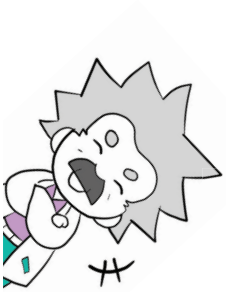
สารบัญ

บทที่ 8 ก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

- ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ 7
- สมบัติของก๊าซอุดมคติ 9
- กฎของก๊าซอุดมคติ 10
- อัตราเร็วของโมเลกุลก๊าซ 11
- พลังงานจลน์ของโมเลกุลก๊าซ 12
- กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ 13
- กระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ 13
- แนวข้อสอบท้ายบท 16

บทที่ 9 คลื่นกล

- การจำแนกคลื่น 21
- อัตราเร็วคลื่น 24
- อัตราเร็วของคลื่นเสียง 24
- คุณสมบัติของคลื่น 25
- ความดัง-ค่อยของเสียง 34
- บีต 37
- การสั่นพ้องของเสียง 38
- ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (คลื่นเสียง) 41
- แนวข้อสอบท้ายบท 43



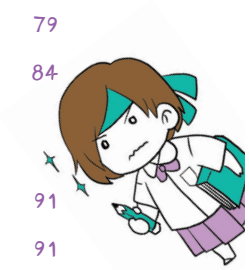
บทที่ 10 แสงและทัศนอุปกรณ์

- ภาพ 52
- กระจกโค้ง 53
- เลนส์ 54
- สมบัติของแสงเชิงฟิสิกส์ 57
- ความสว่าง 60
- แนวข้อสอบท้ายบท 61

บทที่ 11 ไฟฟ้าสถิต

- ประจุไฟฟ้า 66

- โครงสร้างอะตอม 67
- สถาพของวัตถุ 67
- การทำให้วัตถุที่เป็นกลางเกิดมีประจุ 67
- สรุปสูตรหลักในเรื่องไฟฟ้าสถิต 79
- แนวข้อสอบท้ายบท 84



บทที่ 12 ไฟฟ้ากระแส

- กระแสไฟฟ้าในตัวนำ 91
- ความต้านทานและกฎของโอห์ม 91
- กราฟความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม 92
- ความต้านทาน 92
- ตัวต้านทาน 92
- การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสีบนตัวต้านทาน 93
- การหาความต้านทานในเทอมรูปร่าง 93
- ส่วนกลับของ “ความต้านทาน (R)” และ “สภาพต้านทาน (ρ)” 94
- การต่อตัวต้านทาน 94
- วงจรไฟฟ้า 109
- กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's law) 109
- พลังงานไฟฟ้า 115
- กำลังไฟฟ้า 116
- การคำนวณค่าไฟฟ้า 116
- มิเตอร์ทางไฟฟ้า 117
- แนวข้อสอบท้ายบท 119

บทที่ 13 ไฟฟ้ากระแสสลับ

- มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ 126
- วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 127
- วงจรตัวต้านทาน (R) 127
- วงจรตัวเก็บประจุ (C) 128
- วงจรตัวเหนี่ยวนำ (L) 130
- วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ R L C ต่ออนุกรมกัน 132
- วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ R L C ต่อขนานกัน 134
- แนวข้อสอบท้ายบท 139

บทที่ 14 ไฟฟ้าแม่เหล็ก

- สนามแม่เหล็ก 147
- ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 147
- แรงที่กระทำกับประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก 148
- รัศมีความโค้งของประจุที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก 149
- แรงที่กระทำในเส้นลวดกรณีที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในสนามแม่เหล็ก 150
- สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบลวดตัวนำเนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 151
- แรงระหว่างเส้นลวดตัวนำ 2 เส้นที่มีกระแสไหลผ่าน 152
- โมเมนต์ของแรงคู่ควบ 153
- ขดลวดโซลินอยด์ 154
- หม้อแปลงไฟฟ้า 155
- แนวข้อสอบท้ายบท 156

