

วิชาฟิสิกส์ทั่วไป 1 สำหรับนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ภาทยภาพ  
 เฉลยแบบฝึกหัดชุดที่ 3 อุณหพลศาสตร์ (15 กันยายน 2548)

Halliday

**กฎข้อหนึ่งของอุณหพลศาสตร์**

ประเด็นสำคัญของแบบฝึกหัดในหัวข้อนี้คือ ความเข้าใจในกฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ ซึ่งนิสิตต้องใช้กฎข้อนี้ไปอธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือพลังงานของระบบ อย่างเช่น ความร้อน ความดัน ปริมาตร เป็นต้น(ส่วนมากจะแสดงในรูปของแผนภาพวัฏจักร) ซึ่งโดยทั่วไป กฎข้อที่หนึ่งนั้นได้บอกไว้ชัดเจนแล้วว่า ความร้อนของระบบที่เปลี่ยนไป จะทำให้เกิดผลสองอย่างคือ เกิดงานขึ้น(ปริมาตรเปลี่ยนแปลง) และ/หรือ เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน โดยเป็นไปตามสมการดังนี้  $dQ = dW + dE_{int}$  จากโจทย์ 5 ข้อนี้จะเห็นได้ว่า เพียงเราใช้ หลักการใน”กฎข้อที่หนึ่ง” และข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งคือ เมื่อ ระบบที่มีวัฏจักร มีลักษณะเป็นรูปปิด(ครบรอบ) การเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในจะมีค่าเท่ากับศูนย์  $dE_{int} = 0$  เราจะสามารถแก้โจทย์ทั้ง 5 ข้อนี้ได้โดยไม่ต้องยากเลย ซึ่งในที่นี้ จะแสดงวิธีทำโดยละเอียดในข้อสองเพียงข้อเดียว (ข้ออื่นๆ ก็สามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน)

1. 18/43 จาก  $dw = pdV$  จะได้  $W_A = 120J \quad W_B = 75J \quad W_C = 30J$

2. 18/47 ขั้นแรกพิจารณาลำดับที่โจทย์ให้มา และสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งเราสามารถเขียนได้ดังนี้  
 $dE_{int;abc} = -200J \quad dQ_{cd} = 180J \quad dQ_{da} = 80J \quad dW_{cd} = ?$

จะเห็นได้ว่า เพียงเราใช้กฎข้อที่หนึ่ง  $dW_{cd} = dQ_{cd} - dE_{int;cd}$  เราก็จะสามารถหางานในช่วง c ไป d ได้ แต่สิ่งที่เราไม่รู้คือ  $dE_{int;cd}$  ซึ่งเราสามารถหาได้จากข้อสังเกตที่ว่าพลังงานของวัฏจักรที่ครบจะมีค่าเท่ากับศูนย์นั่นคือ

$dE_{int;abc} + dE_{int;cd} + dE_{int;da} = 0$  และเนื่องจาก ในช่วง d ไป a ปริมาตรคงที่ จากกฎข้อที่หนึ่ง(อีกแล้ว) เราจะได้  $dE_{int;da} = dQ_{da}$  ดังนั้นเราจะได้  $dE_{int;cd} = -dE_{int;abc} - dQ_{da} = 200J - 80J = 120J$

และในที่สุดแล้วเราจะได้  $dW_{cd} = dQ_{cd} - dE_{int;cd} = 180J - 120J = 60J$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในการแก้โจทย์ข้อนี้ เราใช้เพียงกฎข้อที่หนึ่ง และข้อสังเกตที่บอกไปแล้วเท่านั้น

3. 18/49

ก) จาก กฎข้อที่หนึ่งและข้อสังเกต เราจะได้  $dW_{ibf} = 6.0cal$

ข) จาก กฎข้อที่หนึ่งและข้อสังเกต เราจะได้  $dQ_{if} = -43cal$

ค) จาก  $dE_{int;if} = E_{int;f} - E_{int;i}$  จะได้  $E_{int;f} = 40cal$

ง) จาก กฎข้อที่หนึ่ง จะได้  $dQ_{bf} = 18cal$  และได้  $dQ_{ib} = 18cal$

4. 18/77 หา  $dE_{int;ab1}$  จากกฎข้อที่หนึ่ง เมื่อ  $dE_{int;ab1} = dE_{int;ab2}$  หา  $dQ_{ab2}$  จากกฎข้อที่หนึ่งจะได้  $dQ_{ab2} = 11p_i V_i$  และจาก  $dE_{int;ab1} = dE_{int;ab3}$  จะได้  $dE_{int;ab3} = 6p_i V_i$

