั้ง

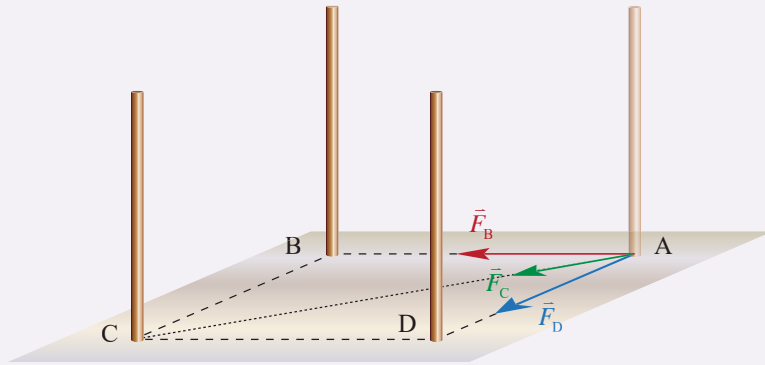
8. วางลวดตัวนำขนานกันและตั้งฉากกับพื้นราบที่จุด B C และ D และตรึงไว้แน่น ถ้านำลวดอีกเส้นหนึ่งมาวางไว้ที่จุด A ขนานกับลวดทั้งสาม โดย ABCD เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 8

ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำทั้ง 4 ขนาดเท่ากัน ในทิศทางเดียวกัน แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลวดที่วางที่จุด A มีทิศทางใด โดยแรงระหว่างลวดตัวนำขนานที่มีกระแสไฟฟ้าแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้า แต่แปรผกผันกับระยะห่างระหว่างเส้นลวด

วิธีทำ ลวดตัวนำ 2 เส้นวางขนานกัน มีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศทางเดียวกัน จะเกิดแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน หาแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อลวดที่วางที่จุด A ได้ดังนี้



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาข้อ 8

แรงที่กระทำต่อลวดที่ A มี 3 แรง ได้แก่ \vec{F}_B \vec{F}_C และ \vec{F}_D ดังรูป

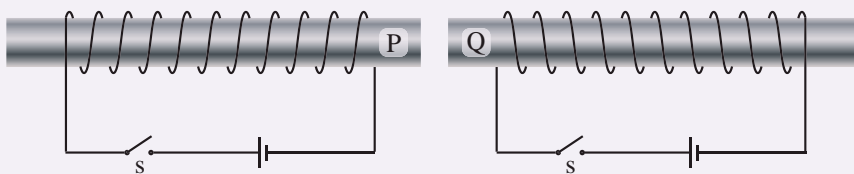
โดยขนาด $F_B = F_D$ จะได้ว่า $\vec{F}_B + \vec{F}_D$ มีทิศทางเดียวกับ \vec{F}_C

ดังนั้นแรงลัพธ์ที่จุด A $\vec{F} = (\vec{F}_B + \vec{F}_C + \vec{F}_D)$ มีทิศทางจากจุด A ไปจุด C

แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลวดที่วางที่จุด A มีทิศทางจาก A ไป C

ตอบ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลวด ที่วางที่จุด A มีทิศทางจาก A ไป C

9. แท่งเหล็กอ่อน P และ Q วางอยู่ใกล้กัน มีลวดพันไว้โดยรอบและต่อกับวงจรไฟฟ้า ดังรูป ชั่วและขวา ตามลำดับ

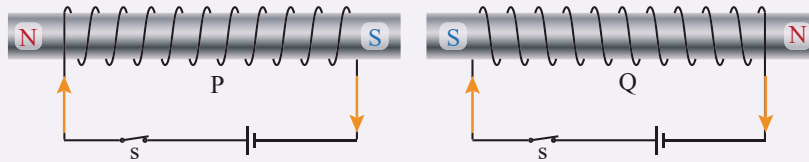


รูปประกอบปัญหาข้อ 9

- ก. เมื่อเปิดสวิตช์ S ในรูปซ้าย เหล็กอ่อน P และ Q จะเกิดแรงดึงดูดหรือแรงผลักรัน ให้เหตุผลประกอบ
- ข. เมื่อเปิดสวิตช์ S ในทั้งสองรูปพร้อมกัน เหล็กอ่อน P และ Q จะเกิดแรงดึงดูดหรือแรงผลักรัน ให้เหตุผลประกอบ

วิธีทำ ก. เมื่อเปิดสวิตช์ S ในรูปซ้าย กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดที่พันรอบเหล็กอ่อน P จะเหนี่ยวนำเหล็กอ่อน P กลายเป็นแท่งแม่เหล็ก เหล็กอ่อน P และ Q จะเกิดแรงดึงดูดกัน

ข. เมื่อเปิดสวิตช์ S ในทั้งสองรูปพร้อมกัน ใช้มือขวาหาสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าผ่านลวดที่พันรอบเหล็กอ่อน P และ Q จะทำให้เหล็กอ่อน P และ Q กลายเป็นแท่งแม่เหล็กที่มีขั้วใต้อยู่ใกล้กัน ดังรูป เหล็กอ่อน P และ Q จะเกิดแรงผลักรัน



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาข้อ 9

- ตอบ ก. เหล็กอ่อน P และ Q จะเกิดแรงดึงดูดกัน
 ข. เหล็กอ่อน P และ Q จะเกิดแรงผลักรัน

10. ขดลวดระนาบมีพื้นที่ 800 ตารางเซนติเมตร จำนวน 20 รอบ และระนาบของขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอมีขนาด 0.3 เทสลา ถ้ามีกระแสไฟฟ้าผ่าน 0.5 แอมแปร์ ขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดมีค่าเท่าใด

วิธีทำ

จาก $M = NIBA \cos \theta$

แต่ $\cos \theta = \cos 0^\circ$
 $= 1$

แทนค่า $M = (20)(0.5 \text{ A})(0.3 \text{ T})(800 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$
 $= 0.24 \text{ N m}$

- ตอบ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดมีค่าเท่ากับ 0.24 นิวตัน เมตร

11. ขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่ 120 ตารางเซนติเมตร จำนวน 40 รอบ มีกระแสไฟฟ้าผ่าน 2 แอมแปร์และอยู่ในสนามแม่เหล็กขนาด 0.25 เทสลา โดยระนาบของขดลวดทำมุม 60 องศา กับสนามแม่เหล็ก จงหาขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด

วิธีทำ

จาก $M = NIBA \cos \theta$

แทนค่า $M = (40)(2 \text{ A})(0.25 \text{ T})(120 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \left(\frac{1}{2}\right)$
 $= 0.12 \text{ N m}$

- ตอบ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวดเท่ากับ 0.12 นิวตัน เมตร

12. ขดลวดตัวนำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3×5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 20 รอบ อยู่ในสนามแม่เหล็ก ขนาดสม่ำเสมอ 0.5 เทสลา โดยระนาบของขดลวดอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็กและด้านของขดลวดที่มีความยาว 5 เซนติเมตร ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก เมื่อให้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ผ่านขดลวดนี้ จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อขดลวดแต่ละด้านและขนาดของโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด

วิธีทำ

จาก $F = I l B \sin \theta$

ด้านของขดลวดที่มีความยาว 5 เซนติเมตร ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังนั้นจะได้

$$F = I l B$$

แทนค่า $F = (5 \text{ A})(5 \times 10^{-2} \text{ m})(0.5 \text{ T})$
 $= 0.125 \text{ N}$

แต่เนื่องจากขดลวดมีจำนวน 20 รอบ ดังนั้นแรงลัพธ์ที่กระทำต่อขดลวดด้านที่มีความยาว 5 เซนติเมตรจึงมีค่าเท่ากับ 20 เท่า จะได้

$$\Sigma F = (20)(0.125 \text{ N})$$

$$= 2.50 \text{ N}$$

ส่วนด้านของขดลวดที่ยาว 3 เซนติเมตร ลวดวางขนานกับสนามแม่เหล็ก ดังนั้นแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อขดลวดด้านนี้เป็นศูนย์

หาขนาดโมเมนต์จาก $M = N I B A \cos \theta$

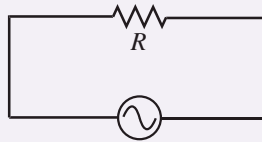
เนื่องจากระนาบของขดลวดทำมุม 0 องศา กับสนามแม่เหล็ก ดังนั้น

$$M = N I B A$$

แทนค่า $M = (20)(5 \text{ A})(0.5 \text{ T})(3 \times 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2)$
 $= 7.5 \times 10^{-2} \text{ N m}$

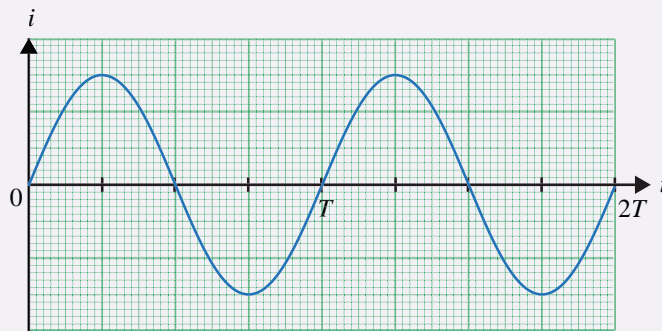
- ตอบ** แรงที่กระทำต่อขดลวดด้านที่ยาว 5 เซนติเมตร เท่ากับ 2.5 นิวตัน และแรงที่กระทำต่อขดลวดด้านที่ยาว 3 เซนติเมตร เท่ากับศูนย์ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่กระทำต่อขดลวด เท่ากับ 7.5×10^{-2} นิวตัน เมตร

13. ตัวต้านทาน R ต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป ก.

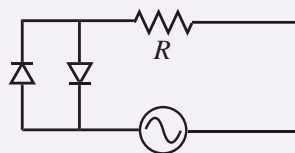


รูป ประกอบปัญหาข้อ 13 ก.

กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า i ที่ผ่านตัวต้านทาน R ที่เวลา t ใด ๆ เป็นดังนี้

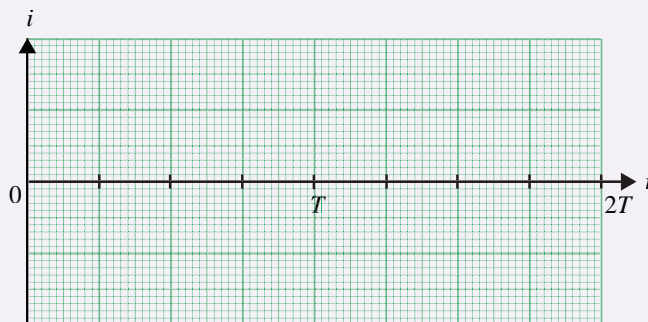


ถ้าใส่ไดโอดเข้าไปในวงจร ดังรูป ข. (ให้ถือว่าความต้านทานของไดโอดเป็นศูนย์ในขณะนำไฟฟ้า

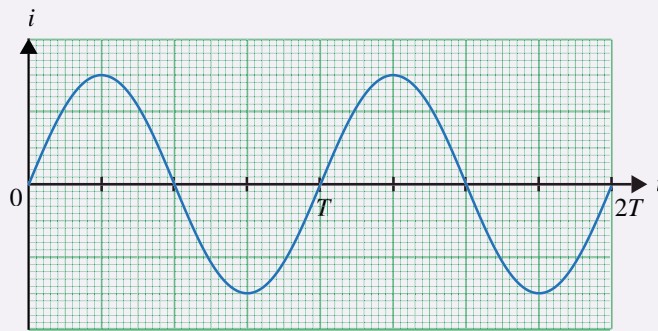


รูป ประกอบปัญหาข้อ 13 ข.

จงเขียนกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า i ที่ผ่านตัวต้านทาน R ที่เวลา t ใด ๆ ลงในรูปที่กำหนดให้

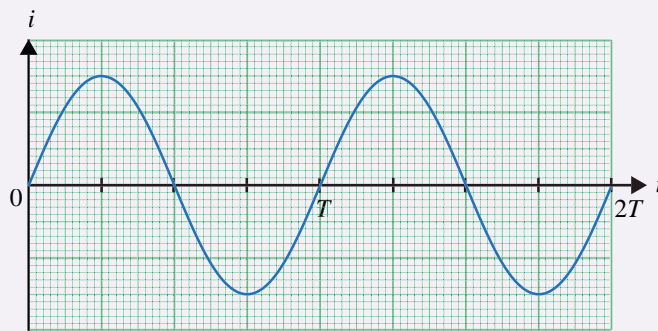


วิธีทำ ไดโอดจะยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้เพียงทิศทางเดียว แต่การต่อไดโอดในรูป ข จะทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ทั้งไปและกลับจึงเหมือนกับสายไฟทั่วไป ดังนั้น กระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน R ได้กราฟ i กับ t ดังรูป

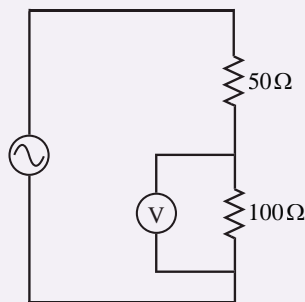


รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาข้อ 13

ตอบ กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า i ที่ผ่านตัวต้านทาน R ที่เวลา t



14. ตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 50 และ 100 โอห์ม ต่ออนุกรมกัน แล้วต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 14

ถ้ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านความต้านทาน 50 โอห์ม มีค่า 0.8 แอมแปร์ โวลต์มิเตอร์ V อ่านค่าได้เท่าใด

วิธีทำ ความต้านทาน 100 โอห์ม ต่ออนุกรมกับความต้านทาน 50 โอห์ม กระแสไฟฟ้าที่ผ่านจะมีค่าเท่ากัน ค่าที่โวลต์มิเตอร์อ่านได้คือ V_{rms} และหาได้จากสมการ $V_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} R$

$$\text{โดย } I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

จากสมการ

$$V_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} R$$

$$V_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} R$$

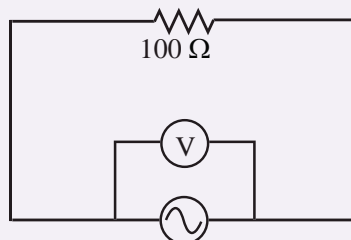
จะได้

$$V_{\text{rms}} = \frac{(0.8 \text{ A})}{1.414} (100 \Omega)$$

$$V_{\text{rms}} = 56.6 \text{ V}$$

ตอบ โวลต์มิเตอร์ V อ่านค่าได้ 56.6 โวลต์

15. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 15

ถ้าโวลต์มิเตอร์ V อ่านความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสได้ 200 โวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 100 โอห์ม มีค่าเท่าใด

วิธีทำ ความต่างศักย์ที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์เป็นความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส V_{rms} จากสมการ

$$V_{\text{rms}} = I_{\text{rms}} R \text{ และ } I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

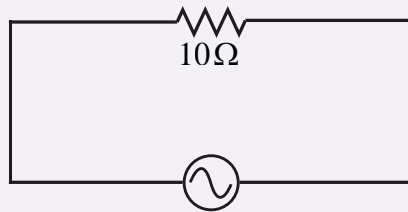
$$\text{จะได้ } I_0 = \frac{\sqrt{2}(V_{\text{rms}})}{R}$$

$$\text{แทนค่า } I_0 = \frac{200\sqrt{2} \text{ V}}{100 \Omega}$$

$$\text{จะได้ } I_0 = 2\sqrt{2} \text{ A} \\ = 2.82 \text{ A}$$

ตอบ กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 100 โอห์ม มีค่าเท่ากับ 2.82 แอมแปร์

16. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 10 โอห์ม ต่ออยู่ในวงจรดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 16

ถ้ากระแสไฟฟ้าในวงจรเป็นไปตามสมการ $i = 2 \sin(100\pi t)$ จงหา

ก. ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ข. สมการความต่างศักย์ที่เป็นฟังก์ชันกับเวลา

วิธีทำ ก. กระแสไฟฟ้าสลับเปลี่ยนแปลงค่าตามเวลาในรูปฟังก์ชันไซน์ ดังสมการ $i = I_0 \sin \omega t$

จาก $\omega = 2\pi f$

$$100\pi = 2\pi f$$

จะได้ $f = 50 \text{ Hz}$

ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 50 เฮิรตซ์

ข. ตัวต้านทานที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ความต่างศักย์ มีเฟสเดียวกับกับ

กระแสไฟฟ้า i ดังนั้น สมการความต่างศักย์ที่ปลายของตัวต้านทาน คือ $v = V_0 \sin(\omega t)$

หา V_0 จากสมการ $V_0 = I_0 R$

จะได้ $V_0 = (2\text{A})(10\Omega)$

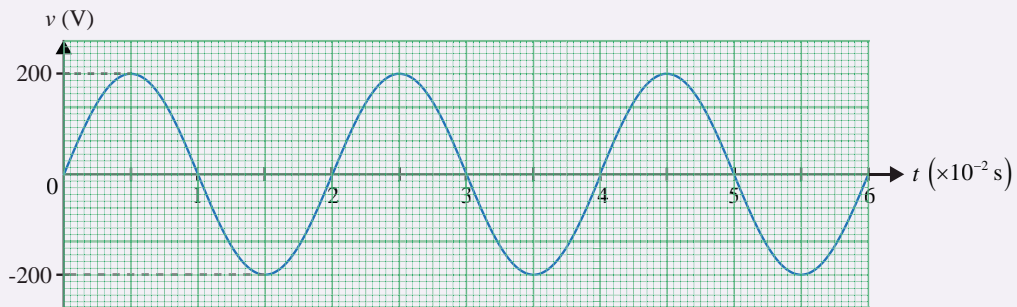
$$V_0 = 20 \text{ V}$$

ดังนั้น $v = 20 \sin(100\pi t)$

ตอบ ก. ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 50 เฮิรตซ์

ข. สมการความต่างศักย์ที่ปลายของตัวต้านทาน คือ $v = 20 \sin(100\pi t)$

17. ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ขณะหนึ่ง v ที่เวลา t ใด ๆ ของไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นดังกราฟ



รูป ประกอบปัญหาข้อ 17

จงหาความต่างศักย์สูงสุด ความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส คาบ และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ

วิธีทำ หาความต่างศักย์สูงสุดจากกราฟได้ 200 V

หาความต่างศักย์อาร์เอ็มเอส จาก

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

แทนค่า

$$V_{\text{rms}} = \frac{200 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 141.4 \text{ V}$$

หาคาบจากกราฟได้ $2 \times 10^{-2} \text{ s}$

หาความถี่จาก

$$f = \frac{1}{T}$$

แทนค่า

$$f = \frac{1}{0.02 \text{ s}} = 50 \text{ Hz}$$

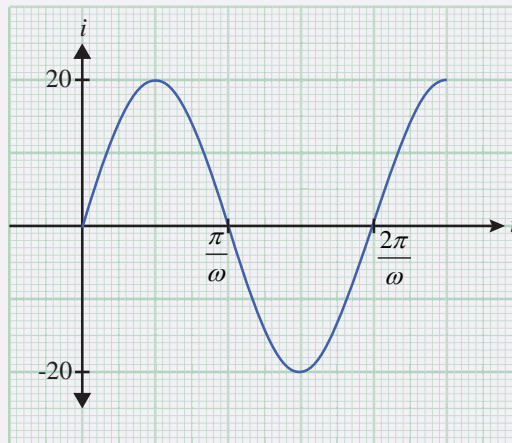
ตอบ ความต่างศักย์สูงสุดเท่ากับ 200 โวลต์ ความต่างศักย์อาร์เอ็มเอสเท่ากับ 141 โวลต์ คาบเท่ากับ 0.02 วินาที และความถี่เท่ากับ 50 เฮิรตซ์

18. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กระแสไฟฟ้าตามสมการ $i = 20 \sin \omega t$

เมื่อ i มีหน่วยเป็นแอมแปร์ และ t มีหน่วยเป็นวินาที จงหาค่า i เมื่อ $t = 0 \frac{\pi}{2\omega} \frac{\pi}{\omega} \frac{3\pi}{2\omega}$

และ $\frac{2\pi}{\omega}$ และเขียนกราฟระหว่าง i กับ t

วิธีทำ หากกระแสไฟฟ้าจากสมการ $i = 20 \sin \omega t$ แทนค่าเวลา $t = 0 \frac{\pi}{2\omega} \frac{\pi}{\omega} \frac{3\pi}{2\omega}$ และ $\frac{2\pi}{\omega}$ ในหน่วยวินาที จะได้ $t = 0A \ 20A \ 0A \ -20A$ และ $0A$ ตามลำดับ
จากสมการ $i = 20 \sin \omega t$ มี I_0 เท่ากับ $20A$ และคาบเท่ากับ $\frac{2\pi}{\omega}$ จะเขียนกราฟได้ดังรูป



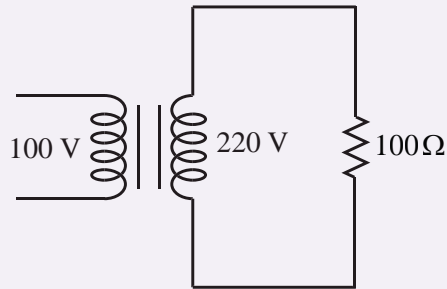
รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาข้อ 18

ตอบ i เมื่อ $t = 0 \frac{\pi}{2\omega} \frac{\pi}{\omega} \frac{3\pi}{2\omega}$ และ $\frac{2\pi}{\omega}$ ในหน่วยวินาที มีค่าเท่ากับ $0A \ 20A \ 0A \ -20A$

และ $0A$ ตามลำดับ

เขียนกราฟได้ดังรูปในวิธีทำ

19. วงจรหม้อแปลงอุดมคติ (ไม่คำนึงถึงการสูญเสียพลังงาน) ต่อกับตัวต้านทาน ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 19

ถ้าต่อฟิวส์ที่ขดลวดปฐมภูมิจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมกี่แอมแปร์

วิธีทำ หม้อแปลงอุดมคติ จะส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมิ

โดยกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่าเดิม ใช้ความสัมพันธ์ $P = IV = \frac{V^2}{R}$

$$P_1 = P_2$$

$$IV_1 = \frac{V_2^2}{R}$$

$$I(100 \text{ V}) = \frac{(220 \text{ V})^2}{100 \Omega}$$

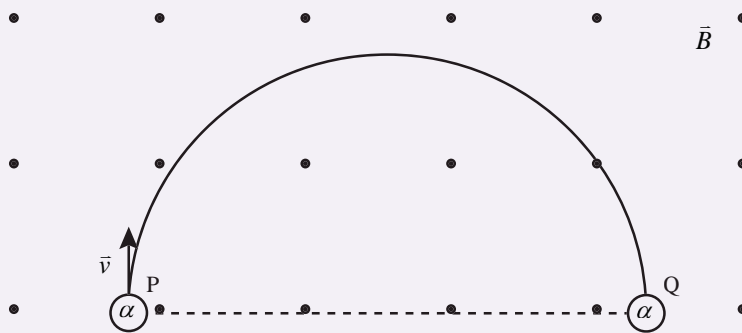
$$I = 4.84 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้ามี่ค่า 4.84 แอมแปร์

ตอบ ต่อฟิวส์ที่ขดลวดปฐมภูมิมีขนาดที่เหมาะสม 5 แอมแปร์

ปัญหาท้าทาย

20. อนุภาคแอลฟามีประจุ $+2e$ เคลื่อนที่จากจุด P ด้วยความเร็ว \vec{v} เข้าไปในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ \vec{B} โดย \vec{v} มีทิศตั้งฉากกับ \vec{B} แล้วออกจากสนามแม่เหล็กที่จุด Q ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาในสนามแม่เหล็กเป็นครึ่งวงกลม ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 20

ถ้าประจุต่อมวลของอนุภาคแอลฟาเท่ากับ 4.79×10^7 คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม และสนามแม่เหล็กมีขนาด 4.0×10^{-6} เทสลา จงหาเวลาที่อนุภาคแอลฟาใช้ในการเคลื่อนที่จากจุด P ไปยังจุด Q

วิธีทำ จากรูปอนุภาคแอลฟาเคลื่อนที่จาก P ไปยังจุด Q เป็นครึ่งวงกลมจะใช้เวลาเท่ากับ $\frac{T}{2}$

หาจาก $T = \frac{2\pi r}{v}$ และจาก $r = \frac{mv}{qB}$ จะได้

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi m}{qB}$$

$$= \frac{\pi}{(q/m)(B)}$$

แทนค่า

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{(4.79 \times 10^7 \text{ C/kg})(4.0 \times 10^{-6} \text{ T})}$$

$$= 1.64 \times 10^{-2} \text{ s}$$

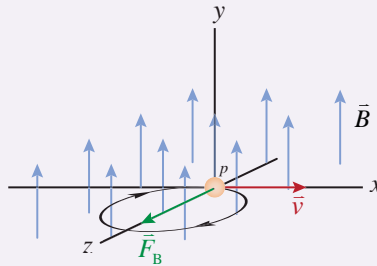
ตอบ เวลาที่อนุภาคแอลฟาใช้ในการเคลื่อนที่จากจุด P ไปยังจุด Q เท่ากับ 1.64×10^{-2} วินาที

21. โปรตอนมีมวล 1.67×10^{-27} กิโลกรัม และประจุ 1.60×10^{-19} คูโลมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว \vec{v} ในทิศ $+x$ เข้าไปในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 6.68×10^{-5} เทสลา ซึ่งมีทิศขนานกับแกน $+y$ ทำให้โปรตอนเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 20 เซนติเมตร

ก. การเคลื่อนที่เป็นวงกลมของโปรตอนอยู่ในระนาบใด

ข. ขนาดของ \vec{v} มีค่าเท่าใด

วิธีทำ ก. เมื่อโปรตอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว \vec{v} ในทิศ $+x$ เข้าไปในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ \vec{B} ซึ่งมีทิศขนานกับแกน y แรงที่โปรตอนได้รับจากสนามแม่เหล็ก \vec{F}_B สามารถหาทิศทางได้จากการใช้มือขวา จะได้ \vec{F}_B มีทิศขนานกับแกน z ดังรูป



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 21

ดังนั้นโปรตอนจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบ xz

ข. หาขนาดของ v จากสมการ

$$r = \frac{mv}{qB}$$

จะได้

$$v = \frac{qBr}{m}$$

แทนค่า

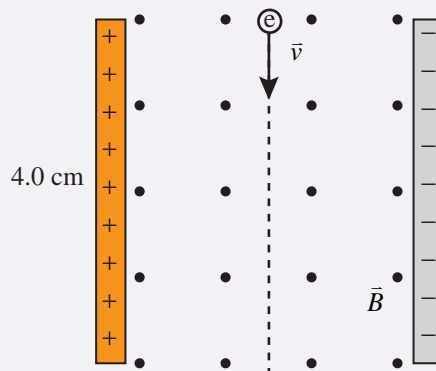
$$v = \frac{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(6.68 \times 10^{-5} \text{ T})(0.20 \text{ m})}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}$$

$$= 1.28 \times 10^3 \text{ m/s}$$

ตอบ ก. โปรตอนจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบ xz

ข. ขนาดของความเร็วเท่ากับ 1.28×10^3 เมตรต่อวินาที

22. อิเล็กตรอนมีมวล 9.10×10^{-31} กิโลกรัม และประจุ -1.60×10^{-19} คูโลมบ์ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว \vec{v} เข้าไปในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด 4.0×10^5 นิวตันต่อคูโลมบ์ ระหว่างแผ่นคู่ขนานที่ยาว 4.0 เซนติเมตร และมีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.50 เทสลา มีทิศทางดังรูป



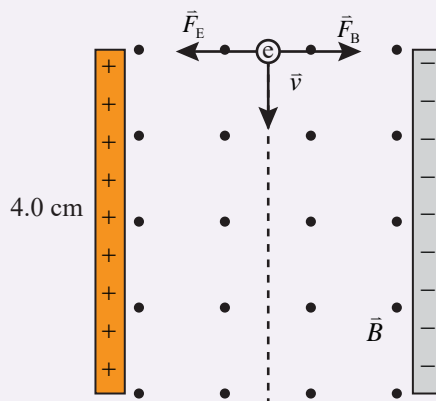
รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 22

ถ้าอิเล็กตรอนไม่มีการเบี่ยงเบนจากแนวเดิม จงหา

ก. ขนาดของความเร็วของอิเล็กตรอน

ข. เวลาที่อิเล็กตรอนใช้ในการเคลื่อนที่ตลอดความยาวของแผ่นคู่ขนานในหน่วยนาโนวินาที

วิธีทำ ก. เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า อิเล็กตรอนจะได้รับแรง \vec{F}_E เนื่องจากสนามไฟฟ้า และถ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กด้วย อิเล็กตรอนก็จะได้รับแรง \vec{F}_B เนื่องจากสนามแม่เหล็ก แรงทั้งสองมีทิศทาง ดังรูป