บทที่ 15 ฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์

- โครงสร้างของสสาร 162
- รังสีแคโทด 164
- การทดลองของทอมสัน 165
- การทดลองของมิลลิแกน 170
- แบบจำลองอะตอม 171
- แบบจำลองอะตอมของโบร์ 176
- สเปกตรัมของธาตุไฮโดรเจน 179
- การทดลองของฟรังก์และเฮิรตซ์ 180
- ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก 181
- สมมติฐานของเดอบรอยล์ 183
- หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก 184
- สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ 184
- ครึ่งชีวิตและการสลายตัว 185
- กัมมันตภาพ 185
- แนวข้อสอบท้ายบท 190

เฉลยข้อสอบท้ายบท 196

บทที่ 8
ก๊าซ และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

หรือ https://m.youtube.com/playlist?list=PLQysVMMSRPjH7qpo2iHcqcVNsGWxOIZon

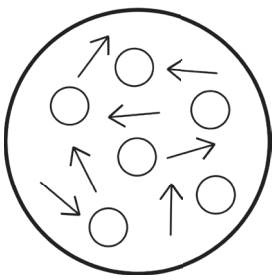
เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย

- ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ
- สมบัติของก๊าซอุดมคติ
- กฎของก๊าซอุดมคติ
- อัตราเร็วของโมเลกุลก๊าซ
- พลังงานจลน์ของโมเลกุลก๊าซ
- กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์
- กระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์

ก๊าซ ประกอบด้วยอนุภาคที่เคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วตลอดเวลาและไม่เป็นระเบียบ แต่ละอนุภาคอยู่ห่างกันมาก จนอาจถือว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน และอนุภาคของก๊าซจะฟุ้งกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุอยู่เสมอ ดังนั้นปริมาตรของก๊าซในภาชนะปิดใดๆ ก็จะเท่ากับปริมาตรของภาชนะที่บรรจุนั่นเอง

ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

เป็นทฤษฎีที่ตั้งขึ้นเพื่อใช้อธิบายกฎปรากฏการณ์ หรือผลการทดลองที่เกี่ยวกับก๊าซ และพฤติกรรมของก๊าซ



page01_Physics Ranger2 .indd 7 14/11/60 09:14

1 ก๊าซประกอบด้วยอนุภาคจำนวนมากที่มีขนาดเล็กมาก จนถือได้ว่าอนุภาคของก๊าซเมื่อเทียบกับขนาดภาชนะที่บรรจุมีปริมาตรเป็นศูนย์

2 โมเลกุลของก๊าซอยู่ห่างกันมาก ทำให้แรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างโมเลกุลน้อยมาก จนถือได้ว่าไม่มีแรงกระทำต่อกัน

3 โมเลกุลของก๊าซเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วในแนวเส้นตรง เป็นอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ และไร้ระเบียบ เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบบราวน์ (Brownian Motion) และจะมีการเปลี่ยนอัตราเร็วและทิศทางเมื่อมีการชนกันเกิดขึ้น

4 โมเลกุลของก๊าซที่ชนกันเองหรือชนกับผนังภาชนะจะเกิดการถ่ายโอนพลังงานให้แก่กันได้ โดยการชนที่เกิดขึ้นเป็นการชนแบบยืดหยุ่น คือไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์หลังการชน

5 ที่อุณหภูมิเดียวกัน โมเลกุลของก๊าซแต่ละโมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน แต่จะมีพลังงานจลน์เฉลี่ยเท่ากัน โดยที่พลังงานจลน์เฉลี่ยของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (เคลวิน, K)

ก๊าซที่มีสมบัติเป็นไปตามทฤษฎีจลน์ของก๊าซทุกประการ
เรียกว่า **ก๊าซอุดมคติ (IDEAL GAS)**
โดยปกติก๊าซทั่วไปจะมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซอุดมคติเท่านั้น
สำหรับก๊าซที่มีอนุภาคขนาดเล็ก เมื่อควบคุมให้อยู่ในภาวะที่มี
ปริมาตรมาก ความดันต่ำ และอุณหภูมิสูง
จะมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซอุดมคติมากขึ้น
โดยเฉพาะก๊าซเฉื่อยจะมีสมบัติใกล้เคียงกับก๊าซอุดมคติมาก
จนอาจจัดเป็นก๊าซอุดมคติได้

