

แนวตอบและเฉลย

1. เฉลยการประเมินผลก่อนเรียน

1. (๒)
2. 4.18
3. ในตอนแรกจะรู้สึกเย็นแต่ในที่สุดอุณหภูมิของตู้เย็นจะเท่ากับอุณหภูมิห้อง
4. ถ้าเปิดฝาไว้จะทำให้ความร้อนส่วนหนึ่งถูกระบายออกไป อาหารภายในภาชนะหุงต้มจึงได้รับความร้อนไม่เต็มที่ซึ่งกลับจะยืดเวลาการหุงต้มออกไปอีก
5. เนื่องจากสารแต่ละชนิดมีความจุความร้อนไม่เท่ากัน แม้ว่าอุณหภูมิเริ่มต้นจะเท่ากันแต่อุณหภูมิผสมสุดท้ายจะไม่เท่ากัน
6. ผู้ถือกระบอกสูบอาจจะไม่รู้สึกว่าร้อนขึ้นหรือเย็นลง แต่ถ้าใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่เชื่อถือได้ จะพบว่าภายหลังจากที่ตีก้านสูบออกอย่างรวดเร็วทำให้อากาศภายในกระบอกสูบขยายตัวและอุณหภูมิของอากาศจะลดลง จึงคายความร้อนให้กับกระบอกสูบทำให้กระบอกสูบมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนการตีก้านสูบเข้าไปในกระบอกสูบจะได้ผลตรงกันข้าม
7. (ก) ก๊าซในทฤษฎีเท่านั้นซึ่งเป็นไปตามกฎของก๊าซ
 - (ข) ปริมาณความร้อนที่สารรับหรือคายออกทำให้อุณหภูมิของสารเพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งองศา
 - (ค) ความดันที่อ่านได้จากเครื่องวัดความดัน ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างความดันสัมบูรณ์กับความดันบรรยากาศ
 - (ง) ในขณะที่อุณหภูมิของส่วนต่าง ๆ ของสารหรือระบบต่าง ๆ เท่ากันจะไม่มีการถ่ายเทความร้อน
 - (จ) ค่าต่าง ๆ ในทางฟิสิกส์ของระบบต่อมวลหรือต่อโมล
 - (ฉ) สเกลอุณหภูมิสัมบูรณ์ซึ่งไม่มีค่าติดลบ หรือเทียบกับสเกลเซลเซียสจะเท่ากับอุณหภูมิในสเกลเซลเซียสบวกด้วย 273.15
 - (ช) ขณะที่น้ำอยู่ในสถานะของเหลวและไออย่างสมดุลจะมีระดับอุณหภูมิคงที่ภายใต้ความดันบรรยากาศซึ่งคงที่ และในขณะที่น้ำกำลังกลายbecome น้ำแข็งหรือน้ำแข็งกลายเป็นน้ำโดยอยู่ในสถานะของเหลวและของแข็งอย่างสมดุล ตามลำดับ
 - (ฌ) ส่วนใด ๆ ที่มีขอบเขตแน่นอน

2. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 1

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-64 หน้า 41 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. อากาศในห้องที่เปิดโล่งและน้ำในแก้วที่ไม่มีฝาครอบเป็นระบบเปิดเพราะอากาศสามารถถ่ายเทเข้า-ออกได้ และน้ำสามารถระเหยออกไปได้ ในทางตรงข้ามถ้าห้องและแก้วน้ำปิดมิดชิดจนอากาศและน้ำไม่สามารถถ่ายเทได้จะเรียกว่า ระบบปิด ในกรณีที่อากาศและน้ำไม่มีการถ่ายเทความร้อนกับภายนอก หรือไม่สามารถขยายตัวได้ ทั้งอากาศและน้ำจะเป็นระบบอิสระ

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-64 หน้า 41 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดู กรอบที่ 1-15, 1-16, 1-17 หน้า 10-11 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-64 หน้า 41 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ก๊าซในกระบอกสูบซึ่งมีลูกสูบทำด้วยฉนวนทั้งสองส่วน เมื่อไม่มีการถ่ายเทความร้อน จึงเป็นระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุลเชิงความร้อน และเมื่อลูกสูบไม่เคลื่อนที่จึงเป็นระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุลเชิงกล นอกจากนี้ ก๊าซในกระบอกสูบไม่ทำปฏิกิริยาเคมีใด ๆ จึงเป็นระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุลเชิงเคมี ดังนั้น จึงเป็นระบบที่อยู่ในสภาวะสมดุลเชิงอุณหพลศาสตร์ด้วย

กิจกรรมเรียนรู้ที่ 4

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-64 หน้า 41 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. โต๊ะ แก้ว ผนังห้อง ฯลฯ อยู่ในสถานะของแข็ง หมึก น้ำยาลบหมึก ฯลฯ อยู่ในสถานะของเหลว ไอน้ำ อากาศ ฯลฯ อยู่ในสถานะก๊าซ การให้ความร้อนจะทำให้สารในสถานะของแข็งกลายเป็นของเหลวและก๊าซในที่สุด โดยขณะที่สารกำลังเปลี่ยนสถานะจะอยู่ในสถานะต่างกันได้พร้อมกัน