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 22

ถ้าอิเล็กตรอนไม่เบี่ยงเบนจากแนวเดิม แสดงว่าขนาดของ \vec{F}_E เท่ากับขนาดของ \vec{F}_B นั่นคือ

$$F_E = F_B$$

$$qE = qvB$$

$$v = \frac{E}{B}$$

แทนค่า

$$v = \frac{4.0 \times 10^5 \text{ N/C}}{0.50 \text{ T}}$$

$$= 8.0 \times 10^5 \text{ m/s}$$

ข. หาเวลาได้จากสมการ

$$v = \frac{s}{t}$$

จะได้

$$t = \frac{s}{v}$$

แทนค่า

$$t = \frac{4.0 \times 10^{-2} \text{ m}}{8.0 \times 10^5 \text{ m/s}}$$

$$= 0.50 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$= 50 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$= 50 \text{ ns}$$

ตอบ ก. ขนาดของความเร็วของอิเล็กตรอนเท่ากับ 8.0×10^5 เมตรต่อวินาที

ข. เวลาที่อิเล็กตรอนใช้ในการเคลื่อนที่ตลอดความยาวของแผ่นคู่ขนานเท่ากับ 50 นาโนวินาที

23. โปรตอนมีมวล 1.67×10^{-27} กิโลกรัม และประจุ 1.60×10^{-19} คูลอมบ์ ถูกเร่งจากหยุดนิ่งผ่านความต่างศักย์ 640 โวลต์ แล้วจึงเคลื่อนเข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 4.0 เซนติเมตร จงหา

ก. ขนาดของความเร็วของโปรตอน

ข. ขนาดสนามแม่เหล็ก

วิธีทำ ก. เมื่อโปรตอนมวล m ประจุ q ถูกเร่งจากหยุดนิ่งผ่านความต่างศักย์ V โปรตอนจะมีพลังงานจลน์ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV$$

หาขนาดของความเร็วได้

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

แทนค่า

$$v = \sqrt{\frac{2(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(640 \text{ V})}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}}$$

$$= 3.50 \times 10^5 \text{ m/s}$$

ข. หาสนามแม่เหล็กจากโปรตอนเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีรัศมี ตามสมการ

$$r = \frac{mv}{qB}$$

จะได้

$$B = \frac{mv}{qr}$$

แทนค่า

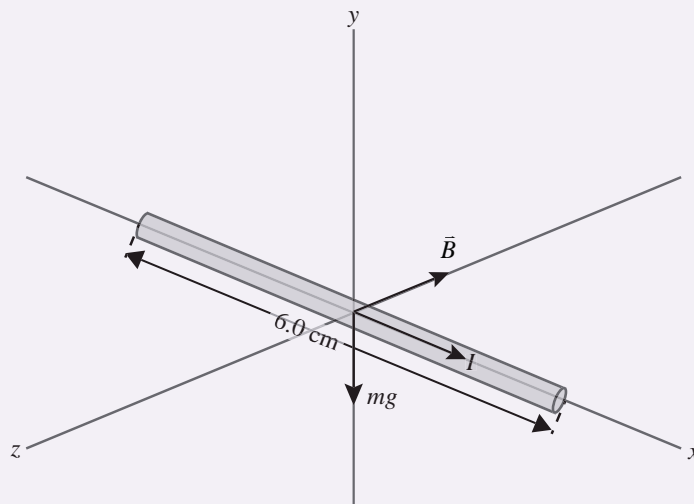
$$B = \frac{(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})(3.50 \times 10^5 \text{ m/s})}{(1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(4.0 \times 10^{-2} \text{ m})}$$

$$= 9.13 \times 10^2 \text{ T}$$

ตอบ ก. ความเร็วของโปรตอนเท่ากับ 3.50×10^5 เมตรต่อวินาที

ข. ขนาดของสนามแม่เหล็กเท่ากับ 9.13×10^2 เทสลา

24. เส้นลวดตัวนำมีมวล 10 กรัม และยาว 6.0 เซนติเมตร วางตัวในแนวแกน x อยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.4 เทสลา มีทิศ $-z$ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 24

ถ้ามีกระแสไฟฟ้า 5.0 แอมแปร์ ผ่านเส้นลวดตัวนำในทิศ $+x$ และให้แทนค่าความเร่งโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง

ก. จงหาขนาดแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ

ข. เส้นลวดตัวนำกำลังเคลื่อนที่ทิศทางใด ด้วยความเร่งเท่าใด

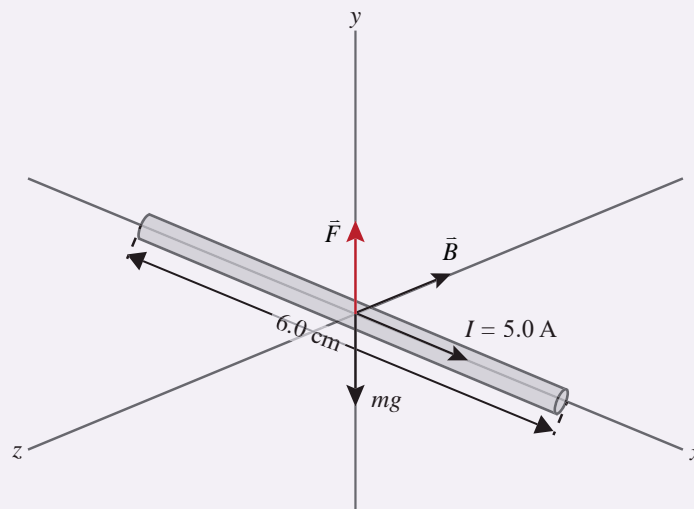
วิธีทำ ก. หาขนาดแรงจากสมการ $F = I\ell B \sin \theta$ แต่เนื่องจากทิศทางของกระแสไฟฟ้ากับทิศทางของสนามแม่เหล็กมีทิศทางตั้งฉากกัน จะได้

$$F = I\ell B$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad F &= (5.0 \text{ A})(6.0 \times 10^{-2} \text{ m})(0.4 \text{ T}) \\ &= 0.12 \text{ N} \end{aligned}$$

ขนาดแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำมีค่าเท่ากับ 0.12 นิวตัน

ข. ทิศทางของแรงโดยใช้มือขวาจะได้ \vec{F} มีทิศ $+y$ ดังรูป



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 24

เขียนแผนภาพวัตถุอิสระของลวดตัวนำ ได้ดังรูป ให้เส้นลวดตัวนำกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a จากกฎข้อที่สองของนิวตัน $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ ให้แรงในทิศ $+y$ มีค่าเป็นบวกจะได้

$$F - mg = ma$$

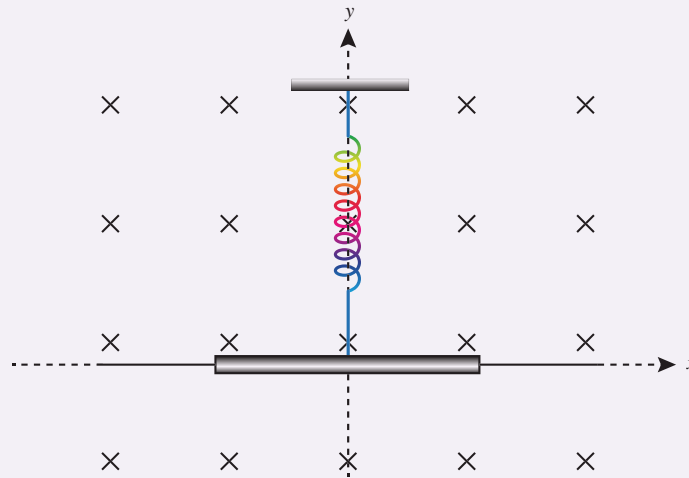
$$\text{แทนค่า} \quad 0.12 \text{ N} - (10 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = (10 \times 10^{-3} \text{ kg}) a$$

$$a = 2.2 \text{ m/s}^2$$

ตอบ ก. ขนาดแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำมีค่าเท่ากับ 0.12 นิวตัน

ข. ลวดตัวนำกำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งเท่ากับ 2.2 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง

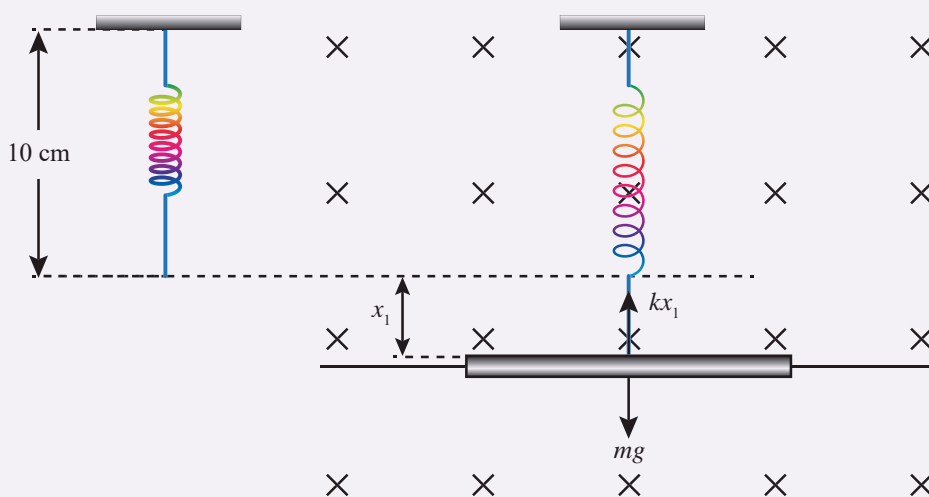
25. ลวดตัวนำเส้นหนึ่งมีมวล 25 กรัม และยาว 10 เซนติเมตร แขนงจุดกึ่งกลางของลวดไว้กับสปริงพลาสติกที่มีค่าคงตัวสปริง k ทำให้สปริงยืดออกเล็กน้อยและลวดตัวนำวางตัวในแนวแกน x อยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.4 เทสลา ที่มีทิศทางชี้เข้าตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 25

เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ 8.0 แอมแปร์ ในทิศทาง $+x$ แรงแม่เหล็กจะทำให้สปริงหดกลับขึ้นไปเป็นระยะ 1.0 เซนติเมตร จงหาค่าคงตัวสปริง k (ไม่คำนึงถึงน้ำหนักของสายไฟ)

วิธีทำ ก่อนมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ ดังรูป ก.



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 25 ก.

เมื่อแขวนเส้นลวดมวล 25 กรัม ทำให้สปริงยืดออกเป็นระยะ x_1 แล้ววางตัวนิ่งในแนวระดับรูป ข. แรงที่ทำให้สปริงยืดคือ น้ำหนักของเส้นลวด

$$\begin{aligned} W &= mg \\ &= (25 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \\ &= 0.245 \text{ N} \end{aligned}$$

เมื่อลวดตัวนำหยุดนิ่งในแนวระดับได้ว่า

$$\sum F = 0$$

$$kx_1 = mg$$

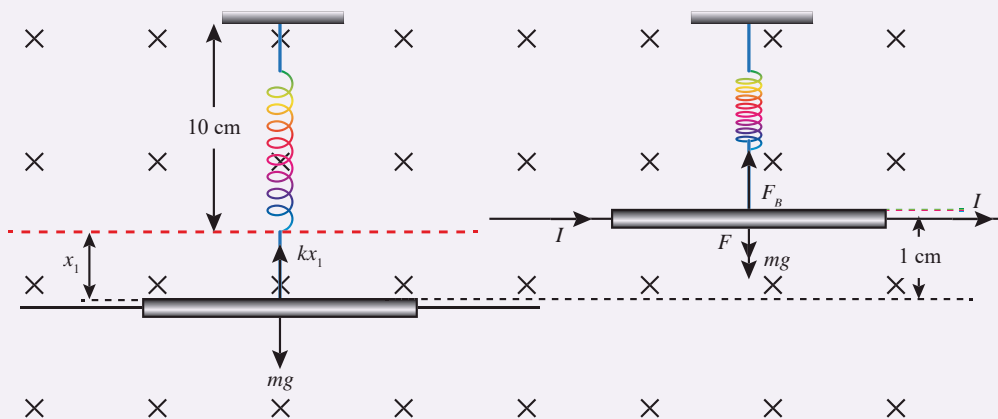
แต่เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำในทิศทาง $+x$ จะเกิดแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดในทิศทางขึ้น จาก

$$F_B = IlB$$

$$\begin{aligned} F_B &= (8 \text{ A})(0.10 \text{ m})(0.40 \text{ T}) \\ &= 0.32 \text{ N} \end{aligned}$$

แรงแม่เหล็กนี้ทำให้สปริงหดกลับเป็นระยะ 1 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณา ขนาดของแรงแม่เหล็กและน้ำหนักของเส้นลวด พบว่า แรงแม่เหล็กที่มีทิศทางขึ้นมีค่ามากกว่าน้ำหนักของเส้นลวด จึงทำให้สปริงถูกอัดให้สั้นกว่าความยาวเดิมเป็นระยะ $(1 \times 10^{-2}) - x_1$ เมตร



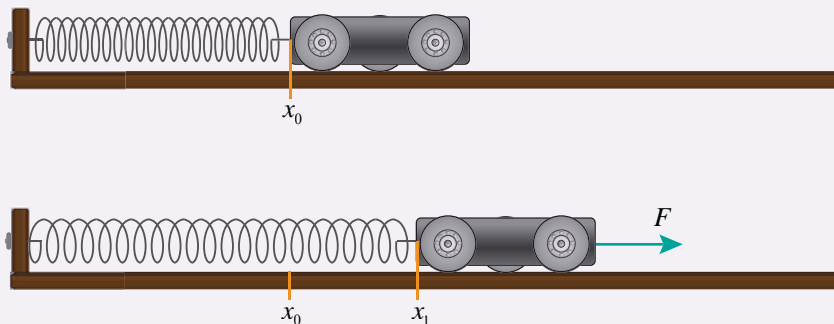
รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 25 ข.

จะได้ $F_B = mg + k(1 \times 10^{-2} \text{ m} - x_1)$
 $IlB = mg + k(1 \times 10^{-2} \text{ m}) - kx_1$

เนื่องจาก $mg = kx_1$
 $IlB = k(1 \times 10^{-2} \text{ m})$
 $(0.8 \text{ A})(0.10 \text{ m})(0.40 \text{ T}) = k(1 \times 10^{-2} \text{ m})$
 $0.32 \text{ N} = k(1 \times 10^{-2} \text{ m})$
 $k = 32 \text{ N/m}$

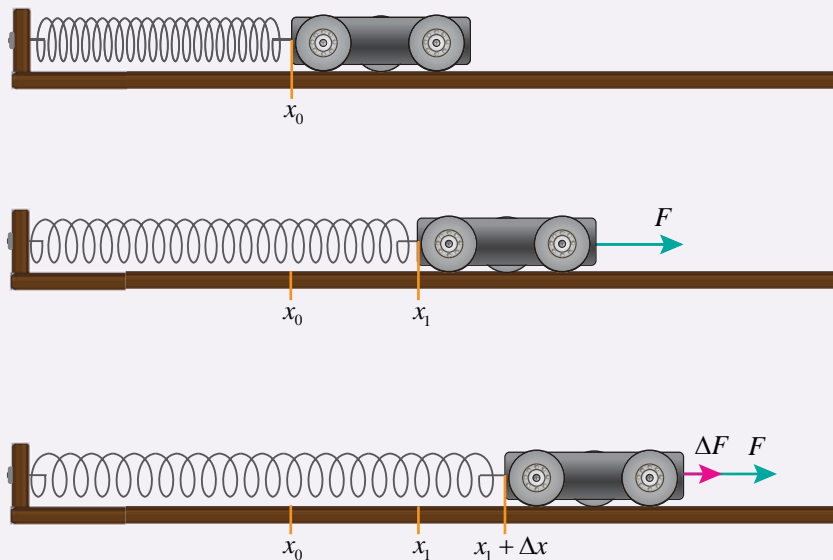
หรือทำได้อีกวิธีหนึ่ง โดยพิจารณาว่าเมื่อแขวนเส้นลวดสปริงจะยืดออกและหยุดนิ่ง แล้วเมื่อมีแรงกระทำ ทำให้สปริงมีการยืดหรือหดจากจุดดังกล่าว สามารถพิจารณาว่าสปริงจะเสมือนมีแรงสปริงซึ่งแปรผันตรงกับระยะที่เปลี่ยนไปจากจุดนั้นกระทำ พิสูจน์ได้ดังนี้

พิจารณาสปริงซึ่งวางตัวอยู่ในแนวราบผูกติดกับรถทดลอง เมื่อออกแรง F ทำให้สปริงยืดออกเป็นระยะ x_1 แล้วหยุดนิ่งดังรูป ค.



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 25 ค.

จาก $\sum F = 0$
 จะได้ว่า $F = kx_1$ (1)
 เมื่อให้แรงเพิ่มขึ้นอีกขนาด ΔF จะทำให้สปริงยืดเพิ่มขึ้นอีกเป็นระยะ Δx แล้วหยุดนิ่ง ดังรูป ง.



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 25 ง.

สามารถหาแรงสปริงได้จาก

$$\sum F = 0$$

จะได้ว่า $F + \Delta F = k(x_1 + \Delta x)$

จากสมการ (1) จะได้ว่า

$$\Delta F = k \Delta x$$

หรือสรุปได้ว่า **ขนาดแรงกระทำที่เปลี่ยนแปลงไป เท่ากับ ค่าคงตัวสปริงคูณขนาดความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป**

จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านลวดในทิศทาง $+x$ จะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่อเส้นลวดในทิศทางขึ้น ทำให้สปริงหดกลับไปจากเดิมเป็นระยะทาง 1.0 เซนติเมตร แล้วหยุดนิ่ง ดังนั้นจะได้ว่า

$$F_B = k \Delta x$$

$$IB = k(1 \times 10^{-2} \text{ m})$$

$$(0.8 \text{ A})(0.10 \text{ m})(0.40 \text{ T}) = k(1.0 \times 10^{-2} \text{ m})$$

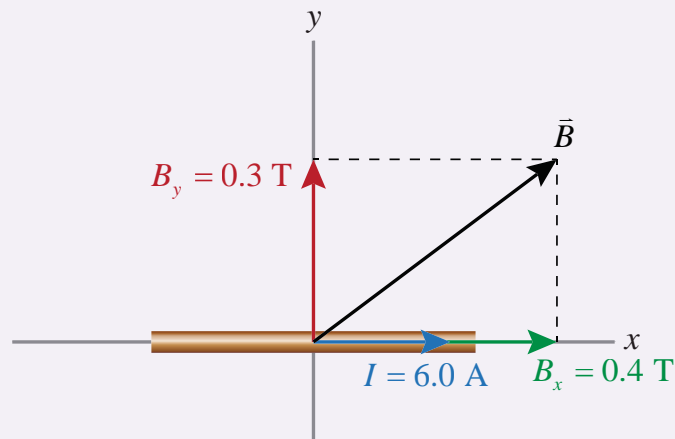
$$0.32 \text{ N} = k(1.0 \times 10^{-2} \text{ m})$$

$$k = 32 \text{ N/m}$$

ตอบ ค่าคงตัวสปริง k เท่ากับ 32 นิวตันต่อเมตร

26. ลวดตัวนำยาว 15 เซนติเมตร วางตัวในแนวแกน x โดยจุดกึ่งกลางอยู่ที่จุดกำเนิด ถ้ามีสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ \vec{B} ในระนาบ xy โดย \vec{B} มีองค์ประกอบแนวแกน x และ y เท่ากับ 0.40 และ 0.30 เทสลา ตามลำดับ เมื่อกระแสไฟฟ้า 6.0 แอมแปร์ผ่านลวดตัวนำในทิศ $+x$ จงหาขนาดและทิศทางของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ

วิธีทำ ลวดตัวนำยาว l วางตัวในแนวแกน x และมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านลวดตัวนำในทิศ $+x$ ดังรูป



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 26

ถ้า \vec{B} เป็นสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอในระนาบ xy

B_x และ B_y เป็นองค์ประกอบของ \vec{B} ตามแนวแกน x และ y ตามลำดับ

$B_x = 0.40 \text{ T}$ และ $B_y = 0.30 \text{ T}$

เฉพาะ B_y ซึ่งตั้งฉากกับลวดตัวนำ จะทำให้เกิดแรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ซึ่งมีค่าตามสมการ

$$\begin{aligned} F &= IlB_y \\ &= (6.0 \text{ A})(0.15 \text{ m})(0.30 \text{ T}) \\ &= 0.27 \text{ N} \end{aligned}$$

จากการใช้มือขวา จะได้ \vec{F} มีทิศ $+z$

แรงเนื่องจากสนามแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำเท่ากับ 0.27 นิวตัน และมีทิศ $+z$ ส่วนสนามแม่เหล็ก B_x อยู่ในแนวขนานกับกระแสไฟฟ้า จึงไม่เกิดแรงแม่เหล็ก

ตอบ 0.27 นิวตัน และมีทิศ $+z$ (ทิศชี้ออกตั้งฉากกับกระดาษ)

27. ลวดตัวนำยาว l เส้นหนึ่งวางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.80 เทสลา เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านลวดตัวนำนี้ ทำให้เกิดแรงต่อหนึ่งหน่วยความยาวที่กระทำต่อลวดตัวนำมีค่า 20 นิวตันต่อเมตร จงหาค่าของ I

วิธีทำ ลวดตัวนำยาว l วางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด B เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ผ่านลวดตัวนำ แรง F ที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำมีขนาด ดังนี้

$$F = IlB \sin 90^\circ$$

เนื่องจากลวดวางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ดังนั้น

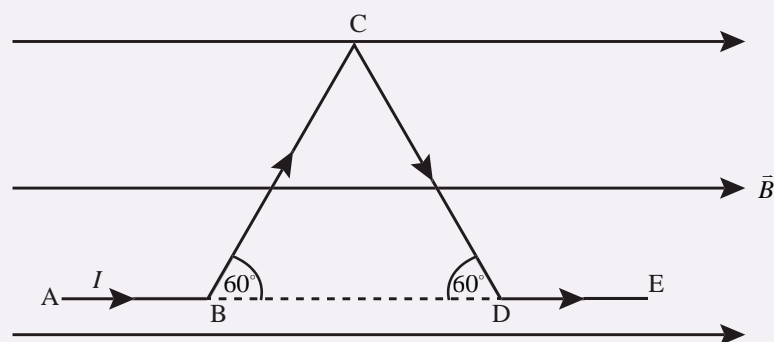
$$F = IlB$$

นำมาหา I ได้เป็น

$$\begin{aligned} I &= \frac{F}{lB} \\ I &= \frac{(F/l)}{B} \\ &= \frac{20 \text{ N/m}}{0.80 \text{ T}} \\ &= 25 \text{ A} \end{aligned}$$

ตอบ ค่าของ I เท่ากับ 25 แอมแปร์

28. สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.40 เทสลา ผ่านลวดตัวนำ ABCDE ในแนวขนานกับระนาบของลวดตัวนำ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 28

ถ้า AB และ DE ยาว 10 เซนติเมตร เท่ากัน ส่วน BC และ CD ยาว 20 เซนติเมตรเท่ากัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I เท่ากับ 3 แอมแปร์ ผ่านลวดตัวนำนี้ จงหาแรงลัพธ์ของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ

วิธีทำ ลวดตัวนำยาว l มีกระแสไฟฟ้า I ผ่าน และอยู่ในสนามแม่เหล็ก \vec{B} จะมีแรง \vec{F} กระทำต่อลวดตัวนำ ขนาดของแรงมีค่า

$$F = IlB \sin \theta$$

ลวดตัวนำ AB และ DE ทำมุม $\theta = 0^\circ$ กับ \vec{B} ดังนั้น

$$\begin{aligned} F_{AB} &= F_{DE} \\ &= 0 \end{aligned}$$

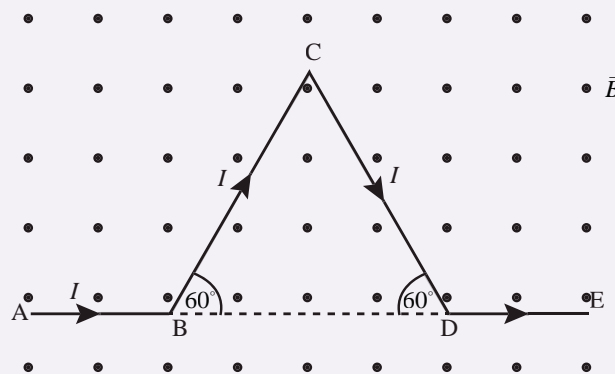
ลวดตัวนำ BC และ CD ทำมุม $\theta = 60^\circ$ กับ \vec{B} ดังนั้น

$$\begin{aligned} F_{BC} &= F_{CD} \\ &= IlB \sin 60^\circ \\ &= (3 \text{ A})(0.20 \text{ m})(0.40 \text{ T}) \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \\ &= 0.12\sqrt{3} \text{ N} \end{aligned}$$

ใช้มือขวาหาทิศทางของแรง F_{BC} และ F_{CD} จะได้ F_{BC} มีทิศชี้เข้า และ F_{CD} มีทิศชี้ออก ตั้งฉากกับกระดาษ นั่นคือ F_{BC} และ F_{CD} มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้าม ดังนั้นแรงลัพธ์จึงมีค่าเท่ากับศูนย์

ตอบ แรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์

29. สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 0.40 เทสลา ผ่านลวดตัวนำ ABCDE มีทิศทางออกตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 29

ถ้า AB และ DE ยาว 10 เซนติเมตร ส่วน BC และ CD ยาว 20 เซนติเมตร เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 3.0 แอมแปร์ ผ่านเส้นลวดนี้ จงหาขนาดและทิศทางแรงลัพธ์ของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำ ABCDE

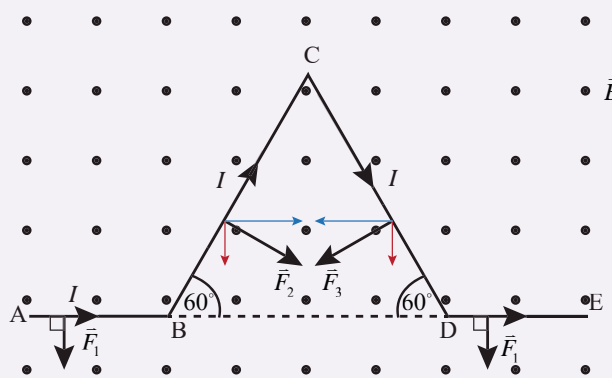
วิธีทำ ลวดตัวนำยาว l มีกระแสไฟฟ้า I ผ่านในทิศทางตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก \vec{B} แรงที่สนามแม่เหล็กกระทำต่อลวดตัวนำ \vec{F} มีขนาดดังนี้

$$\begin{aligned} F &= IlB \sin 90^\circ \\ &= IlB \end{aligned}$$

ให้ \vec{F}_1 เป็นแรงที่กระทำต่อลวด AB และ DE ซึ่งยาว l_1 เท่ากัน \vec{F}_1 มีขนาดดังนี้

$$F_1 = Il_1B$$

เมื่อใช้มือขวาหาทิศทางของแรง \vec{F}_1 จะได้ว่าแรง \vec{F}_1 มีทิศชี้ลงในทิศ $-y$ ดังแสดงในรูป



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 29

ถ้า \vec{F}_2 และ \vec{F}_3 เป็นแรงที่กระทำต่อลวด BC และ CD ซึ่งยาว l_2 เท่ากัน \vec{F}_2 และ \vec{F}_3 มีขนาดเท่ากัน ดังสมการ

$$\begin{aligned} F_2 &= F_3 \\ &= Il_2B \end{aligned}$$

\vec{F}_2 และ \vec{F}_3 มีทิศตั้งฉากกับลวดตัวนำ BC และ CD ตามลำดับ ดังแสดงในรูป เมื่อแยก \vec{F}_2 และ \vec{F}_3 ออกเป็นองค์ประกอบแนวแกน x และ y องค์ประกอบแนวแกน x มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้าม จึงหักล้างกัน ส่วนองค์ประกอบแนวแกน y มีทิศ $-y$ ทั้งคู่

$$\begin{aligned} F_{2y} &= F_{3y} \\ &= (Il_2B) \cos 60^\circ \\ &= I(l_2 \cos 60^\circ) B \end{aligned}$$

$$= I \left(\frac{l_2}{2} \right) B$$

หาแรงลัพธ์ $\sum \vec{F}$ ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \sum F &= F_1 + F_{2y} + F_{3y} + F_4 \\ &= Il_1 B + I \left(\frac{l_2}{2} \right) B + I \left(\frac{l_2}{2} \right) B + Il_1 B \\ &= I(l_1 + l_2 + l_1) B \end{aligned}$$

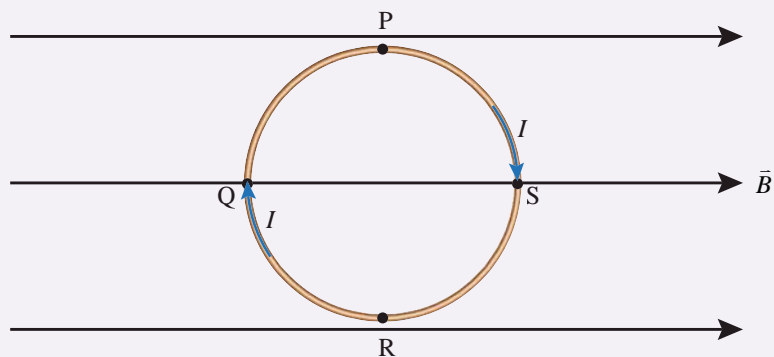
แทนค่า

$$\begin{aligned} \sum F &= (3.0 \text{ A})[(0.10 \text{ m} + 0.20 \text{ m} + 0.10 \text{ m})](0.40 \text{ T}) \\ &= 0.48 \text{ N} \end{aligned}$$

แรงลัพธ์เท่ากับ 0.48 นิวตัน มีทิศชี้ลงตั้งฉากกับแนว ABDE

ตอบ 0.48 นิวตัน มีทิศลงตั้งฉากกับแนว ABDE (ทิศทาง $-y$)

30. ขดลวดวงกลมมีจำนวนรอบ 20 รอบ และรัศมี 8.0 เซนติเมตร วางขดลวดนี้ไว้ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 2.0 เทสลา และมีทิศขนานกับระนาบของขดลวด ถ้ามีกระแส 10 แอมแปร์ผ่านขดลวด ในทิศดังรูป



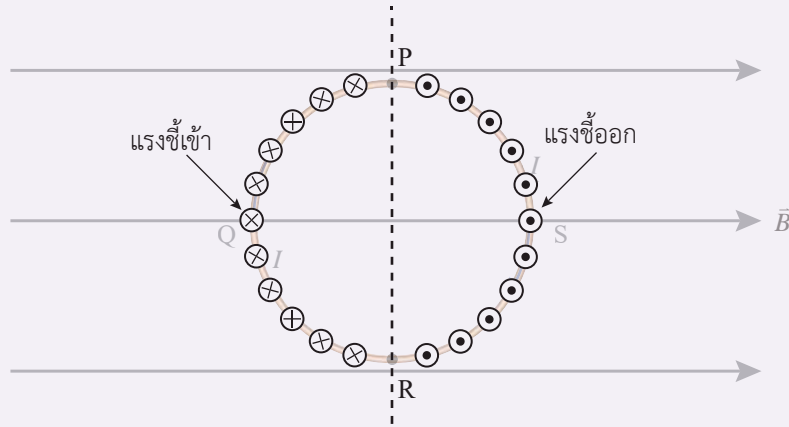
รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 30

จงหาโมเมนต์ของแรงคู่ควบรอบแกนหมุน

ก. ที่ผ่านจุด P กับ R

ข. ที่ผ่านจุด Q กับ S

วิธีทำ ก. พิจารณาโมเมนต์รอบแกนที่ผ่าน P กับ R จากแรงที่กระทำกับลวดส่วนโค้งด้านขวาและด้านซ้าย พบว่าตลอดความยาวลวด PSR มีแรงชี้ออกตั้งฉากกับกระดาษ ตลอดความยาวลวด PQR มีแรงชี้เข้าตั้งฉากกับกระดาษ ดังรูป ก.