page01_Physics Ranger2 .indd 8 14/11/60 09:14

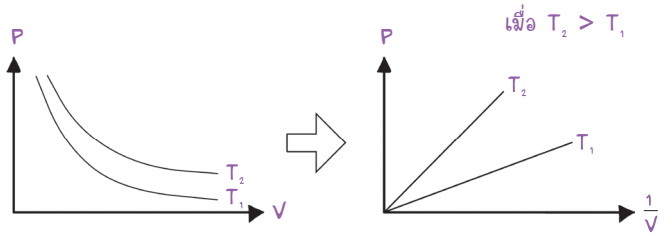
สมบัติของก๊าซอุดมคติ

1 กฎของบอยล์ (Boyle's law) กล่าวว่า สำหรับก๊าซปริมาณหนึ่งที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผกผันกับความดัน

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$PV = k$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

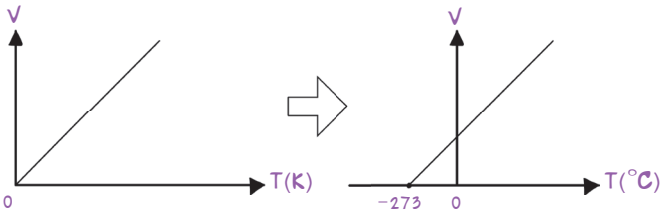


2 กฎของชาร์ล (Charles's law) กล่าวว่า สำหรับก๊าซปริมาณหนึ่งที่ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ

$$V \propto T$$

$$\frac{V}{T} = k$$

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



3 กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's law) กล่าวว่า ความดันของก๊าซใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ เมื่อปริมาตรของก๊าซคงที่

$$P \propto T$$

$$\frac{P}{T} = k$$

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

page01_Physics Ranger2 .indd 9 14/11/60 09:14

กฎของก๊าซอุดมคติ

จากกฎทั้งสามข้อข้างต้น นำมารวมได้เป็นกฎของก๊าซ ดังสมการ

$$PV = \eta RT$$

หรือ $$PV = Nk_BT$$

$$\eta = \frac{g}{M} = \frac{N}{N_A}$$

g = มวลของก๊าซ
M = มวลโมเลกุลของก๊าซ
N = จำนวนโมเลกุล
N_A = เลขอาโวกาโดร
= 6.02×10^{23} โมเลกุล/mol

เมื่อ P = ความดันสัมบูรณ์ของก๊าซ มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสคาล (N/m^2, Pa)

V = ปริมาตรของก๊าซ หรือปริมาตรของภาชนะที่บรรจุก๊าซ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)

η = จำนวนโมลของก๊าซ มีหน่วยเป็นโมล (mol)

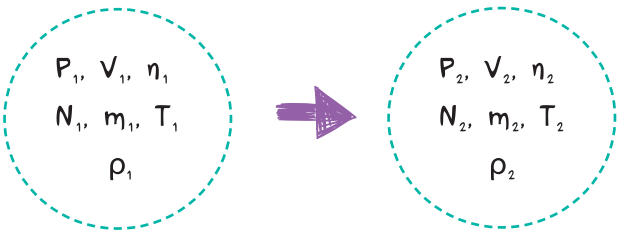
N = จำนวนโมเลกุลของก๊าซ มีหน่วยเป็นโมเลกุลหรืออะตอม

T = อุณหภูมิของก๊าซ มีหน่วยเป็นเคลวิน (K)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ มีค่าเท่ากับ 8.314 J/mol.K

k_B = ค่าคงที่ของโบลต์ซมันน์ มีค่าเท่ากับ 1.38×10^{-23} J/K

ถ้าหากโจทย์ที่ให้มามีการเปลี่ยนสถานะของก๊าซให้ใช้กฎรวมก๊าซ



$\frac{P_1V_1}{\eta_1T_1} = \frac{P_2V_2}{\eta_2T_2}$	$\frac{P_1V_1}{N_1T_1} = \frac{P_2V_2}{N_2T_2}$
$\frac{P_1V_1}{m_1T_1} = \frac{P_2V_2}{m_2T_2}$	$\frac{P_1}{\rho_1T_1} = \frac{P_2}{\rho_2T_2}$