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-64 หน้า 41 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูเฉลย ต่อท้าย กรอบที่ 1-66 หน้า 44 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-65 หน้า 42 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูเฉลย ต่อท้ายกรอบที่ 1-67 หน้า 44 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-65 หน้า 42 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูเฉลย ต่อท้ายกรอบที่ 1-68 หน้า 45 กรอบที่ 1-69, 1-70 หน้า 46 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8

1. ดูสรุป กรอบที่ 1-65 หน้า 42-43 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. เมื่อเริ่มหุงต้มจะมีอุณหภูมิต่างกันไปตามส่วนต่าง ๆ ของอาหารในภาชนะ และความดันตามส่วนต่าง ๆ ไม่เท่ากัน แต่ในที่สุดอุณหภูมิของทุกส่วนจะเท่ากัน และถ้ามีฝาปิดสนิททำให้ภาชนะไม่สามารถขยายตัวได้เนื่องจากความดันของภายในภาชนะ นอกจากนี้ ถ้าปฏิกิริยาระหว่างอาหารภายในภาชนะสิ้นสุดลงแล้ว จะเกิดการสมดุลเชิงอุณหพลศาสตร์ภายในภาชนะ

การประเมินผลท้ายบทที่ 1

1.
 1. ถูก เพราะไม่มีการถ่ายเทความร้อนและลูกสูบไม่เคลื่อนที่
 2. ถูก เพราะนอกเหนือจากก๊าซที่ต้องการจะศึกษาแล้ว ส่วนอื่น ๆ จึงเป็นสิ่งแวดล้อม
 3. ถูก เพราะจะได้ค่าที่แน่นอน
 4. ผิด เพราะเป็นแบบแอเดียแบติก ซึ่งไม่มีความร้อนถ่ายเทเข้า-ออกได้
 5. ผิด เพราะในหน่วยเอสไอความดัน 1 บรรยากาศ = 1.013×10^5 นิวตัน/เมตร² ที่อุณหภูมิ 273 เคลวิน
 6. ถูก เพราะค่าความดันที่วัดได้คือผลต่างของความดันสัมบูรณ์กับความดันบรรยากาศ
 7. ผิด เพราะความดันและปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยนไป รวมทั้งอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปด้วย
 8. ถูก เพราะวัตถุทั้งสองต่างสมดุลเชิงความร้อนกับเทอร์โมมิเตอร์ที่ระดับอุณหภูมิเดียวกัน
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 1-71 ถึง 1-82 หน้า 48-57 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

3. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 2

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 2-65 หน้า 94 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกราฟในกรอบที่ 2-19 หน้า 70 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 2-65 หน้า 94-95 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูวิวดังกล่าวสำหรับก๊าซอุดมคติในหน้า 68 และสำหรับก๊าซจริงในหน้า 72 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241) จะเห็นว่าทั้งสองมีลักษณะตรงกันที่อุณหภูมิสูง แต่ผิวของก๊าซจริงจะมีลักษณะของเส้นไอโซเทอร์มัลที่อุณหภูมิต่ำไม่เป็นเส้นไฮเพอร์โบลาอย่างแท้จริง

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 2-66 หน้า 95 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูวิวดังกล่าวสำหรับสารทั้งสองประเภทในหน้า 73 และ 74 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241) จะเห็นว่า ลักษณะของเส้นไอโซเทอร์มัลในบริเวณที่สารอยู่ในสถานะของเหลวและก๊าซ (หรือไอ) รวมทั้งในสถานะของแข็งและไอไม่แตกต่างกัน โดยเฉพาะเส้นสมดุลระหว่างสถานะดังกล่าว แต่เมื่อพิจารณาเส้นสมดุลระหว่างสถานะของแข็งและของเหลวจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยมีความชันตรงข้ามกัน (บวกและลบ ตามลำดับ)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4

1. ดูสรุป กรอบที่ 2-66 หน้า 95-96 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. สำหรับทองแดงเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ ที่ความดันคงที่ = 1 บรรยากาศ มีค่าเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิ 0 เคลวิน และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนกราฟสำหรับปรอทเป็นฟังก์ชันของความดัน ซึ่งที่ความดัน 0 บรรยากาศ มีค่าดังกล่าวไม่เป็นศูนย์ แต่จะลดลงเมื่อความดันสูงขึ้น

$$3. (\partial V / \partial P)_T (\partial P / \partial T)_V (\partial T / \partial V)_P = -1$$

การประเมินผลท้ายบทที่ 2

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 2-67 และ 2-68 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 2-69 ถึง 2-83 ดังกล่าว

4. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 3

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 3-63 หน้า 148-149 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 3-10 หน้า 117 เทียบกับกรอบที่ 3-11 หน้า 118 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 3-12 หน้า 118 และกรอบที่ 3-13 หน้า 119 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 3-64 หน้า 149-150 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ค่าความร้อนจำเพาะ c_v (ปริมาตรคงที่) จะน้อยกว่า c_p (ความดันคงที่) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ แต่ที่อุณหภูมิต่ำเข้าใกล้ศูนย์ค่าทั้งสองจะน้อยลงทุกขณะจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ด้วยกันทั้งคู่
3. ความร้อนของการกลายเป็นไอสำหรับน้ำมีค่าลดลงเมื่อน้ำเดือดที่อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงอุณหภูมิวิกฤติซึ่งน้ำและไอน้ำมีคุณสมบัติเหมือนกัน ปรากฏว่าความร้อนของการกลายเป็นไอสำหรับน้ำเป็นศูนย์ นั่นคือ ถ้าสามารถทำให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิวิกฤติ (374°C) จะไม่ต้องใช้ความร้อนเพื่อทำให้น้ำกลายเป็นไอดี้อย่างใด

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 3-65 หน้า 150-151 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 3-63 หน้า 148-149 ประกอบในข้อ 1 ข้างต้น จากตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
3. ดูข้างท้ายกรอบที่ 3-65 หน้า 150-151 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

การประเมินผลท้ายบทที่ 3

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 3-66 ถึง 3-70 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 3-71 ถึง 3-85 ดังกล่าว

5. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 4

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 4-111 ถึง 4-113 หน้า 231-232 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 4-13 หน้า 175 กรอบที่ 4-19 หน้า 178 และกรอบที่ 4-42 หน้า 191 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 4-113 ถึง 4-115 หน้า 232-233 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 4-51, 4-52 และ 4-58 หน้า 196, 197 และ 201 ในตำราข้างต้น
3. ดูสรุป กรอบที่ 4-118 หน้า 235 ในตำราข้างต้น
4. ดูกรอบที่ 4-93 หน้า 221 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 4-120 หน้า 236-237 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 4-100 ถึง 4-103 หน้า 225-227 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 4-103 และ 4-104 หน้า 227 ในตำราข้างต้น

การประเมินผลท้ายบทที่ 4

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 4-121 ถึง 4-128 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 4-129 ถึง 4-138 ดังกล่าว

6. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 5

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 5-66 ถึง 5-68 หน้า 284-285 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 5-6 หน้า 253, กรอบที่ 5-8 ถึง 5-10 หน้า 254-255, กรอบที่ 5-17 ถึง 5-18 หน้า 259 และกรอบที่ 5-24 หน้า 262-263

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 5-69 ถึง 5-72 หน้า 286-287 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 5-35 ถึง 5-42 หน้า 268-273, กรอบที่ 5-43 ถึง 5-51 หน้า 273-277 และกรอบที่ 5-52 ถึง 5-56 หน้า 278-279

การประเมินผลท้ายบทที่ 5

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 5-75 ถึง 5-80 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 5-81 ถึง 5-85 ดังกล่าว

7. แนวตอบกิจกรรมเรียนและแบบฝึกหัดบทที่ 6

กิจกรรมการเรียนที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 6-85 หน้า 339 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 6-3 ถึง 6-11 หน้า 298-302 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 6-85 ถึง 6-86 หน้า 339 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 6-14 และ 6-18 หน้า 303 และ 305 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 6-20 ถึง 6-22 หน้า 306-307 และกรอบที่ 6-25 ถึง 6-26 หน้า 309 และกรอบที่ 6-32 ถึง 6-35 หน้า 312-314 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 6-87 หน้า 340 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 6-64 ถึง 6-69 หน้า 328-331 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 6-71 หน้า 332 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนที่ 4

1. ดูสรุป กรอบที่ 6-88 หน้า 340 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 6-76 ถึง 6-80 หน้า 334-336 ในตำราข้างต้น

การประเมินผลท้ายบทที่ 6

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 6-89 ถึง 6-91 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 6-92 ถึง 6-101 ดังกล่าว

8. แนวตอบกิจกรรมการเรียนและแบบฝึกหัดบทที่ 7

กิจกรรมการเรียนที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 7-112 ถึง 7-113 หน้า 405-406 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 7-4 หน้า 350 เทียบกับกรอบที่ 6-3 ถึง 6-12 หน้า 298-302 ในตำราข้างต้น
3. ดูและสร้างเลียนแบบในกรอบที่ 7-7 ถึง 7-14 หน้า 352-355 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 7-113 ถึง 7-114 หน้า 406 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 7-28 หน้า 362 และกรอบที่ 7-35 หน้า 366 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 7-40 หน้า 368-369 เทียบกับกรอบที่ 4-96 หน้า 223 ในตำราข้างต้น
4. ดูกรอบที่ 7-50 หน้า 373 และกรอบที่ 4-82 หน้า 214 ในตำราข้างต้น
5. ดูกรอบที่ 7-55 ถึง 7-64 หน้า 376-380