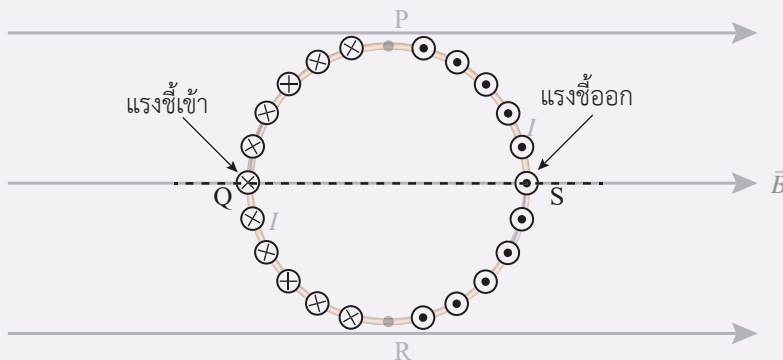


รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 30 ก.

เกิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบรอบแกนที่ผ่าน P กับ R ตามสมการ

$$\begin{aligned}
 M_C &= NIAB \cos \theta \\
 &= NI(\pi r^2) B \cos 0^\circ \\
 &= (20)(10 \text{ A})(3.14)(8.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2)(2.0 \text{ T})(1) \\
 &= 8.04 \text{ N m}
 \end{aligned}$$

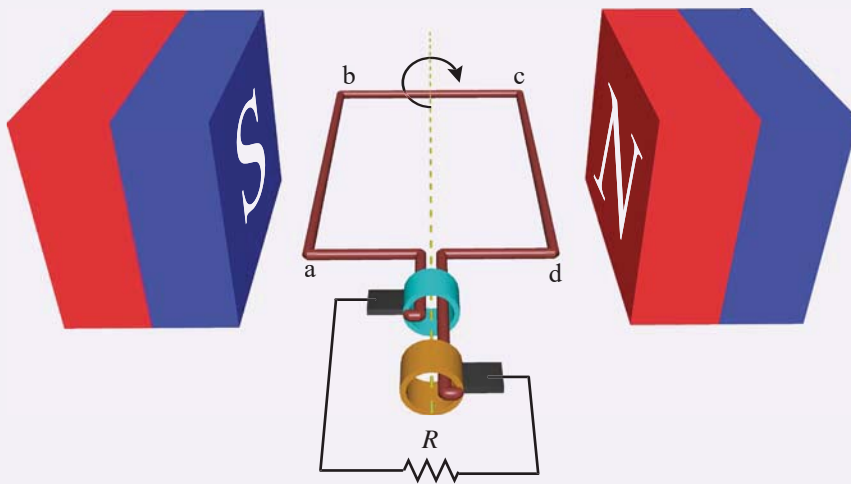
- ข. พิจารณาโมเมนต์รอบแกนที่ผ่าน Q กับ S จากแรงที่กระทำกับลวดส่วนโค้งด้านบน และด้านล่าง พบว่าตลอดความยาวลวด QPS มีแรงลัพธ์กระทำต่อลวดเป็นศูนย์ และตลอดความยาวลวด QRS มีแรงลัพธ์กระทำต่อลวดเป็นศูนย์ เช่นเดียวกัน และ ไม่มีแรงคู่ควบของแรงลัพธ์รอบแกนที่ผ่านจุด Q กับ S ดังนั้นจึงไม่เกิดโมเมนต์รอบแกนที่ผ่าน Q กับ S ดังรูป ข.



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 30 ข.

ตอบ ก. โมเมนต์ของแรงคู่ควบรอบแกนที่ผ่านจุด P กับ R มีค่าเท่ากับ 8.04 นิวตัน เมตร
 ข. โมเมนต์ของแรงคู่ควบรอบแกนที่ผ่านจุด Q กับ S มีค่าเท่ากับ 0 นิวตัน เมตร

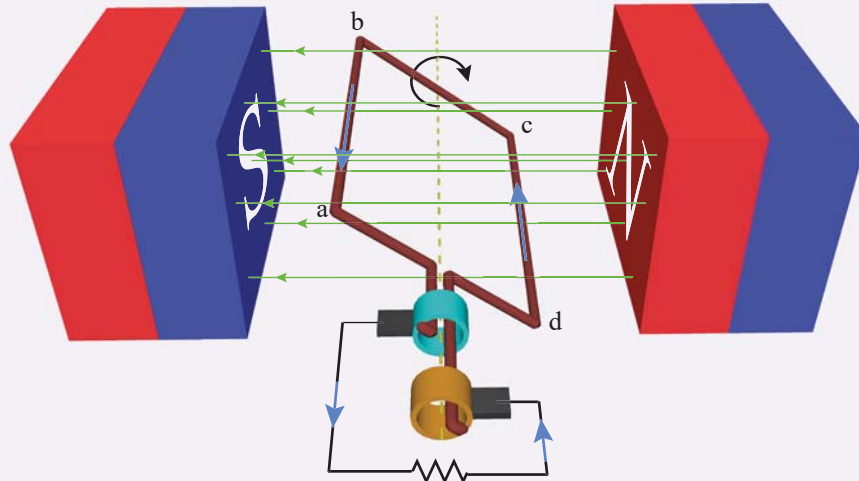
31. เมื่อหมุนขดลวด abcd ในสนามแม่เหล็ก โดยมีทิศทางการหมุนดังรูป ทำให้เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำ มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจร



รูป ประกอบปัญหาท้าทายข้อ 31

- ก. ถ้าเริ่มต้น ขดลวดวางตัวในแนวราบตามรูป ให้เขียนทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อขดลวดเริ่มหมุน
 ข. กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากที่สุด เมื่อระนาบขดลวดอยู่ในลักษณะใด เพราะเหตุใด
 ค. เครื่องมือนี้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับหรือไฟฟ้ากระแสตรง พิจารณาจากอะไร

ตอบ ก. เริ่มต้น ระนาบขดลวดขนานกับสนามแม่เหล็กฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดจะเป็นศูนย์ เมื่อหมุนขดลวดตามเข็มนาฬิกาฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดจะเพิ่มขึ้น เกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำและหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้มือขวา ได้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำดังรูป



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 31

- ข. กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากที่สุดเมื่อระนาบขดลวดอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก ทั้งนี้เพราะเมื่อระนาบขดลวดอยู่ในแนวขนานกับสนามแม่เหล็ก มีอัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวดมากที่สุด
- ค. เครื่องมือนี้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เนื่องจากแปรงแต่ละแปรง (brush) ตั้งอยู่กับวงแหวนแยก (slip rings) อันเดิมตลอดเวลา
32. หม้อแปลงเครื่องหนึ่งมีขดลวดปฐมภูมิ 200 รอบ ขดลวดทุติยภูมิ 50 รอบ ต่อกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ ความต่างศักย์ 220 โวลต์ ถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อกับขดลวดทุติยภูมิมีกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ เครื่องใช้ไฟฟ้ามีความต้านทานเท่าใด ทั้งนี้ให้ถือว่าไม่มีการสูญเสียพลังงานในหม้อแปลง

วิธีทำ ความต่างศักย์และจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิมีความสัมพันธ์ ดังนี้ $\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{N_1}{N_2}$ เมื่อนำเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความต้านทาน R มาต่อกับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้ามี่ค่า $P = \frac{V^2}{R}$ ในที่นี้ V คือ \mathcal{E}_2

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} &= \frac{N_1}{N_2} \\ \text{จะได้} \quad \frac{220 \text{ V}}{\mathcal{E}_2} &= \frac{200}{50} \\ \mathcal{E}_2 &= 55 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หม้อแปลงไม่สูญเสียพลังงาน} \quad P_2 &= \frac{\varepsilon_2^2}{R} \\ \text{จะได้} \quad 100 \text{ W} &= \frac{(55 \text{ V})^2}{R} \\ R &= 30.25 \Omega \end{aligned}$$

ตอบ เครื่องใช้ไฟฟ้ามีความต้านทาน 30.25 โอห์ม

33. หม้อแปลงอุดมคติตัวหนึ่งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ โดยมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดปฐมภูมิ 0.5 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิมีค่าเท่าใด

วิธีทำ หม้อแปลงอุดมคติ ไม่มีการสูญเสียพลังงานในหม้อแปลง จะได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านขดลวดปฐมภูมิมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ

$$\text{หรือ} \quad P_1 = P_2$$

จะได้ กำลังไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ

$$P_2 = I_1 V_1$$

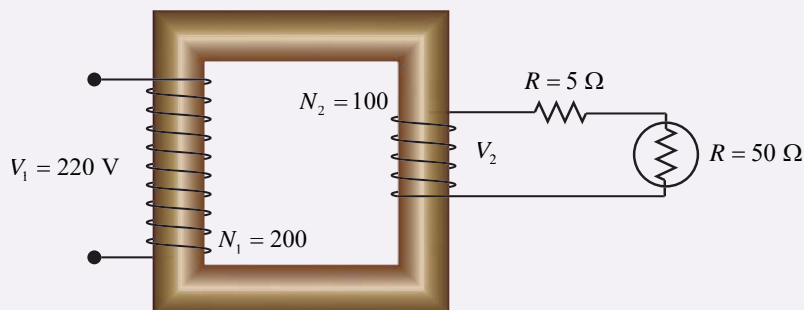
$$\text{แทนค่าจะได้} \quad P_2 = (0.5 \text{ A})(230 \text{ V})$$

$$= 115 \text{ W}$$

ตอบ กำลังไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 115 วัตต์

34. หม้อตุ๋นไฟฟ้าหม้อหนึ่งความต้านทาน 50 โอห์ม ไม่สามารถใช้กับไฟบ้าน 220 โวลต์ได้โดยตรง ต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงลง ถ้าหม้อแปลงที่ใช้มีความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิน้อยมาก แต่ความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิเป็น 5 โอห์ม จำนวนขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิเป็น 200 และ 100 รอบ ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าของหม้อตุ๋นจะมีค่าเท่าไร

วิธีทำ



รูป ประกอบวิธีทำสำหรับปัญหาท้าทายข้อ 34

$$\begin{aligned}\text{จาก} \quad \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} &= \frac{N_2}{N_1} \\ \frac{\mathcal{E}_2}{220 \text{ V}} &= \frac{100}{200} \\ \mathcal{E}_2 &= 110 \text{ V}\end{aligned}$$

สามารถหากระแสไฟฟ้าของหม้อตุ๋นได้จาก

$$\begin{aligned}V &= IR \\ 110 \text{ V} &= I(5 \Omega + 50 \Omega) \\ I &= 2 \text{ A}\end{aligned}$$

กำลังไฟฟ้าของหม้อตุ๋นหาได้จาก

$$\begin{aligned}P &= I^2 R \\ &= (2 \text{ A})^2 (50 \Omega) \\ &= 200 \text{ W}\end{aligned}$$

ตอบ กำลังไฟฟ้าของหม้อตุ๋นจะมีค่า 200 วัตต์

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 16

?? | คำถาม

- จงอธิบายความเหมือนและความแตกต่างระหว่างสเกลเซลเซียสและสเกลเคลวิน
แนวคำตอบ สเกลเซลเซียสและสเกลเคลวินมีความเหมือนกันคือใช้จุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำเป็นจุดอ้างอิงเหมือนกัน และแบ่งช่วงอุณหภูมิระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำที่ความดัน 1 บรรยากาศ เป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กันเหมือนกัน ความแตกต่างคือ อุณหภูมิที่ใช้ในการกำหนดจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำแตกต่างกัน โดยสำหรับสเกลเซลเซียสจุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 0 องศาเซลเซียส และจุดเดือดของน้ำเป็น 100 องศาเซลเซียส แต่สำหรับเคลวินจุดเยือกแข็งของน้ำเป็น 273.15 เคลวิน และจุดเดือดของน้ำเป็น 373.15 เคลวิน
- สารชนิดหนึ่งมีความร้อนจำเพาะ 1000 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน มีความหมายอย่างไร
แนวคำตอบ ในการทำให้สารนั้นที่มีมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 เคลวิน หรือ 1 องศาเซลเซียส ต้องให้ความร้อน 1000 จูล
- แท่งเหล็กมวล 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม มีความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะเท่ากันหรือต่างกัน อย่างไร
แนวคำตอบ แท่งเหล็กมวล 2 กิโลกรัม มีความจุความร้อนมากกว่าแท่งเหล็กมวล 1 กิโลกรัม เพราะการให้ความร้อนกับแท่งเหล็กทั้งสองมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสเท่ากัน แท่งเหล็กที่มีมวลมากต้องใช้ความร้อนมากกว่า แต่ความร้อนจำเพาะของแท่งเหล็กทั้งสองมีค่าเท่ากัน เพราะความร้อนจำเพาะเป็นความจุความร้อนต่อมวลหนึ่งหน่วย โดยสารหนึ่งจะมีค่าความร้อนจำเพาะคงตัว โดยเหล็กมีความร้อนจำเพาะเท่ากับ 450 จูล/กิโลกรัม เคลวิน
- บริเวณชายหาดทั้งบริเวณที่เป็นพื้นทรายและน้ำทะเลได้รับปริมาณแสงอาทิตย์เท่ากัน แต่ทรายกลับมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำทะเล เป็นเพราะเหตุใด
แนวคำตอบ เนื่องจากทรายมีความร้อนจำเพาะ 800 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน ซึ่งหมายความว่า การทำให้ทรายมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่ม 1 เคลวิน ต้องใช้ความร้อน 800 จูล แต่น้ำมีความร้อนจำเพาะ 4180 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน ซึ่งหมายความว่า การทำให้น้ำมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 เคลวิน ต้องใช้ความร้อน 4180 จูล ดังนั้น เมื่อสารทั้งสองได้รับความร้อนเท่า ๆ กัน ทรายจะมีอุณหภูมิสูงกว่า

5. น้ำกับเอทิลแอลกอฮอล์มีความร้อนจำเพาะเท่ากับ 4186 และ 2400 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน ตามลำดับ ถ้าต้องการให้ความร้อนกับสารทั้งสองที่มีมวลเท่ากันให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน สารใดต้องการความร้อนมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
- แนวคำตอบ** เนื่องจากน้ำมีความร้อนจำเพาะมากกว่าเอทิลแอลกอฮอล์ ดังนั้น ถ้าต้องการให้สารทั้งสองซึ่งมีมวลเท่ากัน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน ต้องให้ความร้อนแก่น้ำมากกว่าเอทิลแอลกอฮอล์ นั่นคือ น้ำต้องการความร้อนมากกว่าเอทิลแอลกอฮอล์
6. น้ำมีความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอเท่ากับ 2.256×10^6 จูลต่อกิโลกรัม หมายความว่าอย่างไร
- แนวคำตอบ** ในการทำให้น้ำมวล 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอน้ำทั้งหมดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ต้องใช้ความร้อนทั้งสิ้น 2.256×10^6 จูล
7. ถ้าต้องการทำให้น้ำแข็งมวล 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมเหลวเป็นน้ำหมดที่อุณหภูมิเดิม ต้องใช้ความร้อนเท่าใด
- แนวคำตอบ** น้ำแข็งมวล 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมเหลวเป็นน้ำหมดที่อุณหภูมิเดิม เป็นการเปลี่ยนสถานะจากน้ำแข็งเป็นน้ำ ต้องใช้ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวซึ่งเท่ากับ 333 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้น สำหรับน้ำแข็งมวล 1 กิโลกรัม ต้องใช้ความร้อนเท่ากับ 333 กิโลจูล
8. ในการทำให้น้ำ 100 องศาเซลเซียส มวล 1 กิโลกรัม กลายเป็นไอหมดที่อุณหภูมิเดิม ต้องใช้ความร้อนเท่าใด
- แนวคำตอบ** น้ำเดือดมวล 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นไอหมดที่อุณหภูมิเดิม เป็นการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเป็นไอ ต้องใช้ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอเท่ากับ 2256 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ดังนั้น สำหรับน้ำเดือดมวล 1 กิโลกรัม ต้องใช้พลังงานความร้อนเท่ากับ 2256 กิโลจูล
9. น้ำที่ความดัน 1 บรรยากาศมีจุดควบแน่นอยู่ที่อุณหภูมิเท่าใด และมีความร้อนแฝงของการควบแน่นเป็นเท่าใด
- แนวคำตอบ** เนื่องจากการควบแน่นอยู่ที่อุณหภูมิเดียวกับการกลายเป็นไอ และความร้อนแฝงของการควบแน่นมีค่าเท่ากับความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ดังนั้น น้ำที่ความดัน 1 บรรยากาศ มีจุดควบแน่นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และมีความร้อนแฝงของการควบแน่นเท่ากับ 2256 กิโลจูลต่อกิโลกรัม

10. ในปริมาณของน้ำที่เท่ากัน ระหว่างน้ำที่แข็งตัวเป็นน้ำแข็งกับไอน้ำที่ควบแน่นเป็นหยดน้ำ กระบวนการใดมีการคายความร้อนมากกว่ากัน

แนวคำตอบ เนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอเท่ากับความร้อนแฝงของการควบแน่น (เท่ากับ 2256 กิโลจูลต่อกิโลกรัม) และความร้อนแฝงของการแข็งตัวเท่ากับความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำ (เท่ากับ 333 กิโลจูลต่อกิโลกรัม) ดังนั้น ไอน้ำที่ควบแน่นเป็นหยดน้ำจะมีการคายความร้อนมากกว่าน้ำที่แข็งตัวเป็นน้ำแข็ง

11. ก่อนฝนตก เหตุใดเราจึงรู้สึกที่อากาศรอบตัวเราร้อนกว่าปกติ

แนวคำตอบ ก่อนฝนตก ไอน้ำจะควบแน่นโดยคายความร้อนออกมาเพื่อเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำเป็นหยดน้ำจึงทำให้เรารู้สึกที่อากาศรอบตัวเราร้อนกว่าปกติ

12. ถ้านำน้ำแข็งใสแก้วตั้งไว้ในห้อง น้ำแข็งจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร และถ้าตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาพอสมควร อุณหภูมิของน้ำแข็งในตอนแรกและหลังจากหลอมเหลวหมดแล้ว จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อนำน้ำแข็งใสแก้ววางตั้งไว้ในห้อง น้ำแข็งจะรับความร้อนจากสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศและแก้ว ทำให้น้ำแข็งหลอมเหลว และขณะที่หลอมเหลวนั้น อุณหภูมิของน้ำแข็งและน้ำจะคงตัวเท่ากับอุณหภูมิที่จุดหลอมเหลว จนกระทั่งน้ำแข็งหลอมเหลวหมดทั้งก้อน หลังจากนั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ต่อไปอีก น้ำที่อยู่ในแก้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง

13. กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารชนิดหนึ่ง อุณหภูมิ (°C)

เป็นดังรูป

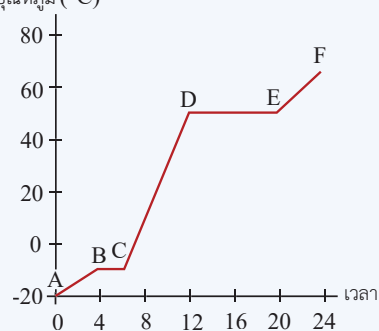
- ก. กราฟช่วง AB BC CD DE และ EF

สารอยู่ในสถานะใด

- ข. จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงในกราฟช่วง CD

- ค. จุดเดือดของสารมีค่าเท่าใด

- ง. จุดหลอมเหลวของสารมีค่าเท่าใด



รูป ประกอบคำถามข้อ 13

แนวคำตอบ

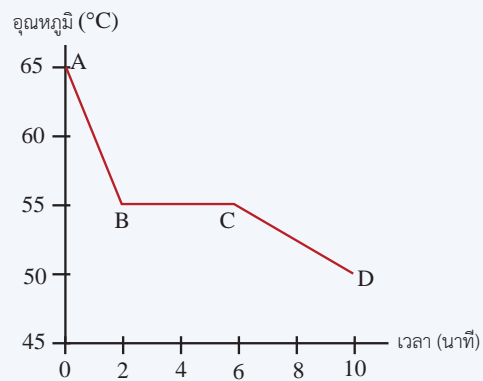
- ก. สารชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงสถานะในช่วง BC และ DE เพราะทั้งสองช่วงมีอุณหภูมิคงตัว โดยที่

- กราฟช่วง AB สารอยู่ในสถานะของแข็ง
- กราฟช่วง BC สารอยู่ในสถานะของแข็งและของเหลว
- กราฟช่วง CD สารอยู่ในสถานะของเหลว
- กราฟช่วง DE สารอยู่ในสถานะของเหลวและแก๊ส
- กราฟช่วง EF สารอยู่ในสถานะแก๊ส

- ข. กราฟช่วง CD สารได้รับความร้อนมีอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิสูงกว่าช่วงอื่น
 ค. จุดเดือดของสารเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส
 ง. จุดหลอมเหลวของสารเท่ากับ -10 องศาเซลเซียส

14. กราฟการเย็นตัวของสารชนิดหนึ่งที่กำลังเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งเป็นดังรูป

- ก. กราฟช่วง AB BC และ CD สารมีสถานะใด
 ข. จุดหลอมเหลวของสารมีค่าเท่าใด
 ค. ความร้อนแฝงที่ใช้ในกราฟช่วง BC มีชื่อเรียกว่าอะไร



รูป ประกอบคำถามข้อ 14

แนวคำตอบ

- ก. กราฟช่วง AB BC และ CD สารมีสถานะของเหลว ของเหลวปนของแข็ง และของแข็ง ตามลำดับ
 ข. จุดหลอมเหลวของสารเท่ากับ 55 องศาเซลเซียส
 ค. ความร้อนแฝงที่ใช้ในกราฟช่วง BC เรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว
15. สาร x มีสมบัติดังตาราง

จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (J/kg)	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (J/kg)
-114	79	1.04×10^5	8.54×10^5

- ก. ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) สาร x มีสถานะใด
 ข. ที่จุดเดือดของน้ำ สาร x จะมีสถานะใด
 ค. ถ้าสาร x มีมวล 1 กิโลกรัม ความร้อนที่ทำให้สาร x ที่อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส เปลี่ยนสถานะหมด โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนมีค่าเท่าใด

แนวคำตอบ

- ก. เนื่องจากสาร x มีจุดหลอมเหลวที่ -114 °C และจุดเดือดที่ 79 °C ดังนั้นที่อุณหภูมิห้อง (ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า -114 °C และมีอุณหภูมิต่ำกว่า 79 °C) สาร x มีสถานะของเหลว
 ข. เนื่องจากสาร x มีจุดเดือดที่ 79 °C ซึ่งน้อยกว่าที่จุดเดือดของน้ำ (100 °C) ดังนั้น สาร x มีสถานะแก๊ส

ค. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสาร x จากตาราง คือ 8.54×10^5 จูลต่อกิโลกรัม ดังนั้น สาร x มวล 1 กิโลกรัม ต้องใช้ความร้อนเท่ากับ 8.54×10^5 จูล

16. เหตุใดผ้าห่มหรือเสื้อผ้าที่ทำด้วยเส้นใยหนา ๆ ช่วยทำให้ร่างกายอบอุ่นในฤดูหนาว
แนวคำตอบ ระหว่างเส้นใยของผ้าห่มหรือเสื้อผ้ามีอากาศซึ่งนำความร้อนได้ไม่ดีแทรกอยู่มาก และเนื่องจากเส้นใยลดความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศ ทำให้ความสามารถในการพาความร้อนของอากาศลดลงจึงมีการถ่ายโอนความร้อนจากร่างกายสู่ภายนอกผ้าห่มหรือเสื้อผ้าน้อย ทำให้อุณหภูมิภายในผ้าห่มหรือเสื้อผาคงตัว (37 องศาเซลเซียส) หรือแตกต่างจากอุณหภูมิของร่างกายน้อยมาก ผ้าห่มหรือเสื้อผ้าที่ทำด้วยเส้นใยหนา ๆ จึงช่วยให้ร่างกายอบอุ่นในฤดูหนาว
17. เมื่ออัดแก๊สให้มีปริมาตรลดลง ความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเพราะเหตุใด
แนวคำตอบ เพราะเมื่อลดปริมาตรลง ทำให้โมเลกุลของแก๊สมีความถี่ในการชนผนังภาชนะเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีความดันเพิ่มขึ้น
18. เมื่อแก๊สชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
แนวคำตอบ เมื่อแก๊สมีอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วของโมเลกุลของแก๊สจะสูงขึ้นตามสมการ
- $$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T = \frac{1}{2} m v_{rms}^2 \quad \text{หรือ} \quad v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$
19. แก๊สต่างชนิดกัน ถ้ามีอุณหภูมิเท่ากัน พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลเท่ากันหรือไม่
แนวคำตอบ พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลจะเท่ากัน เพราะว่า พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลแก๊สจะขึ้นกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สเพียงอย่างเดียว ตามสมการ $\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$
20. ถ้าความดันและปริมาตรของแก๊สเปลี่ยนไปโดยจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิคงตัว พลังงานภายในของระบบจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร
แนวคำตอบ จากสมการ $U = \frac{3}{2} N k_B T$ สามารถสรุปได้ว่า พลังงานภายในของแก๊ส (U) แปรผันตรงกับจำนวนโมเลกุลและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊ส ถ้าจำนวนโมเลกุลของแก๊สและอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สคงตัว พลังงานภายในของระบบก็จะมีค่าคงตัว ดังนั้น พลังงานภายในของระบบจึงไม่เปลี่ยนแปลง