5. 18/83 จาก กฎข้อที่หนึ่งและข้อสังเกต เราจะได้  $dW_{abc} = dW_{ab} = 80J$

### ก๊าซอุดมคติในกระบวนการ Isothermal

ในหัวข้อนี้โดยส่วนมากจะคล้ายกับหัวข้อที่แล้ว เพียงแต่เราพิจารณากฎข้อหนึ่งในเงื่อนไขที่อุณหภูมิคงที่ ดังนั้นเราจะได้ การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของระบบจะมีค่าเท่ากับศูนย์  $dQ = dW$  และเมื่อ เราพิจารณา ก๊าซในอุดมคติเราจะได้

$$pV = nRT = \text{const} \quad \text{ดังนั้น} \quad dW = pdV = \frac{nRT}{V}dV \Rightarrow W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$$

6. 19/8 จากข้อสรุปข้างบนจะได้  $Q = W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = -3.14 \times 10^3 \text{ J}$  และเมื่อ  $Q$  ติดลบแสดงว่าพลังงานความร้อนในตอนแรกของก๊าซมีค่ามากกว่าพลังงานความร้อนตอนหลัง ดังนั้น ความร้อนเคลื่อนย้ายออกจากระบบก๊าซ

7. 19/12 จาก  $pV = nRT$  จะได้  $n = 1.5 \text{ mol}$   $T_b = 1.8 \times 10^3 \text{ K}$   $T_c = 6.0 \times 10^2 \text{ K}$  และจาก  $Q = W$  จะได้  $Q = W = 5.0 \times 10^3 \text{ J}$

8. 19/13 เนื่องจากข้อนี้ใช้ทั้งหลักการ ของกระบวนการ isothermal และ หลักการของก๊าซอุดมคติ ดังนั้นจะทำแบบละเอียด อันดับแรกพิจารณา สิ่งที่โจทย์บอกมาและต้องการให้หา จะได้ สิ่งที่ยกมาคือ  $p_1, p_2, V_1$  และสิ่งที่ต้องการหาคือ  $W$  เนื่องจาก ระบบมีการเปลี่ยนแปลง 2 กระบวนการ ดังนั้นเราจะได้  $W = W_{12} + W_{23}$

พิจารณากระบวนการแรก(1 ไป2) ซึ่งเป็นแบบ isothermal เราจะได้  $W_{12} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$  ซึ่ง  $V_2, nRT$  เราไม่รู้

โดยเราสามารถหาได้จาก ความสัมพันธ์ของก๊าซอุดมคติ  $p_1V_1 = p_2V_2 = nRT \Rightarrow V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2}$  แทนค่าจะได้

$$W_{12} = p_1V_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = 2.00 \times 10^4 \text{ J}$$

สำหรับกระบวนการที่สองซึ่งเป็น กระบวนการที่ความดันคงที่เราจะได้

$$W_{23} = p_2(V_3 - V_2) = p_2(V_1 - \frac{p_1V_1}{p_2}) = V_1(p_2 - p_1) = -1.44 \times 10^4 \text{ J}$$

ดังนั้นเราจะได้  $W = W_{12} + W_{23} = 5.60 \times 10^3 \text{ J}$

9. 19/40  $E_{\text{int}} = \frac{3}{2}nRT = 3.4 \times 10^3 \text{ J}$

10. 19/42

ก)  $dW = pdV = nRdT = 249 \text{ J}$

ข)  $dQ = \frac{5}{2}nRdT = 623 \text{ J}$

ค)  $dE_{\text{int}} = \frac{3}{2}nRdT = 374 \text{ J}$

ง)  $dK = \frac{dE_{\text{int}}}{N} = 3.11 \times 10^{-22} \text{ J}$

11. 19/44  $dE_{\text{int}} = dQ - pdV = 15.9 \text{ J}$   $C_p = \frac{dQ}{ndT} = 34.4 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$   $C_v = C_p - R = 26.1 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