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 7-114 ถึง 7-116 หน้า 406-408 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 7-69 หน้า 383 และกรอบที่ 7-75 หน้า 386 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 7-79 ถึง 7-83 หน้า 388-390 เทียบกับกรอบที่ 7-55 ถึง 7-64 หน้า 376-380

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4

1. ดูสรุป กรอบที่ 7-116 ถึง 7-117 M&408-409 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 7-97 หน้า 397
3. ดูกรอบที่ 7-106 ถึง 7-111 หน้า 402-405 เทียบกับกรอบที่ 7-79 ถึง 7-83 หน้า 388-390 และกรอบที่ 7-55 ถึง 7-64 หน้า 376-380

การประเมินผลท้ายบทที่ 7

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 7-118 ถึง 7-120 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 7-121 ถึง 7-129 ดังกล่าว

9. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 8

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 8-110 ถึง 8-111 หน้า 476-477 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 8-4 หน้า 420 เทียบกับกรอบที่ 8-6 หน้า 421 และกรอบที่ 8-11 หน้า 424 ในตำราข้างต้น
3. ดูคำอธิบายในกรอบที่ 8-4 หน้า 420 และกรอบที่ 8-6 หน้า 421-422 และในทำนองเดียวกันสำหรับกรอบที่ 8-11 หน้า 424 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 8-112 หน้า 477 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)

2. ดูข้อ 1 ข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 8-13 ถึง 8-20 หน้า 425-429 เทียบกับกรอบที่ 8-21 ถึง 8-22 หน้า 429-430 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 8-113 ถึง 8-114 หน้า 478-479 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 8-20 ถึง 8-31 หน้า 434-435 ในตำราข้างต้น
3. ดูข้อ 2 ข้างต้น เทียบกับกรอบที่ 6-25 หน้า 309 และกรอบที่ 6-29 หน้า 311 และกรอบที่ 6-33 หน้า 313 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4

1. ดูสรุป กรอบที่ 8-115 ถึง 8-123 หน้า 479-484 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 8-44 หน้า 441 เทียบกับกรอบที่ 8-67 หน้า 453 และกรอบที่ 8-89 หน้า 465 ในตำราข้างต้น
3. ดูข้อ 2 ข้างต้น ประกอบกับกรอบที่ 8-47 หน้า 443 กรอบที่ 8-70 หน้า 455 และกรอบที่ 8-89 หน้า 465 ในตำราข้างต้น
4. ดูกรอบที่ 8-109 หน้า 475 ในตำราข้างต้น

การประเมินผลท้ายบทที่ 8

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 8-124 ถึง 8-127 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 8-128 ถึง 8-133 ดังกล่าว

10. แนวตอบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบฝึกหัดบทที่ 9

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1. ดูสรุป กรอบที่ 9-74 ถึง 9-75 หน้า 531-532 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 9-7 หน้า 496 เทียบกับกรอบที่ 9-8 ถึง 9-14 หน้า 496-499 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1. ดูสรุป กรอบที่ 9-75 หน้า 532 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 9-17 หน้า 501 เทียบกับกรอบที่ 6-24 หน้า 308 และกรอบที่ 6-26 หน้า 309 ในตำราข้างต้น

3. ดูกรอบที่ 9-18 ถึง 9-22 หน้า 501-503 ในตำราข้างต้น จะเห็นว่าค่าที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจะแปรโดยตรงกับกำลังสี่ของอุณหภูมิผนัง ส่วนค่าเอนโทรปีและความจุความร้อนจะแปรโดยตรงกับกำลังสามของอุณหภูมิผนัง

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ดูสรุป กรอบที่ 9-76 ถึง 9-78 หน้า 532-533 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 9-27 ถึง 9-30 หน้า 506-507 ในตำราข้างต้น
3. ดูกรอบที่ 9-33 หน้า 509 เทียบกับกรอบที่ 9-48 หน้า 517 ในตำราข้างต้น

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4

1. ดูสรุป กรอบที่ 9-78 ถึง 9-79 หน้า 533-534 ในตำรา (รหัสการพิมพ์ 29241)
2. ดูกรอบที่ 9-58 ถึง 9-59 หน้า 522-523 สำหรับพลังงานเฉลี่ย และกรอบที่ 9-62 ถึง 9-65 หน้า 525-526 สำหรับความร้อนจำเพาะ และกรอบที่ 9-68 ถึง 9-69 หน้า 528 สำหรับเอนโทรปี และกรอบที่ 9-72 ถึง 9-73 หน้า 530-531 สำหรับความดัน

การประเมินผลท้ายบทที่ 9

1. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 9-80 ถึง 9-83 ดังกล่าว
2. ดูเฉลยต่อท้ายกรอบที่ 9-84 ถึง 9-93 ดังกล่าว