21. เมื่ออัดแก๊สในภาชนะให้มีปริมาตรลดลง ถ้าไม่มีการถ่ายโอนความร้อนเข้าหรือออกจากระบบ พลังงานภายในระบบจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ การอัดแก๊สในภาชนะให้มีปริมาตรน้อยลง งานที่ทำโดยแก๊สมีค่าเป็นลบ (W เป็นลบ) และเนื่องจากไม่มีการถ่ายโอนความร้อนเข้าหรือออกจากระบบ (Q เท่ากับศูนย์) จากกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ $Q = \Delta U + W$ จะได้ $0 = \Delta U - W$ นั่นคือ $\Delta U = W$ ดังนั้น พลังงานภายในของระบบจะเพิ่มขึ้น (ΔU เป็นบวก)

22. จงใช้สมการ $Q = \Delta U + W$ อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในระบบในกรณีต่อไปนี้

- ก. แก๊สในกระป๋องสเปรย์ ขณะถูกเผาไฟ
- ข. ไอน้ำในห้องอบไอน้ำความดันสูง ขณะที่ได้รับหรือคายความร้อน
- ค. ไอน้ำในห้องต้มน้ำของเครื่องจักรไอน้ำ ขณะเครื่องจักรกำลังทำงาน

แนวคำตอบ

- ก. ขณะกระป๋องสเปรย์ถูกเผาไฟจะมีการถ่ายโอนความร้อนไปยังแก๊สในกระป๋อง นั่นคือ Q เป็นบวก โดยที่กระป๋องไม่ขยายตัว นั่นคือ $W = 0$ ดังนั้น จะได้ว่า $Q = \Delta U$ กล่าวคือ แก๊สในกระป๋องมีพลังงานภายในเพิ่มขึ้น ซึ่งก็คือมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้ จะส่งผลให้ความดันของแก๊สภายในกระป๋องเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ $P \propto T$ ในที่สุดจะส่งผลทำให้กระป๋องระเบิดได้
- ข. ขณะที่ห้องอบไอน้ำได้รับหรือคายความร้อน แสดงว่า มีการเปลี่ยนแปลง Q โดยที่ไอน้ำ ถูกกักในห้องอบซึ่งมีปริมาตรคงตัว นั่นคือ $W = 0$ ดังนั้น $Q = \Delta U$ จะได้ว่า พลังงานของไอน้ำ ΔU จะเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของ Q หรือกล่าวได้ว่า พลังงานของไอน้ำภายในห้องอบไอน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อน และพลังงานของไอน้ำลดลงเมื่อมีการถ่ายโอนความร้อนออกจากห้องอบไอน้ำ
- ค. ในห้องต้มน้ำของเครื่องจักรไอน้ำมีการส่งไอน้ำไปดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ นั่นคือ มีงานที่ทำ โดยแก๊สเกิดขึ้น ในกรณีนี้ เมื่อให้ความร้อนไปยังห้องต้มน้ำ พลังงานภายในของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นตามสมการ $Q = \Delta U$ และเมื่อนำพลังงานภายในของไอน้ำไปทำให้เกิดงานในการดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ ช่วงนี้ $\Delta Q = 0$ ดังนั้น $W = -\Delta U$ นั่นคือ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ จะทำให้พลังงานภายในของไอน้ำลดลง

Ⓟ | ปัญหา

1. จงเปลี่ยนอุณหภูมิต่อไปนี้

ก. $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-155\text{ }^{\circ}\text{C}$, $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $-78.50\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

ข. 450 K , 89 K , 172 K และ 4.20 K เป็นอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

วิธีทำ ก. จากความสัมพันธ์ $T = t + 273.15$

$$\text{เมื่อ } t = 27\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{จะได้ } T = (27+273.15)\text{ K} = 300.15\text{ K}$$

$$\text{เมื่อ } t = -115\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{จะได้ } T = (-155+273.15)\text{ K} = 118.15\text{ K}$$

$$\text{เมื่อ } t = 115\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{จะได้ } T = (115+273.15)\text{ K} = 388.15\text{ K}$$

$$\text{เมื่อ } t = -78.50\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{จะได้ } T = (-78.50+273.15)\text{ K} = 194.65\text{ K}$$

ข. จากความสัมพันธ์ $t = T - 273.15$

$$\text{เมื่อ } T = 450\text{ K} \quad \text{จะได้ } t = (450 - 273.15)\text{ }^{\circ}\text{C} = 176.85\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{เมื่อ } T = 89\text{ K} \quad \text{จะได้ } t = (89 - 273.15)\text{ }^{\circ}\text{C} = -184.15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{เมื่อ } T = 172\text{ K} \quad \text{จะได้ } t = (172 - 273.15)\text{ }^{\circ}\text{C} = -101.15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{เมื่อ } T = 4.20\text{ K} \quad \text{จะได้ } t = (4.20 - 273.15)\text{ }^{\circ}\text{C} = -268.95\text{ }^{\circ}\text{C}$$

ตอบ ก. 300 K , 118 K , 388 K และ 194.65 K

ข. $177\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-184\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $-268.95\text{ }^{\circ}\text{C}$

2. เมื่อให้ความร้อนกับตะกั่ว 1500 จูล พบว่า อุณหภูมิของตะกั่วสูงขึ้น 12 องศาเซลเซียส ความจุความร้อนของตะกั่วก่อนหน้านี้เป็นเท่าใด

วิธีทำ จากโจทย์ $Q = 1500\text{ J}$ และ $\Delta T = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ หรือ 12 K

$$\text{จากสมการ} \quad Q = C\Delta T$$

$$\text{แทนค่า} \quad 1500\text{ J} = C(12\text{ K})$$

$$\text{ดังนั้น} \quad C = 125\text{ J/K}$$

ตอบ ความจุความร้อนของตะกั่วเท่ากับ 125 จูลต่อเคลวิน

3. สระน้ำแห่งหนึ่งมีน้ำ 1.00×10^6 กิโลกรัม ในตอนกลางวันได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในสระสูงขึ้น 2 องศาเซลเซียส น้ำในสระได้รับความร้อนเท่าใด

วิธีทำ จากโจทย์ $m = 1.00 \times 10^6$ kg, $c = 4186$ J/kg K และ $\Delta T = 2$ °C หรือ 2 K

$$\text{จากสมการ} \quad Q = mc\Delta T$$

$$\begin{aligned} \text{สำหรับน้ำจะได้} \quad Q &= (1.00 \times 10^6 \text{ kg})(4186 \text{ J/kg K})(2 \text{ K}) \\ &= 8.37 \times 10^9 \text{ J} \end{aligned}$$

ตอบ น้ำในสระได้รับความร้อนเท่ากับ 8.37×10^9 จูล

4. จงหาความร้อนที่ทำให้ให้น้ำ ทราย และทองแดง ซึ่งมีมวลอย่างละ 4.00 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน คือ 10 องศาเซลเซียส

วิธีทำ จากโจทย์ $m_{\text{น้ำ}} = m_{\text{ทราย}} = m_{\text{ทองแดง}} = 4.00$ kg

$$\Delta T_{\text{น้ำ}} = \Delta T_{\text{ทราย}} = \Delta T_{\text{ทองแดง}} = 10$$
 °C หรือ 10 K

$$c_{\text{น้ำ}} = 4186 \text{ J/kg K}, c_{\text{ทราย}} = 800 \text{ J/kg K} \text{ และ } c_{\text{ทองแดง}} = 390 \text{ J/kg K}$$

$$\text{จากสมการ} \quad Q = mc\Delta T$$

$$\begin{aligned} \text{สำหรับน้ำจะได้} \quad Q_{\text{น้ำ}} &= (4.00 \text{ kg})(4186 \text{ J/kg K})(10 \text{ K}) \\ &= 1.67 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สำหรับทรายจะได้} \quad Q_{\text{ทราย}} &= (4.00 \text{ kg})(800 \text{ J/kg K})(10 \text{ K}) \\ &= 0.32 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สำหรับทองแดงจะได้} \quad Q_{\text{ทองแดง}} &= (4.00 \text{ kg})(390 \text{ J/kg K})(10 \text{ K}) \\ &= 0.156 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

ตอบ ต้องให้ความร้อนกับน้ำ ทราย และทองแดง เท่ากับ 1.67×10^5 จูล, 0.32×10^5 จูล และ 0.156×10^5 จูล ตามลำดับ

5. เมื่อให้ความร้อนจำนวน 10^4 จูล กับโลหะชนิดหนึ่งที่มีมวล 2 กิโลกรัม พบว่าอุณหภูมิของโลหะเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส จงหาความร้อนจำเพาะของโลหะนี้

วิธีทำ จากโจทย์ $Q = 10^4$ J, $m = 2$ kg และ $\Delta T = 10$ °C หรือ 10 K

$$\text{จากสมการ} \quad Q = mc\Delta T$$

$$\text{แทนค่า} \quad 10^4 \text{ J} = (2 \text{ kg})(c)(10 \text{ K})$$

$$\text{จะได้} \quad c = 500 \text{ J/kg K}$$

ตอบ ความร้อนจำเพาะของโลหะเท่ากับ 500 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน

6. ความร้อนปริมาณหนึ่งทำให้อะลูมิเนียมมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 60 องศาเซลเซียส ความร้อนปริมาณนี้ จะทำให้ทองแดงมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าใด

วิธีทำ เนื่องจากความร้อนที่ให้กับอะลูมิเนียมและทองแดงมีปริมาณเท่ากัน ดังนั้น
จะได้

$$\begin{aligned} Q_{\text{Al}} &= Q_{\text{Cu}} \\ mc_{\text{Al}}\Delta T_{\text{Al}} &= mc_{\text{Cu}}\Delta T_{\text{Cu}} \\ \Delta T_{\text{Cu}} &= \left(\frac{c_{\text{Al}}}{c_{\text{Cu}}}\right)\Delta T_{\text{Al}} \end{aligned}$$

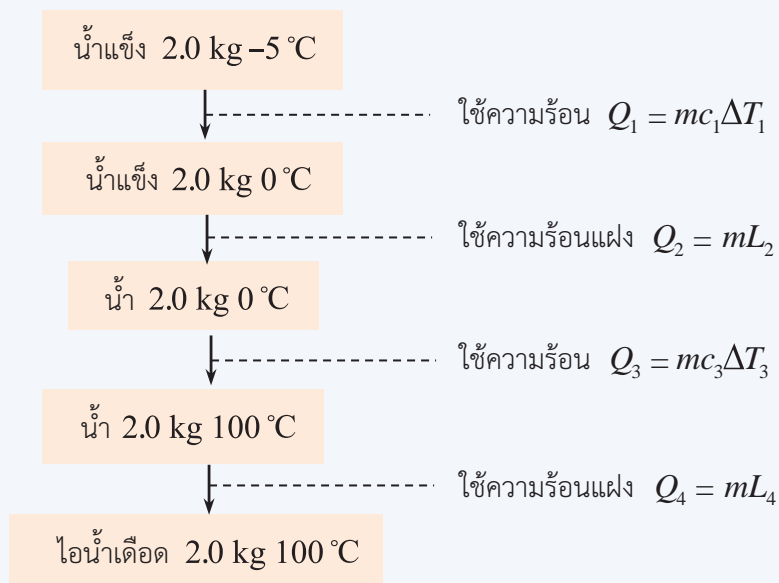
แทนค่า

$$\begin{aligned} \Delta T_{\text{Cu}} &= \left(\frac{900 \text{ J/Kg K}}{390 \text{ J/Kg K}}\right)60 \text{ K} \\ &= 138.5 \text{ K หรือ } 138.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

ตอบ ทองแดงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 138.5 องศาเซลเซียส

7. ในการทำให้น้ำแข็งมวล 2.0 กิโลกรัม อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส เป็นไอน้ำเดือดหมดที่ 100 องศาเซลเซียส ต้องใช้ความร้อนทั้งหมดเท่าใด

วิธีทำ การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง 2.0 kg อุณหภูมิ -5 $^{\circ}\text{C}$ เป็นไอน้ำเดือดหมดที่ 100 $^{\circ}\text{C}$ มีขั้นตอนดังนี้



ให้ Q เป็นความร้อนทั้งหมด

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\ &= m_1 c \Delta T_1 + mL_2 + m_3 c \Delta T_3 + mL_4 \end{aligned}$$

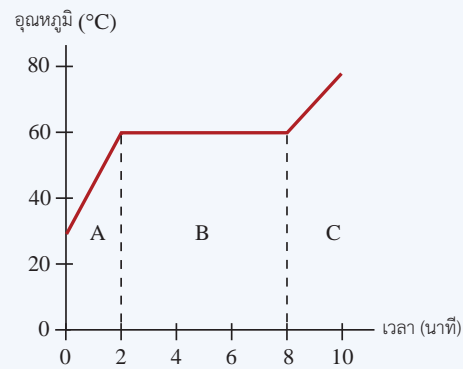
$$\text{แทนค่า } Q = (2.0 \text{ kg})(2100 \text{ J/kg K})(5 \text{ K}) + (2.0 \text{ kg})(333 \times 10^3 \text{ J/kg}) + (2.0 \text{ kg})(4186 \text{ J/kg K})(100 \text{ K}) + (2.0 \text{ kg})(2256 \times 10^3 \text{ J/kg})$$

$$\text{ดังนั้น } Q = 6.04 \times 10^6 \text{ J}$$

ตอบ ต้องใช้ความร้อนทั้งหมด 6.0×10^6 จูล

8. ให้ความร้อนกับสารที่เป็นของแข็งมวล 0.2 กิโลกรัม ในอัตรา 100 จูลต่อวินาที กราฟระหว่างอุณหภูมิและเวลาเป็นดังรูป

- บริเวณ A B และ C สารมีสถานะใด
- จุดหลอมเหลวของสารมีค่าเท่าใด
- จงหาความร้อนจำเพาะของสาร ขณะที่เป็นของแข็ง
- จงหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของสาร



รูป ประกอบปัญหาข้อ 8

- วิธีทำ** ก. จากกราฟ บริเวณ A และ C เมื่อสารได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แสดงว่าสารไม่มีการเปลี่ยนสถานะ แต่บริเวณ B เมื่อสารได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิกงตัว แสดงว่า มีการเปลี่ยนสถานะของสาร ดังนั้น บริเวณ A สารมีสถานะเป็นของแข็ง บริเวณ B สารมีสถานะเป็นของแข็งและของเหลวปนกัน และบริเวณ C สารมีสถานะเป็นของเหลว
- ข. สารได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิกงตัวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แสดงว่าจุดหลอมเหลวของสารนี้เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส
- ค. เนื่องจากสารเป็นของแข็งในบริเวณ A มีอุณหภูมิเพิ่มจาก 30°C เป็น 60°C โดยได้รับความร้อนในอัตรา 100 จูลต่อวินาที เป็นเวลา 2 นาที หรือ 120 วินาที นั่นคือได้รับความร้อนเท่ากับ $100 \text{ J/s} \times 120 \text{ s} = 12000 \text{ J}$

$$\text{จาก } Q = mc\Delta T$$

$$\text{แทนค่า } 12000 \text{ J} = (0.2 \text{ kg})(c)(60^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})$$

$$c = \frac{12000 \text{ J}}{(0.2 \text{ kg})(30^\circ\text{C})}$$

$$\text{ดังนั้น } c = 2000 \text{ J/kg }^\circ\text{C} \text{ หรือ } 2000 \text{ J/kg K}$$

ง. ในบริเวณ B สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว โดยอุณหภูมิคงตัวที่ 60°C โดยได้รับความร้อนในอัตรา 100 จูลต่อวินาที เป็นเวลา 6 นาที หรือ 360 วินาที นั่นคือ ได้รับความร้อนเท่ากับ $100 \text{ J/s} \times 360 \text{ s} = 36\,000 \text{ J}$

$$\text{จาก} \quad Q = mL$$

$$\text{แทนค่า} \quad 36\,000 \text{ J} = (0.2 \text{ kg}) L$$

$$\text{ดังนั้น} \quad L = 180\,000 \text{ J/kg}$$

ตอบ ก. บริเวณ A สารมีสถานะเป็นของแข็ง

บริเวณ B สารมีสถานะเป็นของแข็งและของเหลวปนกัน

บริเวณ C สารมีสถานะเป็นของเหลว

ข. จุดหลอมเหลวของสารเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส

ค. ความร้อนจำเพาะของสารขณะที่เป็นของแข็งเท่ากับ 2000 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน

ง. ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลวของสารเท่ากับ 180 000 จูลต่อกิโลกรัม

9. จงหาความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล 50 กรัม อุณหภูมิ -20°C หลอมเหลวเป็นน้ำหมด และน้ำมีอุณหภูมิสูงจนเดือดเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

วิธีทำ น้ำแข็งมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

น้ำแข็ง 50 g -20°C เปลี่ยนเป็นน้ำแข็ง 50 g 0°C ใช้ความร้อน $Q_1 = mc_1\Delta T_1$

น้ำแข็ง 50 g 0°C เปลี่ยนเป็นน้ำ 50 g 0°C ใช้ความร้อนแฝง $Q_2 = mL_2$

น้ำ 50 g 0°C เปลี่ยนเป็นน้ำ 50 g 100°C ใช้ความร้อน $Q_3 = mc_3\Delta T_3$

น้ำ 50 g 100°C เปลี่ยนเป็นไอน้ำเดือด 50 g 100°C ใช้ความร้อนแฝง $Q_4 = mL_4$

ให้ Q เป็นความร้อนทั้งหมด จะได้

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\ &= mc_1\Delta T_1 + mL_2 + mc_3\Delta T_3 + mL_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad Q &= (50 \times 10^{-3} \text{ kg})(2.1 \times 10^3 \text{ J/kg K})(20 \text{ K}) + \\ &\quad (50 \times 10^{-3} \text{ kg})(333 \times 10^3 \text{ J/kg}) + \\ &\quad (50 \times 10^{-3} \text{ kg})(4.186 \times 10^3 \text{ J/kg})(100 \text{ K}) + \\ &\quad (50 \times 10^{-3} \text{ kg})(2256 \times 10^3 \text{ J/kg}) \\ &= 2100 \text{ J} + 16\,650 \text{ J} + 20\,930 \text{ J} + 112\,800 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad Q = 152\,480 \text{ J}$$

ตอบ ต้องใช้ความร้อนทั้งหมด 152 480 จูล

10. บอลลูนมีปริมาตร 4 ลิตร ความดัน 300 กิโลพาสคัล ปล่อยให้บอลลูนลอยขึ้น จนความดันแก๊สลดลงเหลือ 200 กิโลพาสคัล โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง จงหาปริมาตรของแก๊สในบอลลูน

วิธีทำ จากโจทย์ $P_1 = 300 \times 10^3 \text{ Pa}$, $P_2 = 200 \times 10^3 \text{ Pa}$ และ $V_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

จากสมการ
$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

แทนค่า $(300 \times 10^3 \text{ Pa})(4 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = (200 \times 10^3 \text{ Pa}) V_2$

ดังนั้น
$$V_2 = 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

ตอบ ปริมาตรของแก๊สในบอลลูนเท่ากับ 6 ลิตร

11. ภายใต้อุณหภูมิคงตัวที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 60 ลูกบาศก์เมตร ถ้าวัดอุณหภูมิของแก๊สลงจนถึง -73 องศาเซลเซียส จงหาปริมาตรของแก๊ส

วิธีทำ จากโจทย์ $T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C} = (27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$, $V_1 = 60 \text{ m}^3$

และ $T_2 = -73 \text{ }^\circ\text{C} = (-73 + 273.15) \text{ K} = 200.15 \text{ K}$

จากสมการ
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

แทนค่า
$$\frac{(60.0 \text{ m}^3)}{(300.15 \text{ K})} = \frac{V_2}{200.15 \text{ K}}$$

ดังนั้น
$$V_2 = 40.01 \text{ m}^3$$

ตอบ ปริมาตรของแก๊สเท่ากับ 40 ลูกบาศก์เมตร

12. แก๊สจำนวนหนึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดวัดอุณหภูมิได้ 107 องศาเซลเซียส ความดัน 620 กิโลพาสคัล จงหาความดันของแก๊สเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 307 องศาเซลเซียส โดยการเปลี่ยนแปลงนี้มีปริมาตรคงตัว

วิธีทำ ในที่นี้ $T_1 = 107 \text{ }^\circ\text{C} = (107 + 273.15) \text{ K} = 380.15 \text{ K}$, $P_1 = 620 \text{ kPa}$

และ $T_2 = 307 \text{ }^\circ\text{C} = (307 + 273.15) \text{ K} = 580.15 \text{ K}$

จากสมการ
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

แทนค่า
$$\frac{(620 \text{ kPa})}{(380.15 \text{ K})} = \frac{P_2}{580.15 \text{ K}}$$

ดังนั้น
$$P_2 = 946.19 \text{ kPa}$$

ตอบ ความดันของแก๊สเท่ากับ 946 กิโลพาสคัล

13. แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุในถังที่มีปริมาตรคงตัว จะมีความดันเป็นกี่เท่าของความดันเดิม เมื่อ

ก. อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก -5 องศาเซลเซียส เป็น 35 องศาเซลเซียส

ข. อุณหภูมิลดลงจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 25 องศาเซลเซียส

วิธีทำ เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีปริมาตรคงตัว ดังนั้น

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

ก. จากโจทย์ $T_1 = -5^\circ\text{C} = (-5 + 273.15)\text{K} = 268.15\text{K}$

และ $T_2 = 35^\circ\text{C} = (35 + 273.15)\text{K} = 308.15\text{K}$

แทนค่า

$$\frac{P_1}{268.15\text{K}} = \frac{P_2}{308.15\text{K}}$$

$$P_2 = 1.15 P_1$$

ข. จากโจทย์ $T_1 = 100^\circ\text{C} = (100 + 273.15)\text{K} = 373.15\text{K}$

และ $T_2 = 25^\circ\text{C} = (25 + 273.15)\text{K} = 298.15\text{K}$

แทนค่า

$$\frac{P_1}{373.15\text{K}} = \frac{P_2}{298.15\text{K}}$$

$$P_2 = 0.80 P_1$$

ตอบ ก. ความดันเป็น 1.15 เท่าของความดันเดิม

ข. ความดันเป็น 0.80 เท่าของความดันเดิม

14. แก๊สจำนวนหนึ่งที่มีปริมาตร 1.0 ลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 1.0 บรรยากาศ จงหาปริมาตรของแก๊สจำนวนนี้ ที่

ก. อุณหภูมิ 127 องศาเซลเซียส และความดัน 0.5 บรรยากาศ

ข. อุณหภูมิ -73 องศาเซลเซียส และความดัน 2.0 บรรยากาศ

วิธีทำ กำหนดให้ ก่อนที่แก๊สมีการเปลี่ยนแปลง แก๊สมีความดัน P_1 ปริมาตร V_1 และอุณหภูมิ T_1 ดังนั้น $P_1 = 1\text{ atm}$, $V_1 = 1\text{ m}^3$ และ $T_1 = 27^\circ\text{C} = (27 + 273.15)\text{K} = 300.15\text{K}$ และเมื่อแก๊สมีความดันและอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น P_2 และ T_2 จะหา V_2 ได้ดังนี้

จากสมการ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

จะได้

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{T_1} \frac{T_2}{P_2}$$

ก. เมื่อ $T_2 = 127\text{ }^{\circ}\text{C} = (127 + 273.15)\text{ K} = 400.15\text{ K}$ และ $P_2 = 0.5\text{ atm}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad V_2 &= \left(\frac{(1\text{ atm})(1\text{ m}^3)}{300.15\text{ K}} \right) \frac{400.15\text{ K}}{0.5\text{ atm}} \\ &= 2.67\text{ m}^3 \end{aligned}$$

ข. เมื่อ $T_2 = -73\text{ }^{\circ}\text{C} = (-73 + 273.15)\text{ K} = 200.15\text{ K}$ และ $P_2 = 2\text{ atm}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad V_2 &= \left(\frac{(1\text{ atm})(1\text{ m}^3)}{300.15\text{ K}} \right) \frac{200.15\text{ K}}{2\text{ atm}} \\ &= 0.33\text{ m}^3 \end{aligned}$$

ตอบ ก. ปริมาตรของแก๊สเท่ากับ 2.67 ลูกบาศก์เมตร

ข. ปริมาตรของแก๊สเท่ากับ 0.33 ลูกบาศก์เมตร

15. บอลลูนที่บรรจุแก๊สไฮโดรเจน ขณะอยู่ที่พื้นมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาตร 1.8×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร และมีความดัน 1.0×10^5 พาสคัล ถ้าบอลลูนนี้ลอยสูงขึ้นจนอุณหภูมิแก๊สภายในลดลงเหลือ 18 องศาเซลเซียส ความดันลดลงเหลือ 0.8×10^5 พาสคัล ขณะนั้นบอลลูนมีปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ จากโจทย์

ขณะอยู่ที่พื้น แก๊สมี $T_1 = 27\text{ }^{\circ}\text{C} = (27 + 273.15)\text{ K} = 300.15\text{ K}$, $V_1 = 1.8 \times 10^{-2}\text{ m}^3$

และ $P_1 = 1.0 \times 10^5\text{ Pa}$

ขณะลอยสูง แก๊สมี $T_2 = 18\text{ }^{\circ}\text{C} = (18 + 273.15)\text{ K} = 291.15\text{ K}$ และ $P_2 = 0.8 \times 10^5\text{ Pa}$

จากสมการ
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{แทนค่า} \quad \frac{(1.0 \times 10^5\text{ Pa})(1.8 \times 10^{-2}\text{ m}^3)}{300.15\text{ K}} = \frac{(0.8 \times 10^5\text{ Pa})V_2}{291.15\text{ K}}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad V_2 = 2.18 \times 10^{-2}\text{ m}^3$$

ตอบ บอลลูนมีปริมาตร 2.2×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร

16. แก๊สจำนวนหนึ่งอยู่ในกระบอกสูบ เมื่อความดันของแก๊สเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ปริมาตรของแก๊สจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของเดิม อัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สครั้งหลังกับครั้งแรกมีค่าเท่าใด

วิธีทำ กำหนดให้ ครั้งแรก แก๊สมีความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิ P_1 V_1 และ T_1 ตามลำดับ

ครั้งหลัง แก๊สจำนวนนี้มีความดัน $P_2 = 3 P_1$ ปริมาตร $V_2 = \frac{1}{2} V_1$ และอุณหภูมิ T_2

จากสมการ
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

แทนค่า
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{(3P_1)\left(\frac{1}{2} V_1\right)}{T_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{3}{2}$$

ตอบ อัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สครั้งหลังกับครั้งแรกเท่ากับ $\frac{3}{2}$

17. แก๊สชนิดหนึ่งมีปริมาตร 2×10^{-3} ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ความดัน 2 บรรยากาศ แก๊สนี้มีกี่โมล

วิธีทำ จากโจทย์ $P = 2 \times 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

และ $T_1 = 17^\circ \text{C} = (17 + 273.15) \text{ K} = 290.15 \text{ K}$

จากสมการ $PV = nRT$

แทนค่า $(2 \times 1.013 \times 10^5 \text{ Pa})(2 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = n (8.31 \text{ J/mol K})(290.15 \text{ K})$

ดังนั้น $n = 0.17 \text{ mol}$

ตอบ แก๊สมีจำนวนเท่ากับ 0.17 โมล

18. ถังบรรจุแก๊สไฮโดรเจนหนึ่งมีปริมาตร 10 ลิตร ถ้าบรรจุแก๊สไฮโดรเจนซึ่งมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสลงในถังจนมีความดัน 2.5×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร แก๊สไฮโดรเจนมีจำนวนกี่กรัม กำหนดให้มวลโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนเท่ากับ 2 กรัมต่อโมล

วิธีทำ ให้มวลของแก๊สไฮโดรเจนที่บรรจุในภาชนะมีค่า m โดยมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมลของแก๊ส (n) ดังนี้

$$n = \frac{m}{2 \text{ g/mol}} = m(0.5 \times 10^3) \text{ mol/kg}$$

จากโจทย์ $P = 2.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, $V = 1 \times 10^{-2} \text{ m}^3$, $n = m(0.5 \times 10^3) \text{ mol/kg}$