### ก๊าซอุดมคติในกระบวนการ adiabatic

สำหรับหัวข้อนี้ ก็จะคล้ายๆกับหัวข้อที่แล้วแต่สิ่งที่เปลี่ยนไปคือ เป็นกระบวนการที่การเปลี่ยนแปลงความร้อนมีค่าเท่ากับศูนย์นั่นเอง ดังนั้นกฎข้อหนึ่งเขียนได้เป็น  $dW = -dE_{\text{int}}$  และสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือจาก  $pV = \text{const}$  เปลี่ยนไปเป็น  $pV^\gamma = \text{const}$

12. 19/52  $\gamma = C_p / C_v = 1.4$  ใช้ความสัมพันธ์ของก๊าซอุดมคติหา  $V$  แล้วจะได้  $pV^\gamma = 1.5 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}^{2.2}$
13. 19/52  $p_f = \left[ \frac{V_i}{V_f} \right]^{1.4} p_i = 13.6 \text{ atm}$  จากความสัมพันธ์ของก๊าซอุดมคติ จะได้  $T_f = 6.2 \times 10^2 \text{ K}$
14. 19/59
- ก)  $Q_{12} = 3.74 \times 10^3 \text{ J}$  ;  $dE_{\text{int};12} = Q_{12} = 3.74 \times 10^3 \text{ J}$  ;  $W_{12} = 0 \text{ J}$   
 $Q_{23} = 0$  ;  $dE_{\text{int};23} = -1.81 \times 10^3 \text{ J}$  ;  $W_{23} = Q_{23} - dE_{\text{int};23} = 1.81 \times 10^3 \text{ J}$   
 $Q_{31} = -3.22 \times 10^3 \text{ J}$  ;  $dE_{\text{int};31} = -1.93 \times 10^3 \text{ J}$  ;  $W_{31} = Q_{31} - dE_{\text{int};31} = -1.29 \times 10^3 \text{ J}$
- ข)  $Q = 520 \text{ J}$  ;  $dE_{\text{int}} = 0 \text{ J}$  ;  $W_{23} = 520 \text{ J}$
- ค)  $V_2 = V_1 = 2.46 \times 10^{-2} \text{ m}^3$  ;  $p_2 = 2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$  ;  $p_3 = p_1 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  ;  
 $V_3 = 3.73 \times 10^{-2} \text{ m}^3$

### การเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปี

สำหรับโจทย์ในหัวข้อนี้ จะเป็นการรวบรวม กระบวนการทั้งหมดที่เคยทำมาไม่ว่าจะเป็น กระบวนการ ความร้อนคงที่ ความดันคงที่ หรือ อุณหภูมิคงที่ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่เราต้องรู้อย่างแม่นยำคือ ต้องรู้ว่ากระบวนการไหนมีเงื่อนไขอย่างไร มีผลต่อกฎข้อหนึ่งอย่างไร เช่น สำหรับกระบวนการ adiabatic การเปลี่ยนแปลงความร้อนจะเท่ากับศูนย์  $dQ = 0$  ดังนั้นสำหรับกระบวนการนี้ เราจะได้  $dW = dE_{\text{int}}$  และ  $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$  เป็นต้น ซึ่งสามารถเฉลยละเอียดได้ในข้อ 17

15. 20/1 ก)  $W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} = 9.22 \times 10^3 \text{ J}$
- ข)  $dS = \frac{dQ}{T} = \frac{dW}{T} = 23.1 \text{ J/K}$
- ค)  $dS = \frac{dQ}{T} = 0 \text{ J/K}$
16. 20/2  $dQ = TdS = 1.86 \times 10^4 \text{ J}$
17. 20/11 จากรูปเราจะเห็นได้ว่าสิ่งที่โจทย์บอกมาคือ  $V_1, V_2 = 3V_1, V_3 = V_2 = 3V_1$
- ก) โจทย์ต้องการให้เรา  $\frac{p_2}{p_1}, \frac{p_3}{p_1}, \frac{T_3}{T_1}$  จะเห็นได้ว่า เราสามารถหา  $\frac{p_2}{p_1}$  ได้จากกระบวนการ Isothermal ดังนั้นเราจะได้  $p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1}{3V_1} = \frac{1}{3}$
- สำหรับ  $\frac{p_3}{p_1}$  เราสามารถหาได้จากกระบวนการ adiabatic ซึ่ง  $p_1 V_1^\gamma = p_3 V_3^\gamma$  โดยในทำนองเดียวกันเราจะได้ว่า