11. เฉลยการประเมินผลหลังเรียน

1. ข้อสอบปรนัยประเภท 5 ตัวเลือก

- 1.1 3. ประสิทธิภาพ
- 1.2 3. ไอโซเทอร์มัล
- 1.3 3. $dQ = mc_v dT + PdV$
- 1.4 3. ข้อที่สอง
- 1.5 3. $(P_2V_2 - P_1V_1)/(1 - c_p/c_v)$
- 1.6 5. เอนโทรปี
- 1.7 2. ฟังก์ชันกิบส์
- 1.8 3. $v_{rms} > \bar{v} > v_m$
- 1.9 3. $\frac{n_i!}{N_i! (n_i - N_i)!}$
- 1.10 4. อิเล็กตรอนอิสระ

2. ข้อสอบปรนัยประเภทเติมคำในช่องว่าง

- 2.1 สมการสภาวะ (equation of state)
- 2.2 กระบวนการผันกลับไม่ได้ (irreversible process)
- 2.3 แหล่งความร้อน (source of heat)
- 2.4 ปรากฏการณ์จูล-เคลวิน (Joule-Kelvin effect)
- 2.5 การเปลี่ยนสถานะระดับต้น (first-order transition)
- 2.6 ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (kinetic theory of gas)
- 2.7 ก๊าซเชิงโมเลกุล (molecular gas)
- 2.8 กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ (second law of thermodynamics)
- 2.9 หลักสถิติของโบส-ไอน์สไตน์ (Bose-Einstein statistics)
- 2.10 หลักสถิติของเฟอร์มี-ดิแรค (Fermi-Dirac statistics)

3.-8. ข้อสอบอัตนัยประเภทพรรณนาโวหารและแสดงวิธีทำ

3. (ก) สำหรับกระบวนการแอดิแบติก หมายถึง **ไม่มีความร้อนถ่ายเทเข้า-ออก**ระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมในขณะที่กระบวนการดำเนินไป ดังนั้น เมื่อหาเอนโทรปีที่เปลี่ยนไปของระบบภายหลังจากที่ผ่านกระบวนการนี้แล้ว โดยอาศัยความสัมพันธ์ $ds = dQ/T$ เนื่องจาก**ไม่มีความร้อน**เพิ่มขึ้นหรือลดลง ($dQ = 0$) แต่อุณหภูมิ, T จะต้องไม่เป็นศูนย์ จึงได้ว่า $ds = 0$ หรือ s มีค่าคงที่ นั่นคือ ระบบที่ผ่านกระบวนการแอดิแบติกจะมีค่าเอนโทรปีเท่าเดิม จึงอาจเรียกว่าเป็นกระบวนการ “ไอเซน-โทรปิก”
- (ข) เนื่องจากพลังงานภายในที่เปลี่ยนไป, $dU = mc_v dT$ หรือ $du = c_v dT$ และเอนทัลปีที่เปลี่ยนไปของระบบ, $dH = mc_p dT$ หรือ $dh = c_p dT$ สำหรับอากาศที่ความดันและอุณหภูมิปกติอาจถือว่าเป็นก๊าซอุดมคติที่มีค่า $c_p = 5/2R$ และ $c_v = 3/2R$ โดยที่ R คือค่าคงที่ของก๊าซทั่วไป และอากาศที่อุณหภูมิสูงขึ้น 10°C . นั่นคือ $dT = 10$ องศา โดยการแทนค่าลงในความสัมพันธ์ข้างต้น ดังนั้น พลังงานภายในจำเพาะที่เปลี่ยนไป $= (3/2R) \cdot 10 = 15R$ และเอนทัลปีจำเพาะที่เปลี่ยนไป $= (5/2R) \cdot 10 = 25R$ โดยการแทนค่า R ตามหน่วยในมาตราต่าง ๆ และเนื่องจากเครื่องหมายเป็นบวก จึงมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งสองกรณี
- (ก) กฎทางเทอร์โมไดนามิกส์หรืออุณหพลศาสตร์มีด้วยกันทั้งหมด 4 ข้อ คือ กฎข้อที่ศูนย์ กล่าวว่า เมื่อระบบ 2 ระบบต่างสมดุลเชิงความร้อนกับอีกระบบหนึ่ง

ดังนั้น ระบบทั้งสองต่างสมดุลเชิงความร้อนซึ่งกันและกัน นั่นคือ ระบบทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันด้วย

กฎข้อที่หนึ่ง กล่าวว่า พลังงานความร้อนอาจเปลี่ยนเป็นพลังงานกลหรือพลังงานกลอาจเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยปริมาณพลังงานที่เปลี่ยนไปทั้งหมดรวมกันจะมีค่าคงที่ ($dU = dQ - dW$) หรือเขียนได้ว่า $\oint dQ = \oint dW$

กฎข้อที่สอง กล่าวว่า ไม่มีกระบวนการใดที่จะเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแหล่งความร้อนเพียงแหล่งเดียวให้กลายเป็นงานกลได้ทั้งหมด (หรือเครื่องยนต์ความร้อนสมบูรณ์ไม่มีในโลก)