และ $T = 27^\circ\text{C} = (27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$

จากสมการ $PV = nRT$

แทนค่า $(2.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(1 \times 10^{-2} \text{ m}^3) = [m(0.5 \times 10^3) \text{ mol/kg}](8.31 \text{ J/mol K})(300.15 \text{ K})$

$$m = 2.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

ดังนั้น $m = 2.0 \text{ g}$

ตอบ แก๊สไฮโดรเจนมีจำนวน 2.0 กรัม

19. ภาชนะรูปลูกบาศก์ที่มีความยาวด้านละ 0.2 เมตร บรรจุแก๊ส 1.0×10^{24} โมเลกุล แต่ละโมเลกุลมีมวล 2.0×10^{-26} กิโลกรัม และเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 600 เมตรต่อวินาที ถ้าผนังแต่ละด้านมีโมเลกุลพุ่งชนในทิศทางตั้งฉากกับผนังเป็นจำนวนหนึ่งในสามของโมเลกุลทั้งหมด จงหา

ก. โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของแต่ละโมเลกุลที่เข้าชนผนัง

ข. แรงเฉลี่ยเนื่องจากโมเลกุลในข้อ ก. ตัวยึดที่เข้าชนผนังแต่ละด้าน

ค. ความดันบนผนังแต่ละด้าน

วิธีทำ ก. เนื่องจากการชนของโมเลกุลของแก๊สกับผนังเป็นการชนแบบยืดหยุ่น อัตราเร็วก่อนชนและหลังชนไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ $v_1 = v$ และ $v_2 = -v$ หาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป

จากสมการ
$$\begin{aligned} \Delta \vec{p} &= m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1 \\ &= (-mv) - mv \\ &= -2mv \end{aligned}$$

แทนค่า
$$\begin{aligned} \Delta p &= -2(2.0 \times 10^{-26} \text{ kg})(600 \text{ m/s})^2 \\ &= -2.4 \times 10^{-23} \text{ kg m/s} \end{aligned}$$

ข. หาแรงที่แต่ละโมเลกุลกระทำต่อผนัง

จากสมการ $f = \frac{mv^2}{l}$

แทนค่า $f = \frac{(2.0 \times 10^{-26} \text{ kg})(600 \text{ m/s})^2}{0.2 \text{ m}}$
 $= 3.6 \times 10^{-20} \text{ N}$

ค. หาความดันบนผนังแต่ละด้าน

จากสมการ $P = \frac{1}{3} \frac{Nm}{V} v^2$

แทนค่า $P = \frac{1}{3} \frac{(1.0 \times 10^{24})(2.0 \times 10^{-26} \text{ kg})}{(0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m})} (600 \text{ m/s})^2$
 $= 3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

ตอบ ก. โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปเท่ากับ -2.4×10^{-23} กิโลกรัม เมตรต่อวินาที

ข. แรงที่แต่ละโมเลกุลกระทำต่อผนังเท่ากับ 3.6×10^{-20} นิวตัน

ค. ความดันบนผนังแต่ละด้านเท่ากับ 3.0×10^5 ปาสคัล

20. ถ้าพลังงานจลน์เฉลี่ยของแก๊สในภาชนะปิดเท่ากับ 6.3×10^{-21} จูล และจำนวนโมเลกุลต่อปริมาตรของแก๊สเท่ากับ 2.4×10^{25} โมเลกุลต่อลูกบาศก์เมตร จงหาความดันของแก๊สนี้

วิธีทำ จากโจทย์ $\bar{E}_k = 6.3 \times 10^{-21} \text{ J}$ และ $\frac{N}{V} = 2.4 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$

จากสมการ $PV = \frac{2}{3} N\bar{E}_k$

$$P = \frac{2}{3} \left(\frac{N}{V} \right) \bar{E}_k$$

แทนค่า $P = \frac{2}{3} (2.4 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}) (6.3 \times 10^{-21} \text{ J})$

$$= 1.008 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

ตอบ ความดันของแก๊สเท่ากับ 1.0×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร

21. จงหาพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลออกซิเจนที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ

วิธีทำ หาพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลออกซิเจน

$$\text{จาก} \quad \bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad \bar{E}_k &= \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) (273.15 \text{ K}) \\ &= 5.65 \times 10^{-21} \text{ J} \end{aligned}$$

ตอบ พลังงานจลน์เฉลี่ยของออกซิเจนเท่ากับ 5.65×10^{-21} จูล

22. แก๊สชนิดหนึ่งบรรจุในภาชนะปิดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะต้องทำให้แก๊สนี้มีอุณหภูมิเป็นเท่าใด จึงมีพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อโมเลกุลเป็น 2 เท่าของค่าเดิม

วิธีทำ จากพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อโมเลกุล

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\text{จะได้} \quad \bar{E}_{k_1} = \frac{3}{2} k_B T_1$$

$$\text{และ} \quad \bar{E}_{k_2} = \frac{3}{2} k_B T_2$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{\bar{E}_{k_2}}{\bar{E}_{k_1}} = \frac{\frac{3}{2} k_B T_2}{\frac{3}{2} k_B T_1}$$

$$\text{นั่นคือ} \quad T_2 = \left(\frac{\bar{E}_{k_2}}{\bar{E}_{k_1}} \right) T_1$$

$$T_2 = \left(\frac{2\bar{E}_{k_1}}{\bar{E}_{k_1}} \right) T_1$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad &= (2)(273.15 \text{ K}) \\ &= 546.30 \text{ K} \end{aligned}$$

ตอบ แก๊สดังกล่าวจะต้องมีอุณหภูมิ 546.30 เคลวิน หรือ 273.15 องศาเซลเซียส

23. จงหาอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสและพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 280 เคลวิน
วิธีทำ จากโจทย์ $T = 280 \text{ K}$

และ มวลของโมเลกุลแก๊สไนโตรเจน 1 โมล $M_N = 28 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$

จากสมการ
$$PV = \frac{2}{3} N \bar{E}_k = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} \right) m v_{rms}^2 = \frac{1}{3} N m v_{rms}^2$$

และสมการ
$$PV = nRT$$

จะได้
$$\frac{1}{3} N m v_{rms}^2 = nRT$$

$$v_{rms}^2 = \frac{3nRT}{mN}$$

เนื่องจาก มวลทั้งหมดของโมเลกุลแก๊ส เท่ากับ มวลโมเลกุล \times จำนวนโมเลกุล $= mN$
และ มวลทั้งหมดของโมเลกุลแก๊ส เท่ากับ มวลของโมเลกุลแก๊ส 1 โมล \times จำนวนโมล $= Mn$
แทนค่า $mN = Mn$ จะได้

$$v_{rms}^2 = \frac{3nRT}{Mn}$$

ดังนั้น
$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

แทนค่า
$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3(8.31 \text{ J/K mol})(280 \text{ K})}{28 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}}$$

$$= 499.3 \text{ ms}^{-1}$$

จากสมการ
$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

แทนค่า
$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}) (280 \text{ K})$$

$$= 5.80 \times 10^{-21} \text{ J}$$

ตอบ อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสเท่ากับ 499 เมตรต่อวินาที และพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากับ 5.80×10^{-21} จูล

24. จงหาอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสและพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมนีออนที่อุณหภูมิ 450 เคลวิน
วิธีทำ จากโจทย์ $T = 450 \text{ K}$ และ $M_{\text{Ne}} = 20 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$

จากสมการ
$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

แทนค่า
$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3(8.31 \text{ J/K mol})(450 \text{ K})}{20 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}}$$

$$= 749 \text{ ms}^{-1}$$

จากสมการ
$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

แทนค่า
$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} (1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(450 \text{ K})$$

$$= 9.32 \times 10^{-21} \text{ J}$$

ตอบ อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสเท่ากับ 749 เมตรต่อวินาที และพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากับ 9.32×10^{-21} จูล

25. พลังงานภายในของแก๊สอาร์กอนจำนวน 1.00 โมล ที่ 27 องศาเซลเซียส มีค่าเท่าใด
วิธีทำ จากโจทย์ $n = 1.00 \text{ mol}$ และ $T_1 = 27^\circ \text{C} = (27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$

หาพลังงานภายในของแก๊สอาร์กอน

จากสมการ
$$U = \frac{3}{2} nRT$$

แทนค่า
$$U = \frac{3}{2} (1.00 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol K})(300.15 \text{ K})$$

$$= 3741.4 \text{ J}$$

ตอบ พลังงานภายในของแก๊สอาร์กอนเท่ากับ 3.74 กิโลจูล

26. แก๊สอุดมคติมวล 20 กรัม บรรจุในขวดปิดมิดชิดมีอุณหภูมิ 293 เคลวิน ถ้าอุณหภูมิของแก๊สในขวดเพิ่มขึ้น 20 เคลวิน พลังงานภายในจะเพิ่มขึ้นเท่าใดเมื่อกำหนดให้มวลโมลาร์ของแก๊สนี้เท่ากับ 20 กรัมต่อโมล

วิธีทำ จากสมการ
$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

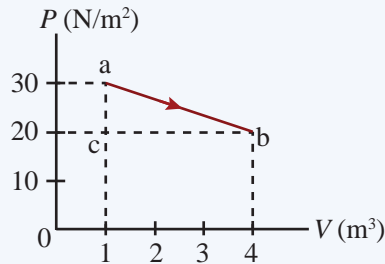
ในที่นี้ $R = 8.31 \text{ J/mol K}$, $\Delta T = 20 \text{ K}$ และ $n = 1 \text{ mol}$

แทนค่า
$$\Delta U = \frac{3}{2} (1 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol K})(20 \text{ K})$$

$$= 249.3 \text{ J}$$

ตอบ พลังงานภายในจะเพิ่มขึ้น 0.25 กิโลจูล

27. ระบบซึ่งประกอบด้วยแก๊สจำนวนหนึ่ง เมื่อแก๊สนี้เปลี่ยนสถานะจาก a ไป b จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันของแก๊ส P กับปริมาตร V ดังรูป



รูป ประกอบปัญหาข้อ 27

พลังงานภายในของระบบเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด

วิธีทำ แก๊สเปลี่ยนสถานะจาก a ไป b ทำให้ความดันของแก๊ส P และปริมาตร V เปลี่ยนแปลง พลังงานภายในของระบบที่เปลี่ยนแปลง ΔU จึงมีค่าเท่ากับ $U_2 - U_1$

$$\text{จาก} \quad \Delta U = U_2 - U_1$$

$$\text{ในที่นี้} \quad U_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} (30 \text{ N/m}^2)(1 \text{ m}^3) = 45 \text{ J}$$

$$\text{และ} \quad U_2 = \frac{3}{2} P_2 V_2 = \frac{3}{2} (20 \text{ N/m}^2)(4 \text{ m}^3) = 120 \text{ J}$$

$$\text{แทนค่า} \quad \Delta U = 120 \text{ J} - 45 \text{ J}$$

$$\Delta U = +75 \text{ J}$$

ตอบ พลังงานภายในของระบบเพิ่มขึ้น 75 จูล

28. แก๊สในกระบอกสูบได้รับความร้อนจากภายนอก 142 จูล ทำให้แก๊สทำงาน 160 จูล พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าใด และอุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้นหรือลดลง

$$\text{วิธีทำ} \quad \text{จากโจทย์ แก๊สได้รับความร้อน} \quad Q = +142 \text{ J}$$

$$\text{งานที่แก๊สในกระบอกสูบให้ออกมา} \quad W = +160 \text{ J}$$

$$\text{จากสมการ} \quad Q = \Delta U + W$$

$$\text{หรือ} \quad \Delta U = Q - W$$

$$\text{แทนค่า} \quad \Delta U = 142 \text{ J} - 160 \text{ J}$$

$$= -18 \text{ J}$$

ตอบ พลังงานภายในของแก๊สลดลง 18 จูล และอุณหภูมิของแก๊สลดลง

29. แก๊สฮีเลียมจำนวน 1 โมล บรรจุในขวดแก้วที่ปิดผนึกไว้อย่างดีและถือว่าปริมาตรคงตัวตลอดเวลา ต้องให้ความร้อนกับแก๊สฮีเลียมเท่าใดจึงจะทำให้แก๊สมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 30 องศาเซลเซียส

วิธีทำ เมื่อให้ความร้อน Q กับแก๊สในภาชนะปิด จะทำให้พลังงานภายในของแก๊ส ΔU เพิ่มขึ้น เนื่องจากภาชนะบรรจุแก๊สมีปริมาตรคงตัว ดังนั้น งานที่แก๊สทำ W มีค่าเป็นศูนย์ หาความร้อนที่ให้แก๊สจาก

$$Q = \Delta U + W$$

โดยที่
$$Q = \frac{3}{2} nR\Delta T + 0$$

ดังนั้น
$$Q = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

จากโจทย์ $n = 1 \text{ mol}$ และ $\Delta T = 30^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$

แทนค่า
$$Q = \frac{3}{2} (1 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol K})(30 \text{ K})$$

$$= 374 \text{ J}$$

ตอบ ความร้อนที่ให้แก๊สเท่ากับ 374 จูล

30. จงหาพลังงานภายในที่เปลี่ยนไปของแก๊สจำนวนหนึ่งที่บรรจุภายในกระบอกสูบเมื่อแก๊สในกระบอกสูบ

ก. ได้รับความร้อน 2100 จูล ในขณะที่เดียวกันแก๊สทำงาน 400 จูล

ข. ได้รับความร้อน 1260 จูล ในขณะที่เดียวกันออกแรงทำงานต่อแก๊ส 420 จูล

ค. ให้ความร้อนออกมา 5000 จูล ในขณะที่ปริมาตรของแก๊สคงตัว

วิธีทำ หาพลังงานภายในที่เปลี่ยนไป จากสมการ

$$\Delta U = Q - W$$

เมื่อ แก๊สในกระบอกสูบได้รับความร้อน Q เป็นบวก

แก๊สในกระบอกสูบสูญเสียความร้อน Q เป็นลบ

งานที่แก๊สทำงาน W เป็นบวก

งานที่ออกแรงทำงานต่อแก๊ส W เป็นลบ

ปริมาตรของแก๊สคงตัว W เป็นศูนย์

ก. แทนค่า
$$\Delta U = (+2100 \text{ J}) - (+400 \text{ J})$$

$$= +1700 \text{ J}$$

ข. แทนค่า
$$\Delta U = (+1260 \text{ J}) - (-420 \text{ J})$$

$$= +1680 \text{ J}$$

ค. แทนค่า
$$\Delta U = (-5000 \text{ J}) - (0 \text{ J})$$
$$= -5000 \text{ J}$$

- ตอบ ก. พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้น 1700 จูล
 ข. พลังงานภายในของแก๊สเพิ่มขึ้น 1680 จูล
 ค. พลังงานภายในของแก๊สลดลง 5000 จูล

ปัญหาท้าทาย

31. ให้ความร้อน 10 กิโลจูล กับเหล็กและทองแดงซึ่งมีมวล 500 กรัมเท่ากัน อุณหภูมิของโลหะทั้งสองจะเพิ่มขึ้นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

วิธีทำ ความร้อนที่ทำให้เหล็กและทองแดงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น หาได้จากสมการ

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

พิจารณาเหล็ก $Q = 10 \times 10^3 \text{ J}$, $m = 500 \times 10^{-3} \text{ kg}$ และ $c = 449 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

แทนค่า $10 \times 10^3 \text{ J} = (500 \times 10^{-3} \text{ kg})(449 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(\Delta T)_{\text{Fe}}$

จะได้ $(\Delta T)_{\text{Fe}} = 44.54 \text{ } ^\circ\text{C}$

พิจารณาทองแดง $Q = 10 \times 10^3 \text{ J}$, $m = 500 \times 10^{-3} \text{ kg}$ และ $c = 390 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

แทนค่า $10 \times 10^3 \text{ J} = (500 \times 10^{-3} \text{ kg})(390 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(\Delta T)_{\text{Cu}}$

จะได้ $(\Delta T)_{\text{Cu}} = 51.28 \text{ } ^\circ\text{C}$

ดังนั้น ทองแดงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าเหล็ก เท่ากับ $51.28 \text{ } ^\circ\text{C} - 44.54 \text{ } ^\circ\text{C} = 6.74 \text{ } ^\circ\text{C}$

- ตอบ อุณหภูมิของโลหะทั้งสองเพิ่มขึ้นต่างกัน โดยทองแดงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าเหล็ก 6.7 องศาเซลเซียส

32. นำก้อนอะลูมิเนียมมวล 80 กรัม อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใส่ลงไปภาชนะที่เป็นฉนวน และมีน้ำมวล 200 กรัม อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อถึงสมดุลความร้อน อุณหภูมิของสารทั้งสองจะเป็นเท่าใด และความร้อนที่ถูกถ่ายโอนจากก้อนอะลูมิเนียมเป็นเท่าใด

วิธีทำ ให้อุณหภูมิผสมเป็น t โดยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นไปตามสมการ

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

พิจารณาความร้อนจากน้ำที่เพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_1 c_1 (t - T_1) \\ &= (200 \times 10^{-3} \text{ kg})(4.186 \times 10^3 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(t - 30 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 837.2 \text{ J/} ^\circ\text{C} (t - 30 \text{ } ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

พิจารณาความร้อนจากน้ำที่เพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_2 c_2 (T_2 - t) \\ &= (80 \times 10^{-3} \text{ kg})(900 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(100 \text{ } ^\circ\text{C} - t) \\ &= 72.0 \text{ J/}^\circ\text{C} (100 \text{ } ^\circ\text{C} - t) \end{aligned}$$

เนื่องจาก

$$Q_1 = Q_2$$

$$\text{แทนค่า } 837.2 \text{ J/}^\circ\text{C} (t - 30 \text{ } ^\circ\text{C}) = 72.0 \text{ J/}^\circ\text{C} (100 \text{ } ^\circ\text{C} - t)$$

$$837.2 \text{ J/}^\circ\text{C} (t) - 25\,116 \text{ J} = 7200 \text{ J} - 72.0 \text{ J/}^\circ\text{C} (t)$$

$$909.2 \text{ J/}^\circ\text{C} (t) = 32\,316 \text{ J}$$

$$t = 35.54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ดังนั้น ความร้อนที่ออกจากก้อนอะลูมิเนียม หาได้จาก

$$\begin{aligned} Q_2 &= 72.0 \text{ J/}^\circ\text{C} (100 \text{ } ^\circ\text{C} - 35.54 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 4641 \text{ J} \end{aligned}$$

ตอบ อุณหภูมิของสารทั้งสองเป็น 36 องศาเซลเซียส ความร้อนออกจากก้อนอะลูมิเนียม เท่ากับ 4.6 กิโลจูล

33. นำอัลลอยมวล 120 กรัม อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ใส่ลงในภาชนะที่เป็นฉนวนและบรรจุ น้ำมวล 250 กรัม อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส การผสมนี้จะทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำกี่กรัม กำหนดให้ ความร้อนจำเพาะของอัลลอยเท่ากับ 500 จูลต่อกิโลกรัม เคลวิน

วิธีทำ ให้ m เป็นมวลของน้ำที่เดือด ณ อุณหภูมิ $100 \text{ } ^\circ\text{C}$

ความร้อนของอัลลอยลดลงเป็นไปตามสมการ

$$Q_1 = m_1 c_1 \Delta t$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } Q_1 &= (120 \times 10^{-3} \text{ kg})(500 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(150 \text{ } ^\circ\text{C} - 100 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 3000 \text{ J} \end{aligned}$$

ความร้อนของน้ำที่เพิ่มขึ้นเป็นไปตามสมการ

$$Q_2 = m_2 c_2 \Delta t + mL$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } Q_2 &= (250 \times 10^{-3} \text{ kg})(4.186 \times 10^3 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(100 \text{ } ^\circ\text{C} - 98 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &\quad + m (2.256 \times 10^3 \text{ J/kg}) \\ &= 2093 \text{ J} + m (2.256 \times 10^3 \text{ J/kg}) \end{aligned}$$

เนื่องจาก

$$Q_1 = Q_2$$

$$\text{แทนค่า } 3000 \text{ J} = 2093 \text{ J} + m (2.256 \times 10^3 \text{ J/kg})$$

$$m = 0.4 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

ดังนั้น $m = 0.4 \text{ g}$

ตอบ การผสมนี้ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ 0.4 กรัม

34. ก้อนอะลูมิเนียมมวล 200 กรัม อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส อยู่ในภาชนะที่เป็นฉนวนความร้อน เมื่อเทน้ำแข็งมวล 70 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ลงในภาชนะ จากนั้นปิดภาชนะด้วยฝาฉนวน อุณหภูมิสุดท้ายภายในภาชนะเป็นเท่าใด

วิธีทำ ในภาชนะฉนวนความร้อน (ไม่รับหรือให้ความร้อน) มีสารสองอย่างคือ อะลูมิเนียมที่มีอุณหภูมิสูงและน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงมีการถ่ายโอนความร้อนจากอะลูมิเนียมไปยังน้ำแข็ง จนสารทั้งสองมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากัน ดังนั้นอะลูมิเนียมสูญเสียความร้อน น้ำแข็งได้รับความร้อนและมีการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเหตุการณ์อาจเกิดได้ 4 กรณี คือ

- (1) น้ำแข็งหลอมเหลวไม่หมด ดังนั้นอุณหภูมิสุดท้าย $T = 0^\circ\text{C}$
- (2) น้ำแข็งหลอมเหลวหมด แต่อุณหภูมิของอะลูมิเนียมยังสูงกว่า 0°C ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่เดือด ดังนั้น $0^\circ\text{C} < T < 100^\circ\text{C}$
- (3) น้ำเดือดและมีอุณหภูมิสุดท้าย $T = 100^\circ\text{C}$
- (4) น้ำเดือดและกลายเป็นไอน้ำ อะลูมิเนียมมีอุณหภูมิสุดท้าย $T \geq 100^\circ\text{C}$

พิจารณากรณีที่ (1) อุณหภูมิสุดท้าย $T = 0^\circ\text{C}$

หาความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล 70 g หรือ $7 \times 10^{-2} \text{ kg}$ หลอมเหลวหมด

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad Q_1 &= mL_f \\ \text{แทนค่า} \quad Q_1 &= (7 \times 10^{-2} \text{ kg})(3.33 \times 10^5 \text{ J/kg}) \\ &= 23\,310 \text{ J} \end{aligned}$$

หาความร้อนที่ก้อนอะลูมิเนียมมวล 200 g หรือ 0.2 kg ลดอุณหภูมิลงจนเท่ากับ 0°C

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad Q_2 &= mc\Delta T \\ \text{แทนค่า} \quad Q_2 &= (0.2 \text{ kg})(900 \text{ J/kg}^\circ\text{C})(300^\circ\text{C} - 0) \\ &= 54\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

เนื่องจาก $Q_2 > Q_1$ แสดงว่า ความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งหลอมเหลวจนหมดน้อยกว่า ความร้อนที่ทำให้อะลูมิเนียมลดอุณหภูมิลงจนเป็น 0°C กล่าวคือ ขณะที่น้ำแข็งหลอมเหลวหมด อะลูมิเนียมยังมีอุณหภูมิสูงกว่า 0°C ดังนั้น กรณีที่ (1) ไม่เกิดขึ้น

พิจารณากรณีที่ (3) และ (4) อุณหภูมิสุดท้าย $T = 100^\circ\text{C}$

หาความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล $7 \times 10^{-2} \text{ kg}$ หลอมเหลวหมด และมีอุณหภูมิ 100°C

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad Q_3 &= Q_1 + mc_{\text{water}} \Delta T \\ \text{แทนค่า} \quad Q_3 &= 23\,310 + (7 \times 10^2 \text{ kg})(4186 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(100 \text{ } ^\circ\text{C} - 0) \\ &= 52\,612 \text{ J} \end{aligned}$$

หาความร้อนที่ก้อนอะลูมิเนียมมวล 0.2 kg ลดอุณหภูมิลงเท่ากับ 100 °C

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad Q_4 &= mc_{\text{Al}} \Delta T \\ \text{แทนค่า} \quad Q_4 &= (0.2 \text{ kg})(900 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(300 \text{ } ^\circ\text{C} - 100 \text{ } ^\circ\text{C}) \\ &= 36\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

เนื่องจาก $Q_3 > Q_4$ แสดงว่า ความร้อนที่ก้อนอะลูมิเนียมคายออกมาเพื่อทำให้อุณหภูมิลดลงจาก 300 °C เหลืออุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C ไม่เพียงพอที่จะทำให้น้ำแข็งหลอมเหลวจนมีอุณหภูมิ 100 °C ดังนั้น กรณีที่ (3) และ (4) ไม่เกิดขึ้น

พิจารณากรณีที่ (2) อุณหภูมิสุดท้าย $0 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 100 \text{ } ^\circ\text{C}$

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน จะได้

$$\begin{aligned} Q_{\text{ลด}} &= Q_{\text{เพิ่ม}} \\ Q_1 + mc_{\text{water}}(T - 0) &= mc_{\text{Al}}(300 \text{ } ^\circ\text{C} - T) \\ 23\,310 \text{ J} + (7 \times 10^2 \text{ kg})(4186 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}) T &= (0.2 \text{ kg})(900 \text{ J/kg } ^\circ\text{C})(300 \text{ } ^\circ\text{C} - T) \\ 23\,310 \text{ J} + (293.02 \text{ J/} ^\circ\text{C}) T &= 54\,000 \text{ J} - (180 \text{ J/} ^\circ\text{C}) T \\ T &= 64.88 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

ตอบ อุณหภูมิสุดท้ายในภาชนะเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส

35. แก๊สจำนวนหนึ่งพบว่า ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส และความดัน 1.0 บรรยากาศ จะมีปริมาตร 1.0 ลูกบาศก์เมตร ถ้าแก๊สดังกล่าวอยู่ในสถานะต่อไปนี้

ที่	สถานะ	อุณหภูมิ (°C)	ความดัน (บรรยากาศ)
ก.	อุณหภูมิสูงและความดันต่ำ	127	0.5
ข.	อุณหภูมิและความดันสูง	127	2.0
ค.	อุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ	-73	0.5
ง.	อุณหภูมิต่ำและความดันสูง	-73	2.0

แก๊สในสถานะใดมีปริมาตรมากที่สุด

วิธีทำ ที่สถานะเริ่มต้น $P_1 = 1 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, $V_1 = 1 \text{ m}^3$ และ
 $T_1 = (27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$

หาปริมาตรของแก๊สจากสมการ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

หรือ
$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2}$$

ก. ที่ $P_2 = 0.5 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และ $T_2 = (127 + 273.15) \text{ K} = 400.15 \text{ K}$

แทนค่า
$$V_2 = \frac{(1 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(1 \text{ m}^3)}{(300.15 \text{ K})} \frac{(400.15 \text{ K})}{(0.5 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)}$$

$$= 2.67 \text{ m}^3$$

ข. ที่ $P_2 = 2.0 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และ $T_2 = (127 + 273.15) \text{ K} = 400.15 \text{ K}$

แทนค่า
$$V_2 = \frac{(1 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(1 \text{ m}^3)}{(300.15 \text{ K})} \frac{(400.15 \text{ K})}{(2.0 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)}$$

$$= 2.67 \text{ m}^3$$

ค. ที่ $P_2 = 0.5 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และ $T_2 = (-73 + 273.15) \text{ K} = 200.15 \text{ K}$

แทนค่า
$$V_2 = \frac{(1 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(1 \text{ m}^3)}{(300.15 \text{ K})} \frac{(200.15 \text{ K})}{(0.5 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)}$$

$$= 1.33 \text{ m}^3$$

ง. ที่ $P_2 = 2.0 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และ $T_2 = (-73 + 273.15) \text{ K} = 200.15 \text{ K}$

แทนค่า
$$V_2 = \frac{(1 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(1 \text{ m}^3)}{(300.15 \text{ K})} \frac{(200.15 \text{ K})}{(2.0 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)}$$

$$= 0.33 \text{ m}^3$$

ตอบ แก๊สที่มีปริมาตรมากที่สุดคือ แก๊สในสถานะ ก. อุณหภูมิสูงและความดันต่ำ

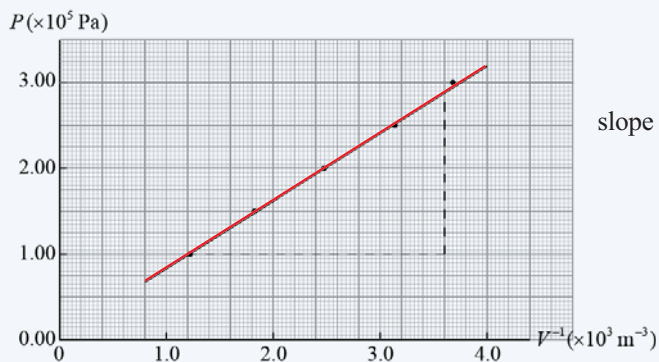
36. ในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรของแก๊สชนิดหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 300 เคลวิน ได้ข้อมูลดังตาราง