เมื่อ m = มวลของก๊าซ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

ρ = ความหนาแน่นของก๊าซ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

page01_Physics Ranger2 .indd 10 14/11/60 09:14

อัตราเร็วของโมเลกุลก๊าซ

ก๊าซเคลื่อนที่แบบไร้ระเบียบ

แต่ละโมเลกุลมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน

ต้องบอกเป็นอัตราเร็วเฉลี่ย

เรียกว่า v_{rms}

มีอัตราเร็วก็ต้องมีพลังงานจลน์ E_k

พลังงานจลน์ของก๊าซมี 2 แบบ

คือพลังงานจลน์เฉลี่ย $(\bar{E}_k)$ และพลังงานภายใน (U)

เนื่องจากโมเลกุลก๊าซแต่ละโมเลกุล มีอัตราเร็วไม่เท่ากัน เราจึงต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วมาใช้ อัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซจะเรียกว่า รากที่สองของค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสอง หรืออัตราเร็วอาร์เอ็มเอส Root Mean Square Speed (v_{rms}) ซึ่งหาค่าได้จากสมการ

$$v_{rms} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

เมื่อ v_{rms} = อัตราเร็วอาร์เอ็มเอส มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

$\overline{v^2}$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วยกกำลังสอง หาได้จาก $\sqrt{\frac{v_1^2+v_2^2+v_3^2+\ldots}{N}}$ เมื่อ N คือ จำนวนโมเลกุลของก๊าซ

M = มวลโมเลกุลของก๊าซหรือมวลของก๊าซ 1 โมล มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อโมล (kg/mol)

m = มวลของก๊าซ 1 โมเลกุล มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อโมเลกุล

page01_Physics Ranger2 .indd 11 14/11/60 09:14

m หาได้จากการนำมวลโมเลกุล (kg) หารด้วยเลขอาโวกาโดรคือ 6.02×10^{23} หรือ นำมวลโมเลกุล (kg) คูณด้วย 1.66×10^{-24}

ตัวอย่างการหา M, m

O_2		N_2	
M	m	M	m
32×10^{-3} kg/mol	$32 \times 10^{-3} \times 1.66 \times 10^{-24}$	28×10^{-3} kg/mol	$28 \times 10^{-3} \times 1.66 \times 10^{-24}$

พลังงานจลน์ของโมเลกุลก๊าซ มี 2 ประเภท ได้แก่

พลังงานภายใน (U)	พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซ ($\bar{E}_k$)
คือพลังงานจลน์ทั้งหมดของก๊าซ $U = N\bar{E}_k = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}Nk_BT$	คือพลังงานจลน์ของก๊าซ 1 โมเลกุล $\bar{E}_k = \frac{3}{2}\frac{PV}{N} = \frac{3}{2}k_BT$

สรุปหลักการจำ

กฎของก๊าซ $PV = nRT = Nk_BT$

↓ คูณ $\frac{3}{2}$

พลังงานภายใน $U = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}Nk_BT$

↓ เอา N มาหาร

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

page01_Physics Ranger2 .indd 12 14/11/60 09:14

กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์

คือกฎการอนุรักษ์พลังงานของก๊าซ เมื่อให้พลังงานความร้อนกับโมเลกุลก๊าซ พลังงานความร้อนจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานภายในและงานของก๊าซ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

ΔQ	ΔU	ΔW
ΔQ = ความร้อนที่เปลี่ยนแปลง (จูล) $\Delta Q = mc\Delta T$ • ดูดความร้อน ΔQ มีค่า + • คายความร้อน ΔQ มีค่า − • หากความร้อนไม่เข้าหรือออกระบบ ΔQ มีค่า 0	ΔU = พลังงานภายในระบบที่เปลี่ยนแปลง (จูล) $\Delta U = \frac{3}{2}\Delta PV = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$ $= \frac{3}{2}nR\Delta T$ $= \frac{3}{2}Nk_B\Delta T$ • พลังงานภายในหรืออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔU มีค่า + • พลังงานภายในหรืออุณหภูมิลดลง ΔU มีค่า − • พลังงานภายในหรืออุณหภูมิคงที่ ΔU มีค่า 0	ΔW = งานของระบบที่เปลี่ยนแปลง (จูล) $\Delta W = P\Delta V$ • ปริมาตรก๊าซเพิ่มหรือก๊าซขยายตัว ΔW มีค่า + • ปริมาตรก๊าซลดหรือก๊าซหดตัว ΔW มีค่า − • ปริมาตรก๊าซคงที่ ΔW มีค่า 0 * ถ้าความดันไม่คงที่ให้ใช้ความดันเฉลี่ย (P_{av})

กระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์

1 Adiabatic Process

เป็นกระบวนการที่ไม่มีการส่งผ่านความร้อนเข้าหรือออกจากระบบ นั่นคือ $\Delta Q = 0$ เราอาจป้องกันการไหลของความร้อนโดยอาจล้อมรอบระบบด้วยวัสดุกันความร้อน หรือโดยทำให้ระบบเปลี่ยนสถานะอย่างรวดเร็วโดยความร้อนไม่ทันที่จะไหลผ่านเข้าออกระบบได้ เช่น การเปิดฝาน้ำอัดลมออกอย่างรวดเร็ว จากกฎข้อที่หนึ่ง จะได้ว่า

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$
$$0 = \Delta U + (-\Delta W)$$

page01_Physics Ranger2 .indd 13 14/11/60 09:14

2 Isochoric Process (หรือ Isovolumetric Process)

เป็นกระบวนการที่ปริมาตรของระบบคงที่ แสดงว่าระบบไม่มีการทำงานต่อสิ่งแวดล้อม หรือ $\Delta W = 0$ จะได้ว่า

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$
$$\Delta Q = \Delta U + 0$$

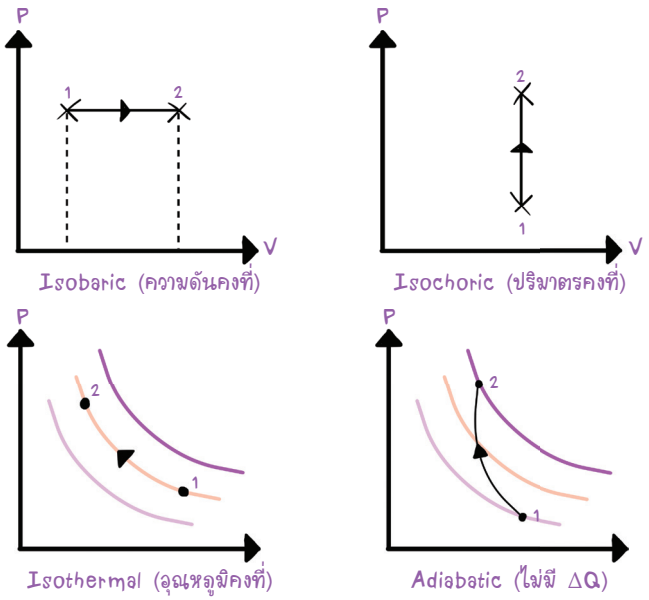
นั่นคือพลังงานทั้งหมดที่ระบบได้รับจะคงอยู่ในระบบ ทำให้ระบบมีพลังงานภายในสูงขึ้นด้วยปริมาณที่เท่ากับความร้อนทั้งหมดที่ได้รับ บางครั้งคำว่า Isochoric ไม่จำเป็นต้องหมายถึงปริมาตรคงที่ แต่หมายถึงไม่มีการทำงานเกิดขึ้น