กฎข้อที่สาม กล่าวว่า ที่อุณหภูมิเข้าใกล้ศูนย์สัมบูรณ์ เอนโทรปีของระบบใด ๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์หรือเขียนได้ว่า $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$

$$\begin{aligned} \text{(ข) ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ความร้อนคาร์โนต์, } \eta &= \frac{T_H - T_C}{T_H} \\ &= \frac{(120 + 273) - (27 + 273)}{(120 + 273)} \\ &= 0.24 \end{aligned}$$

แต่เครื่องยนต์ความร้อนมีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 20 ของเครื่องยนต์คาร์โนต์

$$= \frac{20}{100} \times (0.24)$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ความร้อน,

$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = 0.05$$

เมื่อใช้เป็นเครื่องสูบน้ำความร้อนจะมีสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ,

$$\beta_C = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C} = \frac{1}{0.05} = 20$$

ส่วนเครื่องสูบน้ำความร้อนคาร์โนต์จะมี ส.ป.ส.เชิงสมรรถนะ

$$= \frac{T_H}{T_H - T_C} = \frac{1}{0.24} = 3.7$$

ดังนั้น เครื่องสูบลมร้อนนี้จะมี ส.ป.ส.เชิงสมรรถนะเป็น 5.4 เท่าของเครื่องสูบลมร้อนคาร์โนต์ซึ่งทำงานระหว่างอุณหภูมิคู่นี้

5. (ก) อสมการเคลาส์อุส คือ $\oint dQ/T \leq 0$ โดยที่เครื่องหมาย = จะใช้ในกรณีที่ระบบปิดผ่านกระบวนการซึ่งผันกลับได้ แต่เครื่องหมาย < จะเป็นกรณีที่ระบบปิดผ่านกระบวนการซึ่งผันกลับไม่ได้ ดังนั้น ในกรณีที่ $\oint dQ/T = 0$ แสดงว่าปริมาณ dQ/T คือ อนุพันธ์ที่แน่นอน และถ้าให้ $dQ/T = dS$ โดยที่ S คือ เอนโทรปี แสดงว่าเอนโทรปีเป็นค่าทางเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบ นั่นคือ การหาค่าเอนโทรปีที่เปลี่ยนแปลงไปของระบบจะหาได้จากความสัมพันธ์นี้เฉพาะในกรณีที่ระบบผ่านกระบวนการซึ่งผันกลับได้เท่านั้น

- (ข) ในการต้มน้ำที่ 27°C. ให้กลายเป็นไอน้ำที่ 127°C. จะมีการเปลี่ยนแปลง 3 ช่วง คือ

น้ำที่ 27°C. $\rightarrow$ น้ำที่ 100°C. $\rightarrow$ ไอน้ำที่ 100°C. $\rightarrow$ ไอน้ำที่ 127°C.

$$\begin{aligned} \text{ในช่วงแรก เอนโทรปีของน้ำเปลี่ยนไป, } dS_1 &= \int_{27^\circ\text{C.}}^{100^\circ\text{C.}} \frac{dQ}{T} = \int_{300\text{ ค.}}^{373\text{ ค.}} \frac{mc_p dT}{T} \\ &= mc_p \ln T \Big|_{300\text{ ค.}}^{373\text{ ค.}} \end{aligned}$$

โดยการแทนค่า จะได้ $ds_1 = dS_1/m = (1.0)(\ln 373 - \ln 300) = 0.22$ แคลอรี.
(กรัม-องศา) $^{-1}$

ในช่วงสอง เอนโทรปีของน้ำเปลี่ยนไป, $ds_2 = \frac{1}{T} = \frac{539.3}{(100 + 273)\text{ค.}} + 1.44$ แคลอรี.
(กรัม-องศา) $^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{ในช่วงสาม เอนโทรปีของไอน้ำเปลี่ยนไป, } dS_3 &= \int \frac{dQ}{T} = \int mc_p \frac{dT}{T} \\ &= mc_p \ln T \Big|_{373\text{ ค.}}^{500\text{ ค.}} \end{aligned}$$

โดยการแทนค่า จะได้ $ds_3 = dS_3/m = (-1.036)(\ln 500 - \ln 373) = -0.53$ แคลอรี.(กรัม-องศา) $^{-1}$

ดังนั้น เอนโทรปีของน้ำจะเปลี่ยนไปทั้งหมด = $ds_1 + ds_2 + ds_3$

$$\begin{aligned} ds_{\text{น้ำ}} &= 0.22 + 1.44 + (-0.53) = 1.14 \\ &\text{แคลอรี.(กรัม-องศา)}^{-1} \end{aligned}$$