ความดัน $P(\times 10^5 \text{ Pa})$	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
ปริมาตร $V(\times 10^{-6} \text{ m}^3)$	815	545	405	320	272

จากข้อมูล จงหาจำนวนโมลของแก๊สที่ใช้ทดลองนี้

วิธีทำ จากสมการแก๊สอุดมคติ $PV = nRT$ โดย n , R และ T มีค่าคงตัว เมื่อจัดสมการใหม่จะได้ $PV = nRT(V^{-1})$ ดังนั้น สามารถหาจำนวนโมลของแก๊สได้โดยหาส่วนกลับของปริมาตรดังตาราง แล้วเขียนกราฟระหว่าง P และ V^{-1} เพื่อหาความชันกราฟ

ความดัน $P(\times 10^5 \text{ Pa})$	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
ปริมาตร $V(\times 10^{-6} \text{ m}^3)$	815	545	405	320	272
ส่วนกลับของปริมาตร $V^{-1}(\times 10^3 \text{ m}^{-3})$	1.23	1.83	2.47	3.13	3.68



$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{\Delta P}{\Delta V^{-1}} \\ &= \frac{(2.90 \times 10^5 \text{ Pa}) - (1.00 \times 10^5 \text{ Pa})}{(3.6 \times 10^3 \text{ m}^{-3}) - (1.2 \times 10^3 \text{ m}^{-3})} \\ &= 79.17 \text{ Pa m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{เมื่อ slope} = nRT \text{ หรือ } n = \frac{\text{slope}}{RT}$$

$$\text{แทนค่า } R = 8.31 \text{ J/mol K} \text{ และ } T = 300 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad n &= \frac{79.17 \text{ Pa m}^3}{(8.31 \text{ J/mol K})(300 \text{ K})} \\ &= 0.032 \text{ mol} \end{aligned}$$

ตอบ จำนวนโมลของแก๊ส เท่ากับ 0.032 โมล

37. จงหามวลและจำนวนโมเลกุลของออกซิเจน 0.1 กิโลโมล และถ้าแก๊สนี้มีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 1.0 บรรยากาศ จะมีปริมาตรเท่าใด กำหนดให้มวลโมเลกุลของออกซิเจนเท่ากับ 32

วิธีทำ มวลโมเลกุลของออกซิเจนเท่ากับ 32 หมายความว่าออกซิเจน 1 mol มีมวล 32×10^{-3} kg
 ดังนั้นออกซิเจน 0.1×10^3 mol มีมวล $= (32 \times 10^{-3} \text{ kg})(0.1 \times 10^3) = 3.2 \text{ kg}$
 เนื่องจากออกซิเจน 1 โมล มีจำนวนโมเลกุล $= 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล ดังนั้น
 ออกซิเจน 0.1×10^3 โมล จะมีจำนวนโมเลกุล $= 0.1 \times 10^3 \times 6.02 \times 10^{23}$ โมเลกุล
 $= 6.02 \times 10^{25}$ โมเลกุล

จากโจทย์แก๊สมีอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ

ถ้าแก๊สมีอุณหภูมิ $T_1 = 27^\circ\text{C} = (27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$

ความดัน $P = 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

หาปริมาตรได้จากสมการ

$$PV = nRT$$

แทนค่า $(1.013 \times 10^5 \text{ Pa})V = (0.1 \times 10^3 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol K})(300.15 \text{ K})$

$$V = 2.46 \text{ m}^3$$

- ตอบ** ออกซิเจน 0.1 กิโลโมล มีมวล 3.2 กิโลกรัม มีจำนวนโมเลกุล 6.02×10^{25} โมเลกุล และที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ จะมีปริมาตร 2.5 ลูกบาศก์เมตร
38. แก๊สไฮโดรเจนบรรจุในภาชนะปิดปริมาตร 207 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่อุณหภูมิ 303 เคลวิน ความดัน 1.01×10^5 พาสคัล จงหา

ก. จำนวนโมเลกุลของไฮโดรเจนในภาชนะ

ข. ความดันของไฮโดรเจนในภาชนะ เมื่อเติมไฮโดรเจนจำนวนโมเลกุลเท่ากับในข้อ ก. เข้าไปในภาชนะ โดยอุณหภูมิและปริมาตรของแก๊สในภาชนะยังคงเป็นเช่นเดิม

ค. ความดันของไฮโดรเจนในภาชนะ เมื่อเติมแก๊สที่มีมวลโมเลกุลเป็นสองเท่าของไฮโดรเจนเพิ่มเข้าไปในภาชนะด้วยจำนวนโมเลกุลเท่ากับในข้อ ก. โดยอุณหภูมิและปริมาตรของแก๊สในภาชนะยังคงเป็นเช่นเดิม

วิธีทำ ก. หาจำนวนโมเลกุล N ของไฮโดรเจนในภาชนะได้จากสมการ

$$PV = nk_B T$$

แทนค่า $(1.01 \times 10^5 \text{ Pa})(207 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = N(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(303 \text{ K})$

$$N = 5.0 \times 10^{24}$$

ข. หาความดันจาก $\frac{P_2 V_2}{N_2 T_2} = \frac{P_1 V_1}{N_1 T_1}$ (เพราะต่างเท่ากับ k_B)

$$P_2 = \left(\frac{P_1 V_1}{N_1 T_1} \right) \left(\frac{N_2 T_2}{V_2} \right)$$

โดยที่อุณหภูมิและปริมาตรของแก๊สในภาชนะยังคงเป็นเช่นเดิม ดังนั้น $V_2 = V_1$ และ $T_2 = T_1$

แทนค่า $P_2 = \left(\frac{P_1 V_1}{N_1 T_1} \right) \left(\frac{N_2 T_1}{V_1} \right)$

$$P_2 = \left(\frac{P_1}{N_1} \right) N_2$$

เมื่อจำนวนโมเลกุลใหม่เป็นสองเท่าของจำนวนโมเลกุลเดิม นั่นคือ $N_2 = 2N_1$

แทนค่า $P_2 = \left(\frac{P_1}{N_1} \right) (2N_1)$

$$= 2P_1$$

$$= 2(1.01 \times 10^5 \text{ Pa})$$

ดังนั้น $P_2 = 2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$

ค. จำนวนโมเลกุล อุณหภูมิและปริมาตรใหม่ของแก๊สยังคงเป็นเช่นเดียวกับข้อ ข. ต่างกันที่ในตอนนี้นี้แก๊สที่เติมเข้าไปมีมวลโมเลกุลเป็น 2 เท่าของแก๊สเดิม แต่โดยที่ ณ อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน ความดันจะขึ้นกับจำนวนโมเลกุลเท่านั้นไม่ขึ้นกับมวลโมเลกุล

ตามสมการ $P_2 = \left(\frac{P_1}{N_1} \right) N_2$ ดังนั้นความดันของแก๊สในข้อนี้จะเป็นเช่นเดียวกับในข้อ ข.

คือเท่ากับ $2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$

ตอบ ก. จำนวนโมเลกุลของไฮโดรเจนในภาชนะเท่ากับ 5.0×10^{24} โมเลกุล

ข. เมื่อเติมไฮโดรเจนจำนวนโมเลกุลเท่ากับในข้อ ก. เพิ่มเข้าไปในภาชนะความดันของไฮโดรเจนในภาชนะเท่ากับ 2.02×10^5 พาสคัล

ค. เมื่อเติมแก๊สที่มีมวลโมเลกุลเป็นสองเท่าของไฮโดรเจนและมีจำนวนโมเลกุลเท่ากับในข้อ ก. เพิ่มเข้าไปในภาชนะ ความดันของแก๊สในภาชนะเท่ากับ 2.02×10^5 พาสคัล

39. ถังแก๊สใบหนึ่งมีปริมาตร 200 ลิตร บรรจุแก๊สชนิดหนึ่งจำนวน 20 โมล ถังแก๊สใบนี้ต่ออยู่กับ ถังแก๊สเปล่าอีกใบหนึ่งมีปริมาตร 20 ลิตร เมื่อเปิดวาล์วจะมีแก๊สไหลจากถังใบแรกไปสู่ถังเปล่า ได้อย่างมากที่สุดกี่โมล ถ้าอุณหภูมิภายในถังขณะถ่ายแก๊สไม่เปลี่ยนแปลง

วิธีทำ หาความดันแก๊สเมื่อเปิดวาล์วถึงแก๊ส

$$\text{จาก} \quad PV = nRT$$

สถานะเดิม ก่อนเปิดวาล์ว

ให้ P_0 เป็นความดันของแก๊สในถัง 200 ลิตร, $V = 200 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ และ $n = 20 \text{ mol}$

$$\text{แทนค่า} \quad P_0 (200 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = (20 \text{ mol}) RT \quad (\text{a})$$

สถานะใหม่ หลังเปิดวาล์ว

ให้ P เป็นความดันของแก๊สในถัง 220 ลิตร, $V = (200 + 20) \times 10^{-3} \text{ m}^3$ และ $n = 20 \text{ mol}$

$$\text{แทนค่า} \quad P (220 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = (20 \text{ mol}) RT \quad (\text{b})$$

สมการ (a) = (b) จะได้

$$P_0 (200 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = P (220 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$P = \frac{10}{11} P_0$$

หาจำนวนโมลของแก๊สในถัง 20 ลิตร

ในที่นี้ให้ $n_{v=20}$ เป็นจำนวนโมลของแก๊สในถัง 20 ลิตร, $P = \frac{10}{11} P_0$ และ $V = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

$$\text{จาก} \quad PV = nRT$$

$$\text{แทนค่า} \quad \left(\frac{10}{11} P_0 \right) (20 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = n_{v=20} RT \quad (\text{c})$$

นำ (c) / (a) จะได้

$$\frac{\left(\frac{10}{11} P_0 \right) (20 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}{P_0 (200 \times 10^{-3} \text{ m}^3)} = \frac{n_{v=20} RT}{(20 \text{ mol}) RT}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad n = 1.82 \text{ mol}$$

ตอบ แก๊สไหลจากถังใบแรกไปสู่ถังเปล่าได้เท่ากับ 1.8 โมล

40. ถ้ากระบอกสูบที่บรรจุแก๊สมีการเปลี่ยนแปลงความดันเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และเปลี่ยนแปลงปริมาตรเป็น 0.8 เท่า พลังงานจลน์ของแก๊สในกระบอกสูบจะเพิ่มขึ้นร้อยละเท่าใด

วิธีทำ หาพลังงานจลน์ของแก๊สจาก $E_k = \frac{3}{2} PV = 1.5 PV$

หาพลังงานจลน์ของแก๊สที่เพิ่มขึ้นจาก

$$\Delta E_k = E_2 - E_1$$

จะได้

$$\Delta E_k = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1$$

$$\Delta E_k = \frac{3}{2} [P_2 V_2 - P_1 V_1]$$

ในที่นี้ $P_1 = P$, $V_1 = V$ และ $P_2 = 2P$, $V_2 = 0.8V$

แทนค่า

$$\Delta E_k = \frac{3}{2} [(2P)(0.8V) - (PV)]$$

$$= \frac{3}{2} (0.6PV)$$

$$\Delta E_k = 0.9PV$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้น $= \frac{\Delta E_k}{E_1} \times 100\%$

$$= \left(\frac{0.9PV}{1.5PV} \right) \times 100\%$$

$$= 60\%$$

ตอบ พลังงานจลน์ของแก๊สจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 60

41. แก๊ส A และแก๊ส B เป็นแก๊สอะตอมเดี่ยวมีมวลและอุณหภูมิเท่ากัน แต่มวลโมเลกุลของแก๊ส A มากกว่าของแก๊ส B จงเปรียบเทียบ

ก. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส A และ B

ข. พลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส A และ B

วิธีทำ ก. เนื่องจากพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊สขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังสมการ

$$E_k = \frac{3}{2} k_B T$$

ดังนั้น เมื่อแก๊ส A และแก๊ส B เป็นแก๊สอะตอมเดี่ยวมีมวลและอุณหภูมิเท่ากัน แสดงว่าพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส A และแก๊ส B มีค่าเท่ากันไม่ว่ามวลของแก๊ส A และแก๊ส B จะเท่าหรือไม่ก็ตาม

ข. ถ้า m_A และ m_B เป็นมวลของโมเลกุล A และ B ตามลำดับ

M_A และ M_B เป็นมวลของแก๊ส A และแก๊ส B ตามลำดับ โดยที่ $M_A = M_B$

จาก จำนวนโมเลกุล = $\frac{\text{มวลของแก๊ส}}{\text{มวลของโมเลกุลของแก๊ส}}$

ดังนั้น จำนวนโมเลกุลของแก๊ส A คือ $N_A = \frac{M_A}{m_A}$

จำนวนโมเลกุลของแก๊ส B คือ $N_B = \frac{M_B}{m_B}$

จาก พลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส

$$E_k = N \left(\frac{3}{2} k_B T \right)$$

ดังนั้น พลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส A คือ $E_{k_A} = \frac{M_A}{m_A} \left(\frac{3}{2} k_B T \right)$

พลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส B คือ $E_{k_B} = \frac{M_B}{m_B} \left(\frac{3}{2} k_B T \right)$

จะได้ พลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส A ต่อพลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส B คือ

$$\frac{E_{k_A}}{E_{k_B}} = \frac{\frac{M_A}{m_A} \left(\frac{3}{2} k_B T \right)}{\frac{M_B}{m_B} \left(\frac{3}{2} k_B T \right)}$$

ดังนั้น

$$\frac{E_{k_A}}{E_{k_B}} = \frac{m_B}{m_A}$$

เนื่องจาก m_A มากกว่า m_B จะได้ $\frac{m_B}{m_A} < 1$ นั่นคือ $E_{k_A} < E_{k_B}$

ตอบ ก. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส A และ B มีค่าเท่ากัน

ข. พลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส A น้อยกว่าพลังงานจลน์ทั้งหมดของแก๊ส B

42. แก๊สปริมาณหนึ่งอยู่ในกระบอกสูบถูกอัดจนมีความดันเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของความดันเดิม โดยมีอุณหภูมิคงตัว จงหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณต่อไปนี้ในสภาวะใหม่กับสภาวะเดิม

- ก. ปริมาตร
 ข. จำนวนโมเลกุลต่อปริมาตร
 ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส

วิธีทำ กำหนดให้ สภาวะเดิม แก๊สมีความดัน P_1 ปริมาตร V_1 อุณหภูมิ T_1 จำนวนโมเลกุล N_1 และพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลเป็น \bar{E}_{k_1}
 สภาวะใหม่ แก๊สมีความดัน P_2 ปริมาตร V_2 อุณหภูมิ T_2 จำนวนโมเลกุล N_2 และพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลเป็น \bar{E}_{k_2}

จากโจทย์จะได้ $P_2 = 2P_1$ และ $T_2 = T_1$ หาอัตราส่วนระหว่างปริมาณต่างๆในสภาวะใหม่กับสภาวะเดิม ได้ดังนี้

ก. หาอัตราส่วนระหว่างปริมาตร

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad & P_2 V_2 = P_1 V_1 && (\text{เพราะ } T \text{ คงตัว}) \\ \text{แทนค่า} \quad & (2P_1)V_2 = P_1 V_1 \\ \text{จะได้} \quad & \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

ข. หาอัตราส่วนระหว่างจำนวนโมเลกุลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad & PV = NK_B T \\ \text{สภาวะเดิม} \quad & \frac{N_1}{V_1} = \frac{P_1}{k_B T_1} && (a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สภาวะใหม่} \quad & \frac{N_2}{V_2} = \frac{P_2}{k_B T_2} && (b) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{นำ (b)/(a) จะได้} \quad & \frac{\frac{N_2}{V_2}}{\frac{N_1}{V_1}} = \frac{P_2}{P_1} \\ & = \frac{2P_1}{P_1} \\ & = 2 \end{aligned}$$

ค. หาอัตราส่วนระหว่างพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส

$$\text{จากสมการ} \quad \bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\text{สถานะเดิม} \quad \bar{E}_{k_1} = \frac{3}{2} k_B T_1 \quad (c)$$

$$\text{สถานะใหม่} \quad \bar{E}_{k_2} = \frac{3}{2} k_B T_2 \quad (d)$$

$$\begin{aligned} \text{นำ (d)/(c) จะได้} \quad \frac{\bar{E}_{k_2}}{\bar{E}_{k_1}} &= \frac{T_2}{T_1} \\ &= 1 \end{aligned}$$

- ตอบ** ก. อัตราส่วนของปริมาตรของแก๊สในสถานะใหม่ต่อปริมาตรในสถานะเดิมเท่ากับ 1/2
 ข. อัตราส่วนของจำนวนโมเลกุลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของสถานะใหม่ต่อค่านี้ในสถานะเดิมเท่ากับ 2
 ค. อัตราส่วนของพลังงานจลน์ของโมเลกุลของแก๊สในสถานะใหม่ต่อค่านี้ในสถานะเดิมเท่ากับ 1

43. กล่องขนาดกว้าง 0.1 เมตร ยาว 0.1 เมตร และสูง 0.2 เมตร ภายในมีอนุภาค 20 ตัว แต่ละอนุภาคมีมวล 1.0×10^{-3} กรัม เท่ากัน และมีอัตราเร็วดังนี้

3.0 m/s	5.0 m/s	6.0 m/s	1.0 m/s
3.0 m/s	4.0 m/s	4.0 m/s	2.0 m/s
7.0 m/s	4.0 m/s	5.0 m/s	6.0 m/s
2.0 m/s	4.0 m/s	5.0 m/s	3.0 m/s
8.0 m/s	4.0 m/s	5.0 m/s	5.0 m/s

จงหา

- ก. อัตราเร็วเฉลี่ยของอนุภาคในกล่อง
 ข. อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส
 ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละอนุภาค
 ง. ความดันเฉลี่ยที่ผนังกล่อง ถ้าการชนผนังของอนุภาคเป็นการชนแบบยืดหยุ่น

วิธีทำ ก. หาอัตราเร็วเฉลี่ยของอนุภาค

$$\begin{aligned} \text{จาก } \bar{v} &= (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + v_8 + v_9 + v_{10} + v_{11} + v_{12} + v_{13} \\ &\quad + v_{14} + v_{15} + v_{16} + v_{17} + v_{18} + v_{19} + v_{20}) / 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า } \bar{v} &= (3.0 \text{ m/s} + 5.0 \text{ m/s} + 6.0 \text{ m/s} + 1.0 \text{ m/s} + 3.0 \text{ m/s} + 4.0 \text{ m/s} \\ &\quad + 4.0 \text{ m/s} + 2.0 \text{ m/s} + 7.0 \text{ m/s} + 4.0 \text{ m/s} + 5.0 \text{ m/s} + 6.0 \text{ m/s} \\ &\quad + 2.0 \text{ m/s} + 4.0 \text{ m/s} + 5.0 \text{ m/s} + 3.0 \text{ m/s} + 8.0 \text{ m/s} + 4.0 \text{ m/s} \\ &\quad + 5.0 \text{ m/s} + 5.0 \text{ m/s})/20 \\ &= 4.3 \text{ m/s}\end{aligned}$$

ข. หาอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสจาก $v_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}}$

$$\begin{aligned}\overline{v^2} &= (v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + v_5^2 + v_6^2 + v_7^2 + v_8^2 + v_9^2 + v_{10}^2 + v_{11}^2 \\ &\quad + v_{12}^2 + v_{13}^2 + v_{14}^2 + v_{15}^2 + v_{16}^2 + v_{17}^2 + v_{18}^2 + v_{19}^2 + v_{20}^2) / 20 \\ \text{แทนค่า } \overline{v^2} &= [(3.0 \text{ m/s})^2 + (5.0 \text{ m/s})^2 + (6.0 \text{ m/s})^2 + (1.0 \text{ m/s})^2 + (3.0 \text{ m/s})^2 \\ &\quad + (4.0 \text{ m/s})^2 + (4.0 \text{ m/s})^2 + (2.0 \text{ m/s})^2 + (7.0 \text{ m/s})^2 + (4.0 \text{ m/s})^2 \\ &\quad + (5.0 \text{ m/s})^2 + (6.0 \text{ m/s})^2 + (2.0 \text{ m/s})^2 + (4.0 \text{ m/s})^2 + (5.0 \text{ m/s})^2 \\ &\quad + (3.0 \text{ m/s})^2 + (8.0 \text{ m/s})^2 + (4.0 \text{ m/s})^2 + (5.0 \text{ m/s})^2 + (5.0 \text{ m/s})^2] / 20 \\ &= 21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2\end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } v_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 4.6 \text{ m/s}$$

การหาคำตอบในข้อ ก. และ ข. อาจใช้วิธีการทางสถิติโดยจัดข้อมูลดิบลงในตารางแจกแจงความถี่ ดังนี้

v (m/s)	n	nv	v^2	nv^2 (m ² /s ²)
1.0	1	1.0	1.0	1.0
2.0	2	4.0	4.0	8.0
3.0	3	9.0	9.0	27.0
4.0	5	20.0	16.0	80.0
5.0	5	25.0	25.0	125.0
6.0	2	12.0	36.0	72.0
7.0	1	7.0	49.0	49.0
8.0	1	8.0	64.0	64.0
	$\sum n = N = 20$	$\sum nv = 86 \text{ m/s}$		$\sum nv^2 = 426 \text{ m}^2/\text{s}^2$

จะได้ อัตราเร็วเฉลี่ยของอนุภาค $\bar{v} = \frac{\sum nv}{\sum n} = \frac{86 \text{ m/s}}{20} = 4.3 \text{ m/s}$

$\overline{v^2} = \frac{\sum nv^2}{\sum n} = \frac{426 \text{ m}^2/\text{s}^2}{20} = 21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2$

ดังนั้น อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส $v_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 4.6 \text{ m/s}$

ค. หาพลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละอนุภาคจาก

$$\bar{E}_k = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$$

แทนค่า $\bar{E}_k = \frac{1}{2} (1.0 \times 10^{-6} \text{ kg})(21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2)$

$$= 1.065 \times 10^{-5} \text{ J}$$

ง. หาความดันเฉลี่ยที่ผนังกล่องจาก

$$P = \frac{1}{3} \frac{m}{V} N \overline{v^2}$$

ในที่นี้ $m = 1.0 \times 10^{-3} \text{ g} = 1.0 \times 10^{-6} \text{ kg}$

$$V = 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$N = 20 \text{ และ } \overline{v^2} = 21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

แทนค่า $P = \frac{1}{3} \frac{(1.0 \times 10^{-6} \text{ kg})}{(2 \times 10^{-3} \text{ m}^3)} (20)(21.3 \text{ m}^2/\text{s}^2)$

$$= 0.071 \text{ Pa}$$

ตอบ ก. อัตราเร็วเฉลี่ยของอนุภาคเท่ากับ 4.3 เมตรต่อวินาที

ข. อัตราเร็วอาร์เอ็มเอสเท่ากับ 4.6 เมตรต่อวินาที

ค. พลังงานจลน์เฉลี่ยของแต่ละอนุภาคเท่ากับ 1.1×10^{-5} จูล

ง. ความดันเฉลี่ยที่ผนังกล่องเท่ากับ 0.07 พาสคัล

44. ถ้าผสมแก๊สฮีเลียม 1 โมล ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กับแก๊สอาร์กอน 2 โมล ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จงหาว่าอุณหภูมิผสมเป็นเท่าใด

วิธีทำ วิธีคิดที่ 1 จาก พลังงานจลน์ภายในแก๊สเป็นดังสมการ

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

ให้แก๊สฮีเลียมและอาร์กอนมีพลังงานภายในเป็น U_{He} และ U_{Ar} ตามลำดับ

$$\text{จะได้ } U_{\text{He}} = \frac{3}{2} (1 \text{ mol}) R (333.15 \text{ K}) = \frac{3}{2} R (333.15 \text{ mol K})$$

$$\text{และ } U_{\text{Ar}} = \frac{3}{2} (2 \text{ mol}) R (303.15 \text{ K}) = \frac{3}{2} R (606.30 \text{ mol K})$$

เมื่อผสมแก๊สทั้งสองเข้าด้วยกัน จะได้พลังงานภายในของระบบหลังผสมเป็น

$$\begin{aligned} U_{\text{mixed}} &= U_{\text{He}} + U_{\text{Ar}} \\ &= \frac{3}{2} R (333.15 \text{ mol K}) + \frac{3}{2} R (606.30 \text{ mol K}) \\ &= \frac{3}{2} R (939.45 \text{ mol K}) \end{aligned}$$

และได้จำนวนโมลของระบบหลังผสมเป็น

$$n_{\text{mixed}} = (1 \text{ mol}) + (2 \text{ mol}) = 3 \text{ mol}$$

จากสมการ $U = \frac{3}{2}nRT$ จะหาอุณหภูมิของแก๊สผสมได้เป็น

$$T = \frac{U}{\frac{3}{2}nR}$$

แทนค่า U_{mixed} และ n_{mixed} จะได้

$$\begin{aligned} T_{\text{mixed}} &= \frac{\frac{3}{2} R (939.45 \text{ mol K})}{\frac{3}{2} (3 \text{ mol}) R} \\ &= 313.15 \text{ K} \end{aligned}$$

วิธีคิดที่ 2 หาอุณหภูมิของแก๊สผสม จาก

$$\begin{aligned}
 U_{\text{mixed}} &= U_{\text{He}} + U_{\text{Ar}} \\
 \frac{3}{2}(n_{\text{He}} + n_{\text{Ar}})RT_{\text{mixed}} &= \frac{3}{2}n_{\text{He}}RT_{\text{He}} + \frac{3}{2}n_{\text{Ar}}RT_{\text{Ar}} \\
 T_{\text{mixed}} &= \frac{n_{\text{He}}T_{\text{He}} + n_{\text{Ar}}T_{\text{Ar}}}{n_{\text{He}} + n_{\text{Ar}}} \\
 &= \frac{1(333.15) + 2(303.15)}{3} \text{ K} \\
 &= 313.15 \text{ K}
 \end{aligned}$$

ตอบ อุณหภูมิของแก๊สผสมจะเป็น 313.15 เคลวิน หรือ 40 องศาเซลเซียส

45. แก๊สในกระบอกสูบคายความร้อน 240 จูล ขณะที่พลังงานภายในเพิ่มขึ้น 50 จูล ปริมาตรของแก๊สจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง

วิธีทำ จากสมการ $Q = \Delta U + W$
 หรือ $W = Q - \Delta U$
 ในที่นี้ $Q = -240 \text{ J}$ และ $\Delta U = 50 \text{ J}$
 แทนค่า $W = -240 \text{ J} - 50 \text{ J}$
 $= -290 \text{ J}$

งานที่ทำโดยแก๊สเป็นลบ แสดงว่า ปริมาตรของแก๊สลดลงหรือหดตัว

ตอบ ปริมาตรของแก๊สจะลดลง

46. ในการอัดแก๊สอาร์กอน 1 กิโลโมล จากปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เมตร ที่ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1.01×10^5 ปาสคัล ให้มีปริมาตรเป็น 14.0 ลูกบาศก์เมตร ที่ความดันเดียวกัน จงหา ก. งานที่ใช้ในการอัดแก๊ส
 ข. อุณหภูมิของแก๊สหลังการอัด
 ค. พลังงานภายในของแก๊สที่เปลี่ยนไป
 ง. ความร้อนที่แก๊สปลดปล่อยออกมา

วิธีทำ ก. หางานที่ใช้ในการอัดแก๊ส

จาก $W = P\Delta V$
 จะได้ $W = (1.01 \times 10^5 \text{ Pa})[(14.0 \text{ m}^3) - (22.4 \text{ m}^3)]$
 $= -8.48 \times 10^5 \text{ J}$

ข. หาอุณหภูมิของแก๊สหลังการอัดในข้อ ก.