$$\frac{p_3}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^\gamma = \left(\frac{V_1}{3V_1}\right)^\gamma = \left(\frac{1}{3}\right)^\gamma \text{ และสำหรับ } \frac{T_3}{T_1} \text{ เราสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของก๊าซอุดมคติ}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{p_3 V_3 / nR}{p_1 V_1 / nR} = \frac{(3^{-\gamma} p_1)(3V_1)}{p_1 V_1} = 3^{1-\gamma}$$

ข) โจทย์ต้องการให้หา  $\frac{W}{nRT_1}, \frac{Q}{nRT_1}, \frac{\Delta E_{\text{int}}}{nRT_1}, \frac{\Delta S}{nR}$  ในแต่ละกระบวนการ(หรือเส้นทางนั่นเอง) ดังนั้นเราจะพิจารณา

ทีละเส้นทางตามลำดับ

1  $\rightarrow$  2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นกระบวนการ Isothermal เราจะได้  $dE_{\text{int}} = 0$  ดังนั้นเราจะได้  $dW = dQ$

$$\text{จาก } W = nRT \ln \frac{V_f}{V_i} \Rightarrow \frac{W}{nRT_1} = \ln \frac{V_2}{V_1} = \ln 3 \text{ และ } \frac{dS}{nR} = \frac{dQ}{nRT} = \frac{dW}{nRT_1} = \ln 3$$

2  $\rightarrow$  3 จะเห็นได้ว่าเป็นกระบวนการ Isochoric เราจะได้  $dW = 0$  ดังนั้นเราจะได้  $dQ = dE_{\text{int}}$

$$\text{จาก } dE_{\text{int}} = \frac{5}{2} nRdT = \frac{5}{2} nR(T_3 - T_1) \Rightarrow \frac{dE_{\text{int}}}{nRT_1} = \frac{5}{2} \left(\frac{T_3}{T_1} - 1\right) = \frac{5}{2} (3^{1-\gamma} - 1)$$

$$\frac{dS}{nR} = \frac{dQ}{nRT} = \frac{dE_{\text{int}}}{nRT_1} = \frac{5}{2} (3^{1-\gamma} - 1)$$

3  $\rightarrow$  1 จะเห็นได้ว่าเป็นกระบวนการ Adiabatic จะได้  $dQ = 0$  ดังนั้น  $dW = -dE_{\text{int}}$

$$dW = -dE_{\text{int}} = -\frac{5}{2} nRdT = \frac{5}{2} nR(T_3 - T_1) \Rightarrow \frac{dW}{nRT_1} = \frac{5}{2} \left(\frac{T_3}{T_1} - 1\right) = \frac{5}{2} (3^{1-\gamma} - 1)$$

$$\frac{dS}{nR} = \frac{dQ}{nRT} = 0$$

$$18. \quad 20/12 \quad dS = \frac{dQ}{T} = \frac{dE_{\text{int}}}{T} = \frac{nC_v dT}{T} = \frac{nAT^3 dT}{T} \Rightarrow S = \frac{nA}{3} (T_2^3 - T_1^3) = 0.0368 J / K$$

### เครื่องยนต์ความร้อน

สิ่งสำคัญสำหรับเครื่องยนต์คือ ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์นั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์นั้น จะขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของแหล่งความร้อนทั้งที่ความร้อนสูงและต่ำ

$$19. \quad \text{จาก } \eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow T_{H2} - T_{H1} = 97 K$$

$$20. \quad T_H = \frac{T_H - T_L}{\eta} = 341 K \Rightarrow T_L = 266 K$$

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