ในการหาเอนโทรปีที่เปลี่ยนไปของเอกภพ จะต้องหาเอนโทรปีที่เปลี่ยนไปของแหล่งความร้อนที่ทำให้น้ำนี้กลายเป็นไอน้ำ โดยถือว่าน้ำนี้ได้รับความร้อนมาจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิ 127°C . จึงทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่ 127°C . ในที่สุด ดังนั้น แหล่งความร้อนจะสูญเสียความร้อนไปทั้ง 3 ช่วง คือ

$$dQ_1 = mc_p dT = m(1.0)(100 - 27) \text{ แคลอรี} \quad \text{หรือ} \quad dq_1 = \frac{dQ_1}{m}$$

$$= 73 \text{ แคลอรี.กรัม}^{-1}$$

$$dQ_2 = 1 = 539.3 \text{ แคลอรี.กรัม}^{-1}$$

$$dQ_3 = mc_p dT = m(-1.036)(127-100) \text{ แคลอรี} \quad \text{หรือ} \quad dq_3 = \frac{dQ_3}{m}$$

$$= -27.9 \text{ แคลอรี.กรัม}^{-1}$$

ดังนั้น เอนโทรปีของแหล่งความร้อนจะเปลี่ยนไป, $ds_{\text{แหล่งความร้อน}}$

$$= \frac{dQ}{T} = \frac{73 + 539.3 - 27.9}{(127 + 273)}$$

$$= 1.95 \text{ แคลอรี (กรัม-องศา)}^{-1}$$

ฉะนั้น เอนโทรปีของเอกภพจะเปลี่ยนไป $= ds_{\text{น้ำ}} + ds_{\text{แหล่งความร้อน}}$

$$= 1.14 + 1.95$$

$$= 3.09 \text{ แคลอรี.(กรัม-องศา)}^{-1}$$

เนื่องจากผลลัพธ์ทั้งสองเป็นบวก แสดงว่า เอนโทรปีของน้ำเพิ่มขึ้น $1.14 \text{ แคลอรี. (กรัม-องศา)}^{-1}$ และเอนโทรปีของเอกภพจะเพิ่มขึ้นด้วย $3.09 \text{ แคลอรี.(กรัม-องศา)}^{-1}$

6. (ก) โดยอาศัยความสัมพันธ์ตามสมการเคลาส์อุส-กลาเปรง คือ $\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - v_1)}$

สำหรับการต้มอาหารให้เดือดจะทำให้ปริมาตรของอาหารมากขึ้น จากการเปลี่ยนสถานะเหลวเป็นไอ นั่นคือ $V_2 > V_1$ เมื่อเพิ่มความดัน ($dP > 0$) ดังนั้น $dT > 0$ ด้วย เนื่องจากความร้อนของการกลายเป็นไอ (L) และจุดเดือด (T) เป็นบวกเสมอ แสดงว่า การเพิ่มความดันจะทำให้จุดเดือดของอาหารสูงขึ้นไปอีก และอุณหภูมิภายในภาชนะหุงต้มจะสูงขึ้นด้วย

นอกจากนี้ ถ้าหากพิจารณาจากค่าความร้อนของการกลายเป็นไอสำหรับน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดูตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรม กรอบที่ 3-36 หน้า 131) จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นกว่า 100°C . ขึ้นไป น้ำจะต้องการปริมาณความร้อน

สำหรับการกลายเป็นไอน้อยลงทุกที ๆ จนถึงอุณหภูมิประมาณ 374°C . ซึ่งเรียกว่า อุณหภูมิวิกฤติ น้ำจะกลายเป็นไอโดยไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสำหรับการกลายเป็นไอหรือที่เรียกว่า ความร้อนแฝง

ดังนั้นการต้มภายในภาชนะอัดความดัน นอกจากจะทำให้อุณหภูมิภายในภาชนะสูงขึ้นได้มากกว่าภายในภาชนะต้มโดยทั่วไปแล้ว ยังจะใช้ความร้อนน้อยกว่าหรือสิ้นเปลืองพลังงานสำหรับหุงต้มน้อยกว่าอีกด้วย

(ข) โดยการแทนค่าลงในสมการเคลาซิอุส-คลาเปรอง คือ $\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}$

โดยที่ $L = 3.34 \times 10^5$ จูล.กิโลกรัม $^{-1}$, $T = 0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$

$V_2 = 1.00 \times 10^{-3}$ เมตร 3 .กิโลกรัม $^{-1}$, $V_1 = 1.09 \times 10^{-3}$ เมตร 3 .กิโลกรัม $^{-1}$

และ $dP = 1$ บรรยากาศ = 1.013×10^5 นิวตัน.เมตร $^{-2}$

ดังนั้น $dT = \frac{273(1.00 - 1.09) \times 10^{-3}}{3.34 \times 10^5} \times 1.01 \times 10^5 = -0.0075$ องศา

นั่นคือ จุดหลอมเหลวของน้ำจะลดลง 0.0075°C . เมื่อความดันเพิ่มขึ้น 1 บรรยากาศ

7. (ก) โดยอาศัยสมมติฐานซึ่งตั้งขึ้นสำหรับสร้างทฤษฎีจลน์ของก๊าซ (ดูตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรม กรอบที่ 6-3 ถึง 6-11 หน้า 298-302) จะสามารถสร้างภาพการกระจายของอนุภาคก๊าซในมิติความเร็ว วิ่งไปชนผนังของภาชนะ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม กลายเป็นแรงดลย์ เมื่อคิดเป็นแรงกระทำต่อตารางพื้นที่ของภาชนะทุกทิศทาง จะได้ความดันของก๊าซภายในภาชนะนั้น (ดูวิธีทำในตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรม กรอบที่ 6-20 ถึง 6-25 หน้า 306-309) ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$PV = \frac{1}{3} N m \bar{v}^2$$