3 Isobaric Process

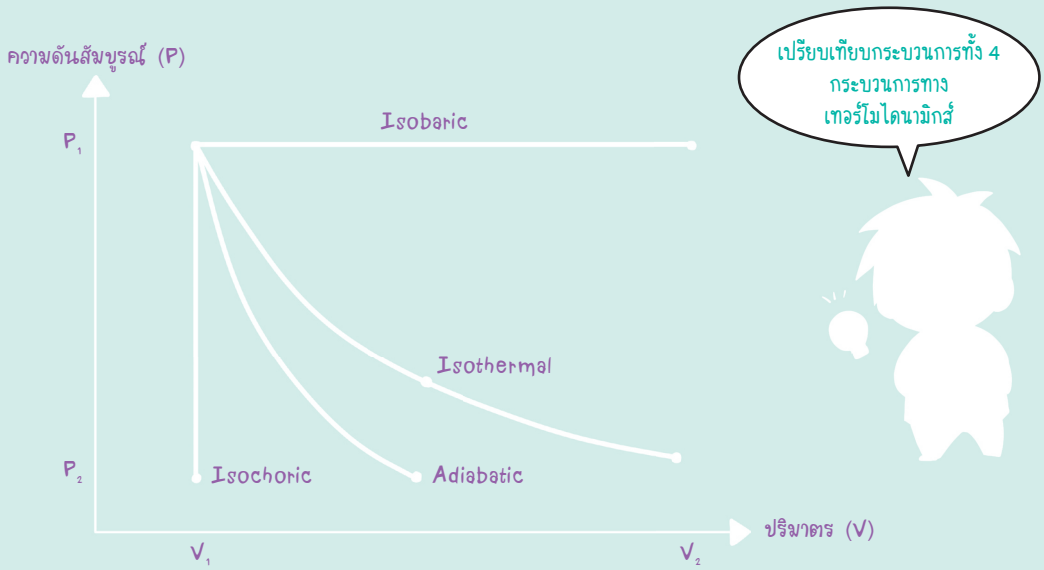
เป็นกระบวนการที่ความดันของระบบมีค่าคงที่ โดยที่ไม่มีปริมาณใดเป็นศูนย์

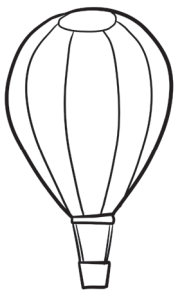
4 Isothermal Process

เป็นกระบวนการที่อุณหภูมิของระบบมีค่าคงที่เช่นเดียวกับกระบวนการที่แล้ว ไม่มีปริมาณใดเป็นศูนย์ แต่ความร้อนที่ไหลเข้าหรือออกจากระบบจะต้องเป็นไปอย่างช้าๆ โดยที่ไม่ทำลายสมดุลความร้อนของระบบ



page01_Physics Ranger2 .indd 14 14/11/60 09:14





บอลลูนลอยได้เพราะ ?

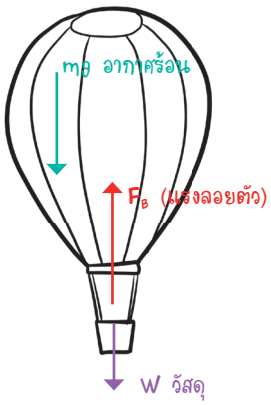
น้องๆ รู้ไหมว่า อากาศยานชนิดแรกที่มนุษย์นำขึ้นสู่ท้องฟ้าคือบอลลูน บอลลูนลอยได้เพราะด้านในบอลลูนมีการบรรจุก๊าซไว้ ซึ่งก๊าซเหล่านั้นเบากว่าอากาศ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม นอกจากนี้ยังสามารถบรรจุอากาศร้อนเข้าไปในบอลลูนเพื่อทำให้บอลลูนลอยได้ โดยอาศัยกฎของชาร์ล คือ ที่ความดันคงที่ ปริมาตรจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ นั่นคือเมื่อเราทำให้อากาศร้อน หรือมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาตรของอากาศที่ร้อนสูงตามไปด้วย

จากสมการ $\rho = \frac{m}{V}$

เมื่ออากาศร้อนมีปริมาตรจะส่งผลให้ความหนาแน่นลดลง ทำให้ ความหนาแน่นของอากาศร้อน < ความหนาแน่นของอากาศปกติ บอลลูนจึงลอยได้นั่นเอง

โดยที่แรงลอยตัวของบอลลูนหาได้จากสูตรเดิม คือ

$$F_B = \rho_{\text{อากาศปกติ}} g V$$



page01_Physics Ranger2 .indd 15 14/11/60 09:14