$$\text{จาก } PV = nRT$$

$$\text{จะได้ } T = \frac{PV}{nR}$$

$$= \frac{(1.01 \times 10^5 \text{ Pa})(14.0 \text{ m}^3)}{(1 \times 10^3 \text{ mol})(8.31 \text{ J/molK})}$$

$$= 170 \text{ K}$$

ค. หาพลังงานภายในที่เปลี่ยนไป

$$\text{จาก } \Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \quad (\text{เพราะ } U = \frac{3}{2} nRT)$$

$$\text{จะได้ } \Delta U = \frac{3}{2} (1 \times 10^3 \text{ mol}) (8.31 \text{ J/mol K}) (170.15 \text{ K} - 273.15 \text{ K})$$

$$= -1.28 \times 10^6 \text{ J}$$

ง. หาความร้อนที่แก๊สปลดปล่อยออก

$$\text{จาก } Q = \Delta U + W$$

$$\text{จะได้ } Q = (-1.28 \times 10^6 \text{ J}) + (-8.5 \times 10^5 \text{ J})$$

$$= -2.13 \times 10^6 \text{ J}$$

ตอบ ก. งานในการอัดแก๊สเท่ากับ 8.48×10^5 จูล

ข. อุณหภูมิของแก๊สภายหลังจากการอัดเท่ากับ 170 เคลวิน หรือ -103.15 องศาเซลเซียส

ค. พลังงานภายในของแก๊สลดลง 1.28×10^6 จูล

ง. ความร้อนที่แก๊สคายออกมาเท่ากับ 2.13×10^6 จูล

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทที่ 17

??? | คำถาม

1. ลวดโลหะยาว 3 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 0.25 ตารางเซนติเมตร เมื่อใช้แรงดึง 10 000 นิวตัน จะยืดออก 0.05 เซนติเมตร จงหาค่ามอดูลัสของยังของโลหะที่ทำให้เส้นลวดนี้

วิธีทำ หามอดูลัสของยังได้จากสมการ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$
ในที่นี้

$$F = 10\,000 \text{ N} = 10^4 \text{ N}$$

$$A = 0.25 \text{ cm}^2 = 0.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta L = 0.05 \text{ cm} = 0.05 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$L_0 = 3 \text{ m}$$

แทนค่า

$$Y = \frac{10^4 / 0.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{0.05 \times 10^{-2} \text{ m} / 3 \text{ m}}$$

$$= 2.4 \times 10^{12} \text{ N/m}^2$$

ตอบ มอดูลัสของยังของโลหะที่ทำให้เส้นลวดนี้เท่ากับ 2.4×10^{12} นิวตันต่อตารางเมตร

2. ลวดอะลูมิเนียมยาว 2 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร เมื่อนำลวดนี้ไปยกวัตถุมวล 1000 กิโลกรัม ลวดนี้จะยืดออกเท่าไร (ค่ามอดูลัสของยังของอะลูมิเนียมเท่ากับ $7.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$)

วิธีทำ หาความยาวลวดที่ยืดออก ΔL ได้จากสมการ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$
ในที่นี้

$$F = mg = 1000 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 10^4 \text{ N}$$

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times \left(\frac{0.1 \times 10^{-2}}{2} \text{ m} \right)^2$$

$$= 7.9 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$L_0 = 2 \text{ m}$$

$$Y = 7.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$$

แทนค่า $7.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2 = \frac{10^4 \text{ N} / 7.9 \times 10^{-7} \text{ m}^2}{\Delta L / 2 \text{ m}}$

$$\Delta L = 0.36 \text{ m}$$

ตอบ ลวดเส้นนี้จะยืดออกยาวเท่ากับ 0.36 เมตร

3. ลวดเส้นหนึ่งยาว 3 เมตร มีพื้นที่หน้าตัด 10^{-6} ตารางเมตรและค่ามอดูลัสของยังสำหรับลวดเส้นนี้เป็น 1.5×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร เมื่อมีแรงขนาด 100 นิวตัน ดึงเส้นลวด เส้นลวดจะยืดออกจากเดิมกี่เมตร

วิธีทำ หาความยาวลวดที่ยืดออกได้จากสมการ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$

ในที่นี้

$$F = 100 \text{ N}$$

$$A = 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$L_0 = 3 \text{ m}$$

$$Y = 1.5 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

แทนค่า $1.5 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 = \frac{100 \text{ N} / 10^{-6} \text{ m}^2}{\Delta L / 3 \text{ m}}$

$$\Delta L = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ตอบ เส้นลวดจะยืดออกจากเดิมเท่ากับ 2×10^{-3} เมตร

4. ขณะเกิดพายุ บางครั้งหลังคาบ้านถูกพายุพัดปลิวหลุดออกไปทั้งที่ปิดประตูหน้าต่างทั้งหมดแล้ว เพราะเหตุใด

ตอบ ขณะเกิดพายุ อากาศเร็วลมในบ้านเป็นศูนย์ แต่อากาศเร็วลมที่ผ่านหลังคามีค่าสูงกว่า ทำให้ความดันของอากาศใต้หลังคาสูงกว่าความดันเหนือหลังคา ซึ่งเป็นไปตามหลักของแบร์นูลลี จึงสามารถยกหลังคาให้ปลิวออกไปได้

5. ตะกั่วมีความหนาแน่นมากกว่าเหล็ก ถ้านำโลหะทั้งสองที่มีปริมาตรเท่ากันหย่อนลงในน้ำ แรงพยุงของน้ำกระทำต่อโลหะใดมากกว่า

ตอบ ตะกั่วและเหล็กมีปริมาตรเท่ากัน เมื่อจมอยู่ในน้ำ ทั้งตะกั่วและเหล็กจะแทนที่น้ำด้วยปริมาตรที่เท่ากัน น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ทั้งสองกรณีจึงเท่ากัน ดังนั้น แรงพยุงของน้ำที่กระทำต่อตะกั่วจึงเท่ากับแรงพยุงของน้ำที่กระทำต่อเหล็ก

6. เรือลำหนึ่งมีมวล 4000 กิโลกรัม ลอยในน้ำซึ่งมีความหนาแน่น 1.0×10^3 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร จงหา

ก. แรงพยุงของน้ำที่กระทำต่อเรือ

ข. ปริมาตรของเรือส่วนที่จมอยู่ใต้น้ำ

วิธีทำ ก. เนื่องจาก แรงพยุงของน้ำ = น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่
และน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่ = น้ำหนักของเรือ
ดังนั้น แรงพยุงของน้ำ = น้ำหนักของเรือ

$$= mg$$

$$= (4000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 3.92 \times 10^4 \text{ N}$$

ข. ให้ V = ปริมาตรส่วนที่จมน้ำของเรือ = ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่

เมื่อเรือลอยในน้ำได้แสดงว่า

น้ำหนักของเรือ = น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่

หรือ

$$mg = \rho Vg$$

$$m = \rho V$$

แทนค่า $4000 \text{ kg} = (10^3 \text{ kg/m}^3) V$

$$V = 4 \text{ m}^3$$

ตอบ ก. แรงพยุงของน้ำเท่ากับ 3.92×10^4 นิวตัน

ข. ปริมาตรของเรือส่วนที่จมน้ำอยู่ที่ผิวน้ำเท่ากับ 4 ลูกบาศก์เมตร

Ⓕ | ปัญหา

7. ลวดทองแดงและลวดเหล็กกล้ามีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 0.5 ตารางมิลลิเมตร และมีความยาว 1 เมตรเท่ากัน ค่ามอดูลัสของยังสำหรับลวดทองแดงเป็น 1.2×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร และสำหรับเหล็กกล้าเป็น 2×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร ถ้าลวดทั้งสองมีน้ำหนัก 100 นิวตัน แขนงที่ปลายลวด ความเค้นของลวดทั้งสองต่างกันเท่าใด และลวดทั้งสองจะยืดออกจากเดิมต่างกันเท่าใด

วิธีทำ เนื่องจากความเค้น

$$\text{แรงที่ดึงลวดทั้งสอง } F = 100 \text{ N}$$

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของลวดทั้งสอง } A = 0.5 \text{ mm}^2$$

เมื่อแรงที่ใช้ดึงลวดเท่ากัน และพื้นที่หน้าตัดของลวดทั้งสองเท่ากัน ความเค้นของลวดทั้งสองจึงเท่ากัน

$$\text{หาความยาวของลวดทองแดงที่ยืด } \Delta L \text{ ได้จาก } Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$$

$$\text{ในที่นี้ } F = 100 \text{ N}$$

$$A = 0.5 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$$

$$L_0 = 1 \text{ m}$$

$$Y = 1.2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{แทนค่า } 1.2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 = \frac{100 \text{ N} / 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{\Delta L / 1 \text{ m}}$$

$$\Delta L = 1.67 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{หาความยาวของลวดเหล็กที่ยืด } \Delta L \text{ ได้จาก } Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$$

$$\text{ในที่นี้ } F = 100 \text{ N}$$

$$A = 0.5 \times 10^{-6} \text{ N/m}^2$$

$$L_0 = 1 \text{ m}$$

$$Y = 2.0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{แทนค่า } 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 = \frac{100 \text{ N} / 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{\Delta L / 1 \text{ m}}$$

$$\Delta L = 1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{ดังนั้นลวดทั้งสองยืดออกต่างกัน } = (1.67 \times 10^{-3} \text{ m}) - (1.0 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$= 0.67 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ตอบ ความเค้นของลวดทั้งสองไม่ต่างกัน และลวดทั้งสองจะยืดออกต่างกัน 0.67×10^{-3} เมตร

8. ใช้ลวด x ยาว 1 เมตร แขนงวัตถุมวล 10 กิโลกรัม ลวด x ยืดออก 1 มิลลิเมตร และใช้ลวด y ยาว 1.5 เมตร แขนงวัตถุมวล 20 กิโลกรัม ลวด y ยืดออก 2 มิลลิเมตร รัศมีของพื้นที่หน้าตัดของลวด x เป็นสองเท่าของรัศมีของพื้นที่หน้าตัดของลวด y อัตราส่วนของค่านมอดูลัสยังของลวด x และลวด y มีค่าเท่าใด

วิธีทำ ค่านมอดูลัสของยังได้จากสมการ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$

สำหรับลวด x

ในที่นี้ $F_x = mg = 100 \text{ N}$

$$A_x = \pi(2r)^2$$

$$L_0 = 1 \text{ m}$$

$$\Delta L_x = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$Y_x = \text{มอดูลัสของยังของลวด x}$$

แทนค่า

$$Y_x = \frac{100\text{N}/\pi(2r)^2\text{m}^2}{1 \times 10^{-3}\text{m}/1\text{m}}$$

$$= \frac{10^5}{4\pi r^2} \text{ N/m}^2$$

สำหรับลวด y

ในที่นี้ $F_y = mg = 200 \text{ N}$

$$A_y = \pi r^2$$

$$L_0 = 1.5 \text{ m}$$

$$\Delta L_y = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$Y_y = \text{มอดูลัสของยังของลวด y}$$

แทนค่า

$$Y_y = \frac{200\text{N}/\pi r^2}{2 \times 10^{-3}\text{m}/1.5\text{m}}$$

$$= \frac{1.5 \times 10^5}{\pi r^2} \text{ N/m}^2$$

ดังนั้น

$$\frac{Y_x}{Y_y} = \frac{10^5 \text{ N/m}^2}{4\pi r^2} \times \frac{\pi r^2}{1.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2}$$

$$= \frac{1}{6}$$

ตอบ อัตราส่วนของค่านมอดูลัสยังของลวด x และลวด y มีค่าเท่ากับ 1 : 6

9. ลวดเหล็กกล้าสำหรับดึงลิฟต์เครื่องหนึ่งมีขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น 2×10^8 นิวตันต่อตารางเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เมื่อตัวลิฟต์และสัมภาระในลิฟต์มีมวล 2000 กิโลกรัม สามารถใช้ลวดนี้ดึงลิฟต์ให้เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งสูงสุดเท่าไร จึงจะไม่ยืดเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น

วิธีทำ หาแรงสูงสุดที่ลวดทำต่อลิฟต์โดยไม่เกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น ได้จาก

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

เนื่องจากเส้นลวดมีขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น เท่ากับ $2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ดังนั้น

$$\begin{aligned}\sigma &= 2 \times 10^8 \text{ N/m}^2 \\ A &= \pi \left(\frac{1.5 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2 \\ &= 1.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2\end{aligned}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned}2 \times 10^8 \text{ N/m}^2 &= \frac{F}{1.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\ F &= 3.54 \times 10^4 \text{ N}\end{aligned}$$

หาความเร่งของลิฟต์ได้จาก $F = ma$

ดังนั้น $T - mg = ma$

$$m = 2000 \text{ kg}$$

แทนค่า $(3.54 \times 10^4 \text{ N}) - (2000 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2) = 2000 \text{ kg} \times a$

$$a = 7.7 \text{ m/s}^2$$

- ตอบ** แรงที่ลวดดึงลิฟต์มีค่าได้สูงสุด 3.54×10^4 นิวตัน จึงไม่เกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่นและลิฟต์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งสูงสุดเท่ากับ 7.7 เมตรต่อวินาที²

10. ลวดโลหะซึ่งมีความยาวเดิมเท่ากับ 1.5 เมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 0.05 ตารางมิลลิเมตร มีค่ามอดูลัสของยังเท่ากับ 7.5×10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร หากแขวนวัตถุมวล 5 กิโลกรัม จงหา

ก. ความยาวของลวดโลหะหลังจากแขวนวัตถุแล้ว

ข. ความเร่งสูงสุดเมื่อดึงลวดขึ้นในแนวตั้ง โดยไม่ยืดเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น ถ้าความเค้นที่ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่นของลวดโลหะนี้เท่ากับ 10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร

วิธีทำ ก. หาความยาวของลวดโลหะหลังจากแขวนวัตถุได้จากผลรวมของความยาวเดิมกับระยะที่ลวดยืดออก

$$\text{หรือ} \quad L = L_0 + \Delta L$$

จากสมการ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$

ในที่นี้ $F = mg = 50 \text{ N}$
 $A = 0.05 \text{ mm}^2 = 0.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
 $L_0 = 1.5 \text{ m}$
 $Y = 7.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

แทนค่า $7.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2 = \frac{50 \text{ N} / 0.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{\Delta L / 1.5 \text{ m}}$

$$\Delta L = 0.02 \text{ m}$$

นั่นคือ ลวดจะยืดออกยาว = 0.02 m

หลังจากแขวนวัตถุแล้วลวดจะยาว $L = L_0 + \Delta L$
 $= 1.5 + 0.02 \text{ m}$
 $= 1.52 \text{ m}$

ข. เนื่องจากความเค้นที่ขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น เท่ากับ 10^{10} N/m^2

หาแรงดึงวัตถุได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$

ในที่นี้ $A = 0.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

แทนค่า

$$10^{10} \text{ N/m}^2 = \frac{F}{0.05 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$F = 5.0 \times 10^2 \text{ N}$$

หาความเร่งของวัตถุได้จากสมการ $F = ma$

ดังนั้น $T - mg = ma$

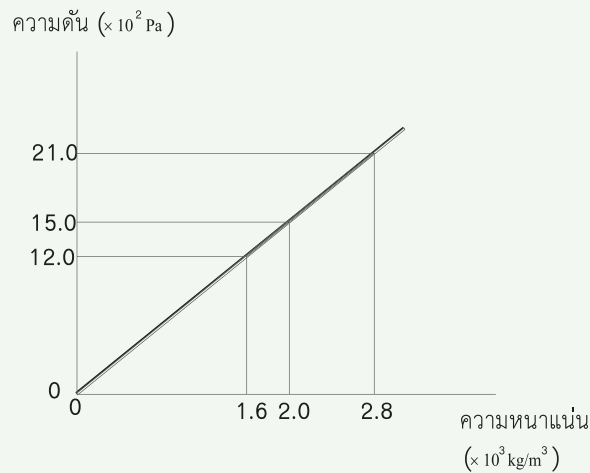
แทนค่า $(5.0 \times 10^2 \text{ N}) - 50 \text{ N} = 5 \text{ kg} \times a$

$$a = 90 \text{ m/s}^2$$

ตอบ ก. ความยาวของลวดหลังจากแขวนวัตถุแล้วเท่ากับ 1.52 เมตร

ข. ลวดนี้จะถูกดึงขึ้นในแนวตั้งได้ด้วยแรงสูงสุดเท่ากับ 90 เมตรต่อวินาที²

11. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจกับความหนาแน่นของของเหลวสามชนิดที่ความลึกเดียวกันดังรูป ความลึกนั้นมีค่าเท่าใด ตอบในหน่วยเซนติเมตร



วิธีทำ ให้ h เป็นความลึกของของเหลว

$$\begin{aligned} \text{จากกราฟความชันของกราฟ} &= \frac{\Delta P}{\Delta \rho} \\ &= \frac{(21.0 \times 10^2 \text{ Pa}) - (12.0 \times 10^2 \text{ Pa})}{(2.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) - (1.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)} = \frac{9.0 \times 10^2 \text{ Pa}}{1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

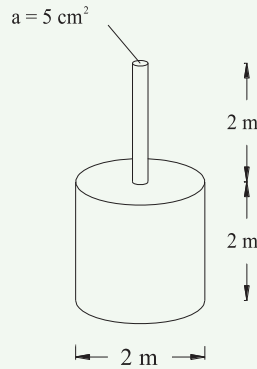
$$\text{แต่ } \frac{\Delta P}{\Delta \rho} = \frac{\rho g h}{\rho} = g h$$

$$\text{ดังนั้น } g h = \frac{9.0 \times 10^2 \text{ Pa}}{1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{จะได้ } h = \frac{9.0 \times 10^2 \text{ Pa}}{(1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)} = 0.0765 \text{ m} = 7.65 \text{ cm}$$

ตอบ ความลึกของของเหลวเท่ากับ 7.65 เซนติเมตร

12. ภาชนะรูปทรงกระบอกรัศมี 1 เมตร สูง 2 เมตร ด้านบนมีท่อทรงกระบอกเล็กๆ สูง 2 เมตร พื้นที่หน้าตัด 5 ตารางเซนติเมตร ดังรูป ภาชนะนี้บรรจุน้ำเต็ม จงคำนวณหาแรงดันของน้ำเนื่องจากความดันเกจที่กระทำต่อกันภาชนะและน้ำหนักของน้ำที่บรรจุไว้ในภาชนะนี้ คำตอบทั้งสองนี้เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด



วิธีทำ หาแรงดันของน้ำที่กระทำต่อภาชนะจากสมการ $F = PA$
 ในที่นี้ ความดันที่ก้นภาชนะ $P = \rho gh$ และพื้นที่ก้นภาชนะ $A = \pi r^2$
 ดังนั้น $F = \rho gh \pi r^2$
 แทนค่า จะได้ $F = (10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(4 \text{ m})(3.14)(1 \text{ m})^2 = 1.23 \times 10^5 \text{ N}$
 หาน้ำหนักของน้ำที่บรรจุในภาชนะจากสมการ $W = mg = \rho Vg$
 ในที่นี้ปริมาตรทั้งหมด

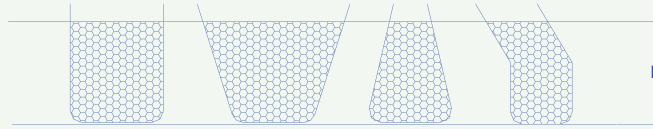
$$V = \text{ปริมาตรของทรงกระบอกเล็ก} + \text{ปริมาตรของทรงกระบอกใหญ่}$$

$$= (5 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(2 \text{ m}) + (3.14)(1 \text{ m}^2)(2 \text{ m}) = 6.281 \text{ m}^3$$

$$\text{แทนค่า จะได้ } W = (10^3 \text{ kg/m}^3)(6.281 \text{ m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2) = 6.16 \times 10^4 \text{ N}$$

ตอบ แรงดันน้ำที่กระทำต่อก้นภาชนะเท่ากับ 1.23×10^5 นิวตัน และน้ำหนักของน้ำที่บรรจุในภาชนะเท่ากับ 6.16×10^4 นิวตัน ซึ่งจะเห็นว่าแรงดันของน้ำที่กระทำต่อก้นภาชนะมีค่ามากกว่าน้ำหนักของน้ำทั้งหมด ทั้งนี้เพราะความดันของน้ำในทรงกระบอกเล็กส่งผ่านมาเต็มพื้นที่หน้าตัดส่วนบนของทรงกระบอกใหญ่ เมื่อคิดแรงดันทั้งหมดเนื่องจากความดันที่ก้นภาชนะจึงมีค่ามากกว่าน้ำหนักของน้ำทั้งภาชนะ

13. จากรูป ภาชนะทั้งสี่บรรจุของเหลวชนิดเดียวกัน ที่ระดับสูง h เท่ากัน ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง
1. ความดันเกจที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
 2. ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
 3. ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ด้านข้างภาชนะเป็นครึ่งหนึ่งของความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ



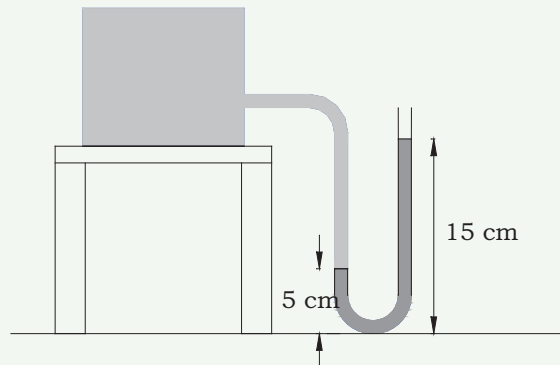
รูปประกอบปัญหาข้อ 13

- วิธีทำ** พิจารณาข้อความ 1. ความดันเกจที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
ความดันเกจที่ก้นภาชนะแต่ละใบ หาได้จาก $P_g = \rho gh$
เนื่องจากของเหลวในภาชนะทั้งสี่เป็นชนิดเดียวกันและสูงเท่ากัน ρ และ h จึงมีค่าเท่ากัน ดังนั้น ความดันเกจที่ก้นภาชนะทุกใบมีค่าเท่ากัน ข้อความ 1. ถูกต้อง
- พิจารณาข้อความ 2. ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ = ความดันบรรยากาศ + ความดันเกจที่ความลึก
หรือ $P = P_0 + \rho gh$
จากสมการ P_0 , ρ และ h มีค่าเท่ากันหมด สำหรับภาชนะแต่ละใบ ดังนั้นความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะทุกใบมีค่าเท่ากัน ข้อความ 2. ถูกต้อง
- พิจารณาข้อความ 3. ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ด้านข้างภาชนะเป็นครึ่งหนึ่งของความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ
ให้ P เป็นความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ
$$P = P_0 + \rho gh \quad (ก)$$

ให้ P_{av} เป็นความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ด้านข้างภาชนะ
$$P_{av} = \frac{1}{2} (\text{ความดันสัมบูรณ์ที่ผิว} + \text{ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ})$$
$$= \frac{1}{2} [(P_0 + 0) + (P_0 + \rho gh)]$$
$$P_{av} = \frac{1}{2} (2P_0 + \rho gh) \quad (ข)$$

จากสมการ (ก) และ (ข) จะเห็นว่า $P_{av} \neq \frac{1}{2} P$ ดังนั้นความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ด้านข้างภาชนะไม่เท่ากับครึ่งหนึ่งของความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ ข้อความ 3. ไม่ถูกต้อง
- ตอบ** ข้อความที่ถูกต้องคือข้อ 1 และ ข้อ 2

14. ขาข้างหนึ่งของแมนอมิเตอร์ที่มีปรอทบรรจุอยู่ ถูกต่อเข้ากับถังสี่เหลี่ยมบรรจุแก๊สชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าระดับปรอทในขาทั้งสองข้างสูง 5 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าความดันของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 10^5 พาสคัล แก๊สในถังมีความดันสัมบูรณ์เท่าใด



รูปประกอบปัญหาข้อ 14

วิธีทำ จากรูป ความดันแก๊สที่ขาซ้าย = ความดันที่ขาขวา
 $=$ ความดันบรรยากาศ + ความดันของปรอท
 $= P_0 + \rho gh$

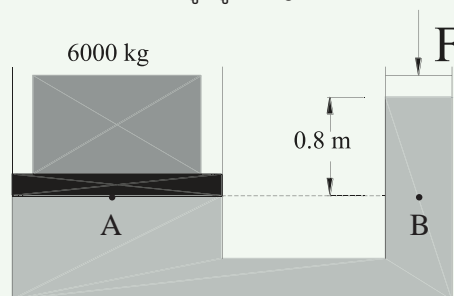
ในที่นี้ $P_0 = 10^5$ Pa, $\rho = 13.6 \times 10^3$ kg/m³, $g = 9.8$ m/s² และ

$h =$ ความสูงของปรอทจากจุด B ถึงผิวบน $= 10$ cm $= 0.1$ m

ดังนั้น ความดันแก๊สที่ขาซ้าย $= (10^5 \text{ Pa}) + (13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(0.1 \text{ m})$
 $= 1.133 \times 10^5$ Pa

ตอบ ความดันแก๊สในถังเท่ากับ 1.133×10^5 พาสคัล

15. ลูกสูบเล็กของเครื่องอัดไฮดรอลิกมีพื้นที่หน้าตัด 25 ตารางเซนติเมตรและลูกสูบใหญ่มีพื้นที่หน้าตัด 800 ตารางเซนติเมตร ถ้ามีมวล 6000 กิโลกรัม วางกดอยู่ในเครื่องอัดไฮดรอลิก ซึ่งมีน้ำมันที่มีความหนาแน่น 780 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถ้าเครื่องอัดไฮดรอลิกอยู่ในสมดุล โดยระดับน้ำมันในลูกสูบเล็กอยู่สูงกว่าระดับน้ำมันในลูกสูบใหญ่ 80 เซนติเมตร แรงที่กดบนลูกสูบเล็กมีค่าเท่าใด



รูปประกอบปัญหาข้อ 15

วิธีทำ ให้ F เป็นแรงที่กดบนลูกสูบเล็ก

W เป็นน้ำหนักบนลูกสูบใหญ่

เมื่อเครื่องอัดไฮดรอลิกอยู่ในสมดุล จะได้

ความดันที่ A = ความดันที่ B

= ความดันเนื่องจากแรง F + ความดันของน้ำมันสูง 80 cm

เขียนในรูปสมการ จะได้ดังนี้

$$\frac{W}{A} = \frac{F}{a} + \rho gh \quad (1)$$

ในที่นี้ W = น้ำหนักที่กดลงบนลูกสูบใหญ่ = $(6000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 5.88 \times 10^4 \text{ N}$

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบใหญ่ = $800 \text{ cm}^2 = 8.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

a = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบเล็ก = $25 \text{ cm}^2 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

ρ = ความหนาแน่นของน้ำมัน = 780 kg/m^3

แทนค่าใน (1) จะได้

$$\frac{5.88 \times 10^4 \text{ N}}{8.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = \frac{1}{2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2} F + (780 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(0.8 \text{ m})$$

$$F = 1.82 \times 10^3 \text{ N}$$

ตอบ แรงที่กดบนลูกสูบเล็กมีขนาดเท่ากับ 1.82×10^3 นิวตัน

16. นำเหล็กรูปลูกบาศก์ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปใส่ลงในน้ำและน้ำมันที่มีความหนาแน่น 1000 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยจมทั้งก้อน แรงพยุงที่กระทำต่อเหล็กทั้งสองกรณีเป็นเท่าใด

วิธีทำ เหล็กรูปลูกบาศก์มีปริมาตร 1 cm^3 หรือ 10^{-6} m^3 เมื่ออยู่ในน้ำและน้ำมันโดยเหล็กจมทั้งก้อนเนื่องจากมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำและน้ำมัน ปริมาตรของน้ำและน้ำมันที่ถูกแทนที่จะเท่ากับ 10^{-6} m^3 ด้วย

แรงพยุงที่น้ำกระทำต่อเหล็ก = น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่โดยเหล็ก

$$= m_w g = \rho_w V g$$

$$= (1000 \text{ kg/m}^3)(10^{-6} \text{ m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$= 9.8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

แรงพยุงที่น้ำมันกระทำต่อเหล็ก = น้ำหนักของน้ำมันที่ถูกแทนที่โดยเหล็ก

$$= m_{oi} g = \rho_{oi} V g$$

$$= (800 \text{ kg/m}^3)(10^{-6} \text{ m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$= 7.84 \times 10^{-3} \text{ N}$$

ตอบ แรงพยุงที่น้ำและน้ำมันกระทำต่อเหล็กเท่ากับ 9.8×10^{-3} และ 7.84×10^{-3} นิวตัน ตามลำดับ

17. นำแท่งไม้รูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 0.5 เมตร มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไปลอยน้ำที่มีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ก. แท่งไม้จมน้ำลึกเท่าใด