นั่นคือ ความดันของก๊าซเกิดจากอนุภาคเพียง 1 ใน 3 ของอนุภาคภายในภาชนะซึ่งชนกับผนังของภาชนะ ดังนั้น ความดันนี้จึงขึ้นกับจำนวนอนุภาคของระบบและมวลของแต่ละอนุภาค ตลอดจนอัตราเร็วกำลังสองเฉลี่ยโดยตรง แต่เป็นปฏิภาคผกผันกับปริมาตรของภาชนะ

8. (ก) พลังงานการกระจายมีทั้งหมด 3 รูปแบบ ตามหลักสถิติโบส-ไอน์สไตน์, หลักสถิติแฟร์มี-ดิแรก, และหลักสถิติแมกซ์เวลล์-โบลต์ซมันน์ ตามลำดับดังนี้

$$N_j/g_j = [\exp(\epsilon_j - \phi)/k_B T] - 1]^{-1} \quad \text{.....(1)}$$

$$\bar{N}_j/g_j = [\exp(\epsilon_j - \phi)/k_B T] + 1]^{-1} \quad \text{.....(2)}$$

$$\bar{N}_j/(Ng_j) = \exp[(\phi - \epsilon_j)/k_B T] \quad \text{.....(3)}$$

โดยที่ $\bar{N}_j$ คือ จำนวนอนุภาคโดยเฉลี่ยในกลุ่มลำดับที่ j^{th} และ g_j คือ จำนวนสภาวะที่เป็นไปได้ในกลุ่มนี้

ϵ_j คือ พลังงานของกลุ่ม j^{th} และ ϕ คือ ศักย์ทางเคมี

สำหรับฟังก์ชัน (1) แสดงว่าจำนวนอนุภาคโดยเฉลี่ยต่อสภาวะจะลดลงแบบเอกซ์โพเนนเชียล เมื่อพลังงานสูงขึ้น เช่นเดียวกับฟังก์ชัน (2) และ (3) แต่ที่พลังงานต่ำ ๆ ($\epsilon_j \ll \phi$) จะพบว่าจำนวนอนุภาคโดยเฉลี่ยต่อสภาวะเข้าใกล้ 1 หมายถึง มีอนุภาคโดยเฉลี่ยในแต่ละสภาวะ 1 ตัว ในฟังก์ชัน (2) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนจากกราฟ (วาดรูปกราฟตามตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรม กรอบที่ 7-87 หน้า 392)

ระบบที่เป็นไปตามลักษณะการกระจายของฟังก์ชัน (1) คือ ระบบที่ประกอบด้วยอนุภาคเหมือนกันทุกประการ ซึ่งสามารถกระจายได้โดยไม่จำกัดจำนวนและสภาวะ เช่น อนุภาคโฟตอน เรียกอนุภาคที่สอดคล้องกับกรณีนี้ว่า อนุภาคโบซอน ส่วนระบบที่เป็นไปตามลักษณะการกระจายของฟังก์ชัน (2) คือ ระบบที่ประกอบด้วยอนุภาคเหมือนกันทุกประการ แต่กระจายกันอยู่ภายใต้หลักกีดกันเพาลี เช่น อนุภาคอิเล็กตรอน เรียกอนุภาคที่สอดคล้องกับกรณีนี้ว่า อนุภาคเฟอร์มิออน สำหรับระบบที่เป็นไปตามลักษณะการกระจายของฟังก์ชัน (3) คือ ระบบที่ประกอบด้วยอนุภาคไม่เหมือนกันเลย ซึ่งกระจายกันโดยไม่มีขีดจำกัด เช่น อนุภาคก๊าซเชิงโมเลกุลทั่วไป

โดยอาศัยฟังก์ชันการกระจายเหล่านี้จะสามารถหาค่าต่าง ๆ ทางเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับแต่ละระบบดังกล่าวข้างต้น (แสดงความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ กับฟังก์ชันพาร์ทิชัน ตามกรอบที่ 8-12 ถึง 8-16 ในตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรม หน้า 424-427)

- (ข) จากทฤษฎีของเดอบายแสดงว่าค่าความร้อนจำเพาะของผลึกของแข็งที่อุณหภูมิสูงมีค่าเป็น $3R$ แต่ค่าความร้อนจำเพาะของอิเล็กตรอนอิสระในโลหะตัวนำที่ดี (แสดงความสัมพันธ์ที่ได้จากกรอบที่ 9-61 ถึง 9-62 ในตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรม หน้า 524-525) มีค่าเป็น $0.02R$ เท่านั้น