ข. จะต้องใช้แรงกดที่แท่งไม้เท่าใด เพื่อให้จมมิดน้ำพอดี

วิธีทำ ก. สมมติให้แท่งไม้จมน้ำลึก h

แท่งไม้ลอยน้ำได้แสดงว่า น้ำหนักของแท่งไม้ = น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่

$$m_{\text{wood}} g = m_w g$$

$$\rho_{\text{wood}} V_{\text{wood}} g = \rho_w V_w g$$

$$\text{แทนค่าจะได้ } V_w = \frac{\rho_{\text{wood}}}{\rho_w} V_{\text{wood}} = \frac{(800 \text{ kg/m}^3)(0.5 \text{ m})^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.1 \text{ m}^3$$

$$\text{แต่ } V_w = (0.5 \text{ m})^2 h$$

$$\text{ดังนั้น } (0.5 \text{ m})^2 h = 0.1 \text{ m}^3$$

$$h = 0.4 \text{ m}$$

ข. ปริมาตรของแท่งไม้ส่วนที่ลอยน้ำ = $(0.5 \text{ m}) \times (0.5 \text{ m}) \times (0.1 \text{ m}) = 0.025 \text{ m}^3$

ดังนั้นเมื่อออกแรงกดแท่งไม้ให้จมมิดน้ำพอดี น้ำจะถูกแทนที่อีก 0.025 m^3

$$\text{น้ำปริมาตรนี้มีน้ำหนัก} = \rho V g = (1000 \text{ kg/m}^3)(0.025 \text{ m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2) = 245 \text{ N}$$

นั่นคือต้องออกแรงกด 245 N

และยังหาแรงที่กดเพื่อให้แท่งไม้จมมิดได้อีกวิธีโดยใช้สมดุลของแรง

$$F + m_{\text{wood}} g = F_B$$

$$F + \rho_{\text{wood}} V g = \rho_w V g$$

$$F = (\rho_w - \rho_{\text{wood}}) V g$$

$$= (1000 \text{ kg/m}^3 - 800 \text{ kg/m}^3)(0.5 \text{ m})^3(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$= 245 \text{ N}$$

ตอบ ก. แท่งไม้จมน้ำลึก 0.4 เมตร

ข. ใช้แรงกด 245 นิวตัน เพื่อให้แท่งไม้จมมิดน้ำพอดี

18. แมนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีระดับปรอทในขาทั้งสองข้างอยู่ที่ขีด 0 ของสเกล ถ้าระยะระหว่างขีดของสเกลเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เมื่อระดับปรอทเปลี่ยนไป 1 ช่องสเกลที่อยู่เหนือขีด 0 ขึ้นไป มีความดันเปลี่ยนไปเท่าใดในหน่วย mmHg

วิธีทำ เมื่อปรอทในขาข้างหนึ่ง (ขวา) ขึ้นไปสูงกว่าขีด 0 เท่ากับ 1 ขีด หรือ 1 mm ปรอทในขาอีกข้างหนึ่ง (ซ้าย) จะลดลง 1 mm ด้วย ดังนั้นระดับปรอทในขาทั้งสองข้างของแมนอมิเตอร์จะต่างกัน 2 mm

ในสถานะสมดุล

ความดันที่ขาซ้าย = ความดันที่ขาขวา

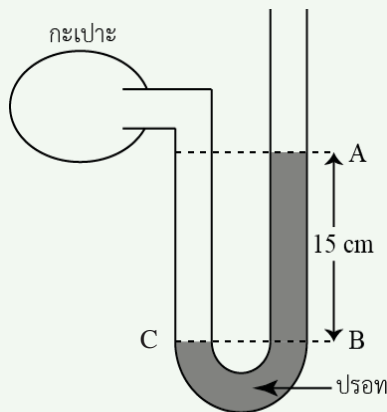
$$\text{ดังนั้น } P_{\text{ซ้าย}} = P_0 + P_{\text{ปรอทสูง 2 mm}}$$

$$P_{\text{ซ้าย}} - P_0 = P_{\text{ปรอทสูง 2 mm}}$$

นั่นคือความดันที่เปลี่ยนไปเท่ากับ 2 mmHg

ตอบ ความดันที่เปลี่ยนไปเท่ากับ 2 มิลลิเมตรปรอท

19. แมนอมิเตอร์ต่อกับกะเปาะที่บรรจุแก๊สตามรูป



แมนอมิเตอร์วัดความดันแก๊สในกะเปาะได้เท่าใด

วิธีทำ ขณะที่ปรอทในแมนอมิเตอร์อยู่นิ่ง ความดันแก๊สในกะเปาะเท่ากับความดันที่ C ซึ่งมีค่าเท่ากับความดันที่ B หรือเท่ากับผลรวมของความดันบรรยากาศกับความดันเกจของปรอทที่อยู่ในหลอดขวามือ ดังนั้น จะได้ว่า

$$\text{ความดันแก๊สในกะเปาะ} = P_0 + (\rho gh)_{\text{ปรอท}}$$

ในที่นี้ $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, $\rho = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $h = 15.0 \times 10^{-2} \text{ m}$
แทนค่า

$$\begin{aligned} \text{ความดันแก๊ส} &= (1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2) + (13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(15.0 \times 10^{-2} \text{ m}) \\ &= (1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2) + (0.19992 \times 10^5 \text{ N/m}^2) \\ &= 1.21 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

ตอบ ความดันแก๊สในกะเปาะเท่ากับ 1.21×10^5 นิวตันต่อตารางเมตร

20. ถังรูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 1 เมตร บรรจุน้ำเกลือที่มีความหนาแน่น 1.03×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไว้เต็มถัง จงหา

ก. แรงเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่น้ำเกลือกระทำที่ก้นถัง

ข. แรงเฉลี่ยเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่น้ำเกลือกระทำที่ด้านข้างของถังหนึ่งด้าน

วิธีทำ ก. แรงที่น้ำเกลือกระทำที่ก้นถัง = ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นถัง \times พื้นที่ก้นถัง

$$\text{หรือ } F = PA$$

เมื่อ F เป็นแรงที่น้ำเกลือกระทำต่อก้นถังเนื่องจากความดันสัมบูรณ์

P เป็นความดันสัมบูรณ์ที่ก้นถัง และ A เป็นพื้นที่ก้นถัง

$$\text{ในที่นี้ } A = 1 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{และ } P &= \text{ความดันบรรยากาศ} + \text{ความดันของน้ำเกลือสูง 1 เมตร} \\ &= P_0 + \rho gh \\ &= (1.013 \times 10^5 \text{ Pa}) + (1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(1 \text{ m}) \\ &= 1.114 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

แทนค่า จะได้

$$F = (1.114 \times 10^5 \text{ Pa})(1 \text{ m}^2) = 1.114 \times 10^5 \text{ N}$$

ข. แรงเฉลี่ยด้านข้างถัง 1 ด้าน = ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ด้านข้างถัง \times พื้นที่ด้านข้างถัง

$$\text{หรือ } F_{av} = P_{av}A$$

เมื่อ F_{av} เป็นแรงเฉลี่ยเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ด้านข้างถัง 1 ด้าน

P_{av} เป็นความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ด้านข้างถัง และ A เป็นพื้นที่ด้านข้างถัง

$$\text{ในที่นี้ } A = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{และ } P_{av} = \frac{\text{ความดันสัมบูรณ์ที่ผิว} + \text{ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นถัง}}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่ผิวน้ำเกลือ} &= \text{ความดันบรรยากาศ} + 0 \\ &= 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\text{และความดันสัมบูรณ์ที่ก้นถัง} = 1.114 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{ดังนั้น } P_{av} = \frac{(1.013 \times 10^5 \text{ Pa}) + (1.114 \times 10^5 \text{ Pa})}{2} = 1.064 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{แทนค่า จะได้ } F = (1.063 \times 10^5 \text{ Pa})(1 \text{ m}^2) = 1.064 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ตอบ ก. แรงกระทำที่กันลึงเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่กันลึงเท่ากับ 1.114×10^5 นิวตัน

ข. แรงเฉื่อยเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่ผนังด้านข้างเท่ากับ 1.064×10^5 นิวตัน

21. น้ำในท่อตรงไหลผ่านบริเวณที่มีพื้นที่หน้าตัด 1×10^{-3} ตารางเมตร ด้วยอัตราเร็วค่าหนึ่ง เมื่อไหลถึงท่อบริเวณที่มีพื้นที่หน้าตัด 2×10^{-4} ตารางเมตร จะมีอัตราเร็วเป็นกี่เท่าของอัตราเร็วตอนแรก

วิธีทำ แนวคิดหาอัตราเร็วของน้ำในท่อ จากสมการความต่อเนื่อง $A_1 v_1 = A_2 v_2$

$$\text{จากสมการความต่อเนื่อง } A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\text{ในที่นี้ } A_1 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^2, A_2 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2, v_1 = v$$

$$\text{แทนค่า } (1 \times 10^{-3} \text{ m}^2)(v) = (2 \times 10^{-4} \text{ m}^2)(v_2)$$

$$v_2 = 5 v$$

ตอบ อัตราเร็วของน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่าของอัตราเร็วเดิม

22. เครื่องบินลำหนึ่งต้องมีแรงยก 900 นิวตันต่อตารางเมตร จึงจะสามารถบินขึ้นได้ ถ้าอัตราเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนล่างของปีกเท่ากับ 100 เมตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนบนของปีก เพื่อให้เกิดแรงยก 900 นิวตันต่อตารางเมตร กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

วิธีทำ เครื่องบินมีแรงยก 900 N/m^2 แสดงว่า ผลต่างของความดันที่ทำกับเครื่องบิน = 900 N/m^2

หาผลต่างของความดันได้จากสมการ

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\text{นั่นคือ } P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (1)$$

$$\text{ให้ความดันที่ทำกับปีกเครื่องบินส่วนล่าง } = P_1$$

$$\text{อัตราเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนล่างของปีก } = v_1 = 100 \text{ m/s}$$

$$\text{ความดันที่ทำกับปีกเครื่องบินส่วนบน } = P_2$$

$$\text{อัตราเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนบนของปีก } = v_2$$

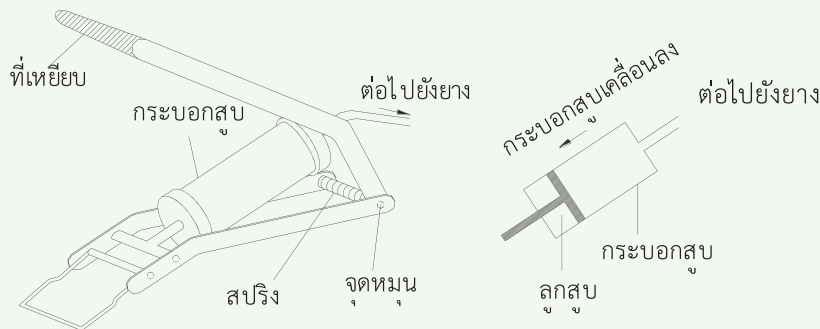
$$\text{ความหนาแน่นของอากาศ } = \rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{แทนค่าใน (1) จะได้ } 900 \text{ N/m}^2 = \frac{1}{2} (1.2 \text{ kg/m}^3) (v_2^2 - 100^2 \text{ m}^2/\text{s}^2)$$

$$v_2 = 107.2 \text{ m/s}$$

ตอบ อัตราเร็วของอากาศที่พัดผ่านส่วนบนของปีกเท่ากับ 107.2 เมตรต่อวินาที

23. เครื่องสูบลมจักรยานแบบเท้ากด ประกอบด้วยกระบอกสูบ ลูกสูบ และที่เหยียบ เมื่อออกแรงกดที่เหยียบ กระบอกสูบจะเคลื่อนที่เข้าหาลูกสูบและดันอากาศในกระบอกสูบให้ผ่านสายยางที่ต่อกับยางรถ



รูป ประกอบปัญหาข้อ 23

- ก. ถ้าลูกสูบมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 25 ตารางเซนติเมตร และแรงที่กระทำต่อลูกสูบเท่ากับ 800 นิวตัน จงหาความดันจากแรงที่กระทำกับลูกสูบ
- ข. ถ้านำเครื่องสูบลมนี้ไปสูบลมยางรถยนต์ล้อที่มีมวล 600 กิโลกรัม จนยางแต่ละเส้นมีความดันเกจ 200 กิโลพาสคัล หากไม่คำนึงถึงความดันที่เกิดจากแรงยึดหยุ่นของเนื้อยาง พื้นที่ของยางแต่ละเส้นที่สัมผัสถนน เป็นเท่าใด

วิธีทำ ก. ความดันที่ลูกสูบ

นั่นคือความดันที่ลูกสูบเท่ากับ 320 กิโลพาสคัล

- ข. รถล้อมีมวล 600 kg ดังนั้นยางแต่ละเส้นจะรับแรงเท่ากับ ของน้ำหนักรถ หรือเท่ากับ

ถ้ายางแต่ละเส้นมีความดันเกจ 200 kPa

ดังนั้น พื้นที่ถนนที่ยางแต่ละเส้นสัมผัส

ตอบ ก. ความดันที่ลูกสูบเท่ากับ 320 กิโลพาสคัล

- ข. ยางแต่ละเส้นสัมผัสถนนคิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 7.35×10^{-3} ตารางเมตร

24. ท่อ M มีพื้นที่หน้าตัด 3.0×10^{-3} ตารางเมตร ต่อกับท่อ N ที่มีพื้นที่ตัดขวาง 1.0×10^{-3} ตารางเมตร ท่อทั้งสองวางตัวในแนวราบ ถ้าน้ำไหลเข้าท่อ M ด้วยอัตราเร็ว 0.3 เมตรต่อวินาที จงหา ก. อัตราการไหลของน้ำในท่อทั้งสอง ข. อัตราเร็วของน้ำในท่อ N

วิธีทำ ก. ในเวลา Δt น้ำไหลผ่านท่อ M และท่อ N ได้ปริมาตร ΔV เท่ากัน

ดังนั้นสำหรับท่อ M จะได้

$$\begin{aligned}\text{อัตราการไหลของน้ำ} &= \frac{\Delta V}{\Delta t} = A_M v_M \\ &= (3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2)(0.3 \text{ m/s}) = 9.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

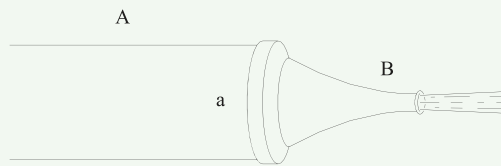
ข. อัตราเร็วของน้ำในท่อ N หาได้จากสมการความต่อเนื่อง

$$\begin{aligned}A_M v_M &= A_N v_N \\ \text{แทนค่า จะได้} \quad (3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2)(0.3 \text{ m/s}) &= (1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2) v_N \\ v_N &= 0.9 \text{ m/s}\end{aligned}$$

ตอบ ก. อัตราการไหลของน้ำในท่อทั้งสองเท่ากับ 9.0×10^{-4} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ข. อัตราเร็วของน้ำในท่อ N เท่ากับ 0.9 เมตรต่อวินาที

25. ถ้าน้ำพุ่งออกจากปลายท่อน้ำดับเพลิงด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ดังรูป ความดันที่จุด a ซึ่งอยู่ห่างจากปลายท่อ A เล็กน้อยมีค่าเท่าใด กำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ A และ B เท่ากับ 8 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ



รูปสำหรับปัญหาข้อ 25

วิธีทำ หาความดันในของเหลวที่ a ได้จากสมการของแบร์นูลลี

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

ในที่นี้ P_1 เป็นความดันที่ a

$$\begin{aligned}P_2 &\text{ เป็นความดันที่ปลายท่อน้ำดับเพลิง} = \text{ความดันบรรยากาศ} \\ &= 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}\end{aligned}$$

v_1 เป็นอัตราเร็วของน้ำ ขณะผ่านจุด a

v_2 เป็นอัตราเร็วของน้ำ ขณะออกจากปลายท่อน้ำดับเพลิง = 20 m/s

ρ เป็นความหนาแน่นของน้ำ = 10^3 kg/m^3

ถ้าบริเวณของสายยางดับเพลิงที่พิจารณาอยู่ในระดับเดียวกัน ดังนั้น $h_1 = h_2$

สมการของ แบร์นูลลีจะลดรูปเป็น

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (1)$$

จากสมการ (1) ยังไม่ทราบค่า v_1 หรืออัตราเร็วของน้ำที่ผ่านจุด a ซึ่งสามารถหา v_1 ได้จาก สมการความต่อเนื่อง $A_1v_1 = A_2v_2$ (2)

$$\text{ในที่นี้ } A_1 = \text{พื้นที่หน้าตัดของท่อ A} = \pi \left(\frac{8 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2$$

$$A_2 = \text{พื้นที่หน้าตัดของท่อ B} = \pi \left(\frac{4 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2$$

$$v_2 = \text{อัตราเร็วของน้ำขณะออกจากปลายท่อน้ำดับเพลิง} = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{แทนค่าใน (2) จะได้ } \pi \left(\frac{8 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2 v_1 = \pi \left(\frac{4 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2 (20 \text{ m/s})$$

$$v_1 = 5 \text{ m/s}$$

แทนค่าต่างๆ ลงใน (1) จะได้

$$P_1 + \left(\frac{1}{2} \right) (10^3 \text{ kg/m}^3) (5 \text{ m/s})^2 = (1.013 \times 10^5 \text{ Pa}) + \left(\frac{1}{2} \right) (10^3 \text{ kg/m}^3) (20 \text{ m/s})^2$$

$$P_1 = 2.888 \times 10^5 \text{ Pa}$$

ตอบ ความดันที่จุด a เท่ากับ 2.9×10^5 พาสคัล

 | ปัญหาท้าทาย

26. กำหนดให้เส้นลวดมีค่ามอดุลัสของยังเท่ากับ 2.0×10^{11} นิวตันต่อตารางเมตร เมื่อแขวนวัตถุมวล m ที่ปลายลวดเส้นนี้ ลวดยืดออก 0.1 เปอร์เซ็นต์ของความยาวเดิม ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร มวล m มีค่าเท่าใดในหน่วยกิโลกรัม

วิธีทำ เมื่อแขวนมวล m กับปลายลวด จะเกิดแรงดึง $F = mg$

$$\text{จากสมการ } Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$$

$$\text{ในที่นี้ } Y = 2.0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$A = 3.14 \times \left(\frac{0.5 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \text{ m}^2$$

$$= 1.96 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\Delta L = 0.1\% \text{ ของความยาวเดิม}$$

$$= \frac{0.1}{100} L_0$$

$$= 10^{-3} L_0$$

$$\text{แทนค่า } 2.0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 = \frac{m \times 10 \text{ m/s}^2 / 1.96 \times 10^{-7} \text{ m}^2}{10^{-3} L_0 / L_0}$$

$$m = 3.9 \text{ kg}$$

ตอบ มวล m ที่ใช้แขวนปลายลวดมีค่าเท่ากับ 3.9 กิโลกรัม

27. ลวดอะลูมิเนียมความหนาแน่น 2.7×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะขาดถ้าถูกแรงดึงทำให้เกิดความเค้นเกิน 7.5×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร หากนำปลายข้างหนึ่งแขวนจากที่สูงมาก ลวดอะลูมิเนียมที่ห้อยลงมาจะมีความยาวได้มากที่สุดเท่าใด

$$\text{วิธีทำ จากสมการ } \sigma = \frac{F}{A}$$

$$\text{ความเค้นสูงสุดที่ลวดทนได้ } \sigma = 7.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$\text{เนื่องจากแรงที่ดึงเส้นลวด } F = \text{น้ำหนักทั้งหมดที่ติดลวด}$$

$$= mg$$

$$= \rho Vg$$

$$\text{แต่ } V = Al$$

$$\text{โดยที่ } l \text{ คือความยาวมากที่สุดของเส้นลวด}$$

$$\text{ดังนั้น } F = \rho Alg$$

$$\text{แทนค่า } 7.5 \times 10^7 \text{ N/m}^2 = \frac{2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times A \times l \times 10 \text{ m/s}^2}{A}$$

$$l = 2.8 \times 10^3 \text{ m}$$

ตอบ ลวดที่แขวนต้องยาวเท่ากับ 2.8×10^3 เมตร

28. ลวดเบาเส้นหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 5 ตารางมิลลิเมตร วางบนพื้นราบลื่นได้รับแรงภายนอกขนาด \vec{F}_1 และ \vec{F}_2 ที่ปลายทั้งสองข้างหากลวดไม่เคลื่อนที่และความเค้นที่เกิดขึ้นไม่เกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น ปรากฏว่าเส้นลวดยืดออก 0.02 เปอร์เซ็นต์ จงหาค่า \vec{F}_1 และ \vec{F}_2 ในหน่วยนิวตัน กำหนดให้ลวดมีค่ามอดูลัสของยังเท่ากับ 10^{10} นิวตันต่อตารางเมตร

วิธีทำ เนื่องจากลวดไม่เคลื่อนที่ ดังนั้น $F_1 = F_2$ ให้มีขนาดเท่ากับ F

$$\text{หาแรงที่ดึงเส้นลวดได้จากสมการ } Y = \frac{F / A}{\Delta L / L_0}$$

ในที่นี้

$$Y = 10^{10} \text{ N/m}^2$$

$$A = 5 \text{ mm}^2 = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$L_0 = \text{ความยาวเดิมของลวด}$$

$$\Delta L = 0.02\% \text{ ของความยาวเดิม}$$

$$= \frac{0.02}{100} L_0$$

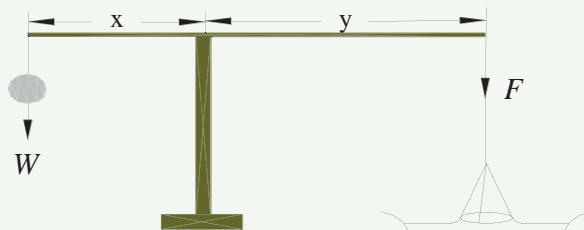
แทนค่า

$$10^{10} \text{ N/m}^2 = \frac{F / 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2}{\frac{0.02}{100} L_0 / L_0}$$

$$F = 10 \text{ N}$$

ตอบ แรงที่ใช้ดึงปลายทั้งสองของลวดมีขนาดแรงละ 10 นิวตัน

29. ในการทดลองวัดความตึงผิวของของเหลวชนิดหนึ่ง โดยใช้เครื่องมือเดียวกับที่ใช้ในการทดลอง 17.3 ถ้าห่วงวงกลมมีรัศมี 10 เซนติเมตร พบว่าจะต้องเพิ่มมวล 139.5 กรัม ที่ห่วงสำหรับแขวนน้ำหนัก จึงทำให้ห่วงวงกลมหลุดจากผิวของเหลวพอดี จงหาความตึงผิวของของเหลวนี้



วิธีทำ ทำขณะที่ห่วงวงกลมหลุดจากผิวของเหลวพอดี เมื่อพิจารณาโมเมนต์รอบจุดหมุน O จะได้
โมเมนต์ของแรงตึงผิว = โมเมนต์ของน้ำหนัก ของมวลที่เพิ่มขึ้นที่ห่วง

$$W \times x = F \times y$$

$$F = \frac{x}{y} W \quad (1)$$

$$\text{ในที่นี้ } F = \gamma L = 4\pi r \gamma = 4(3.14)(10 \times 10^{-2} \text{ m})\gamma = (1.256 \text{ m})\gamma$$

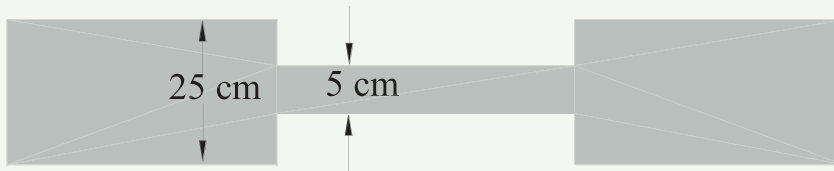
$$\frac{x}{y} = \frac{1}{3} \text{ และ } W = mg = (139.5 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 1.367 \text{ N}$$

$$\text{แทนค่าใน (1) จะได้ } (1.256 \text{ m})\gamma = \frac{1}{3} (1.367 \text{ N})$$

$$\gamma = 0.363 \text{ N/m}$$

ตอบ ความตึงผิวของของเหลวเท่ากับ 0.363 นิวตันต่อเมตร

30. ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตรสองท่อ ต่อเชื่อมด้วยท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าอัตราการไหลของน้ำในท่อใหญ่เท่ากับ 0.1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความดันน้ำในท่อใหญ่กับท่อเล็กต่างกันเท่าใด



รูป ประกอบคำถามข้อ 30

วิธีทำ หาความต่างความดันในของน้ำในท่อใหญ่และท่อเล็กจากสมการของแบร์นูลลี
เมื่อพิจารณาว่าท่อวางตัวในแนวราบ ซึ่งอยู่สูงจากระดับอ้างอิงเท่ากัน จะได้

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (1)$$

เมื่อ P_1 และ P_2 เป็นความดันในของน้ำในท่อใหญ่และท่อเล็ก ตามลำดับ

v_1 และ v_2 เป็นอัตราเร็วของน้ำในท่อใหญ่และท่อเล็ก ตามลำดับ หาได้จาก

$$\text{อัตราการไหลของน้ำ} = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$0.1 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{\pi d_1^2 v_1}{4} = \frac{\pi d_2^2 v_2}{4} \quad (2)$$

จาก (2) จะได้

$$v_1 = (0.1 \text{ m}^3/\text{s}) \frac{4}{\pi d_1^2} = \frac{4 \times 0.1 \text{ m}^3/\text{s}}{(3.14)(25 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 2.038 \text{ m/s}$$

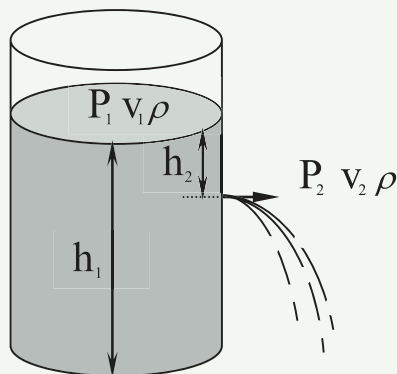
$$v_2 = (0.1 \text{ m}^3/\text{s}) \frac{4}{\pi d_2^2} = \frac{4 \times 0.1 \text{ m}^3/\text{s}}{(3.14)(5 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 50.955 \text{ m/s}$$

แทนค่าใน (1) จะได้

$$\begin{aligned} P_1 - P_2 &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \\ &= \frac{1}{2} (10^3 \text{ kg/m}^3) [(50.955 \text{ m/s})^2 - (2.038 \text{ m/s})^2] \\ &= 1.30 \times 10^6 \text{ Pa} \end{aligned}$$

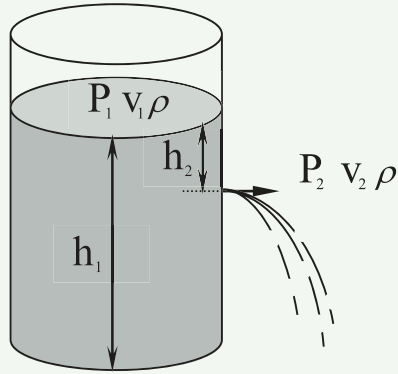
ตอบ ความต่างความดันในของน้ำในท่อใหญ่และท่อเล็กเท่ากับ 1.30×10^6 พาสคัล

31. น้ำมันความหนาแน่นเท่ากับ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บรรจุในถังปิดสนิทขนาดใหญ่ที่ว่างเหนือผิวน้ำมันมีความดันเป็น 3 เท่าของความดันบรรยากาศ จงหาอัตราเร็วของน้ำมันที่พุ่งออกจากรูรั่วที่ระยะ 10 เมตรจากผิวน้ำมัน ดังรูป



รูป ประกอบคำถามข้อ 31

วิธีทำ จากสถานการณ์ที่กำหนด เขียนแผนภาพได้ดังนี้



รูป น้ำมันพุ่งออกจากถังน้ำมันที่มีรูรั่ว

กำหนดให้ P_1, P_2 เป็นความดันอากาศที่ผิวน้ำมันและที่รู ตามลำดับ

v_1, v_2 เป็นอัตราเร็วของน้ำมันที่ผิวและที่รู ตามลำดับ

h_1 เป็นระยะระหว่างผิวน้ำมันและพื้นถึงน้ำมัน

h_2 เป็นระยะระหว่างรูและพื้นถึงน้ำมัน

จากสมการของแบร์นูลลี เมื่อพิจารณาที่ผิวน้ำมันและที่รู จะได้ $v_1 = 0$ และ

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$P_1 + 0 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$(P_1 - P_2) + \rho g (h_1 - h_2) = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$2P_0 + \rho g (h_1 - h_2) = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (1)$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ (1) จะได้

$$(2 \times 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}) + [(600 \text{ kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(10 \text{ m})] = \frac{1}{2} (600 \text{ kg/m}^3) v_2^2$$

$$v_2 = 29.5 \text{ m/s}$$

ตอบ อัตราเร็วของน้ำมันที่พุ่งออกจากถังเท่ากับ 29.5 เมตรต่อวินาที