มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การสอบปลายภาคการศึกษาที่ 2/ 2550

ข้อสอบวิชา PHY 201: THERMAL PHYSICS **นักศึกษาภาควิชาฟิสิกส์ชั้นปีที่ 2**

วันสอบ วันพุธที่ 5 มีนาคม พ.ศ.2551 **เวลา 9.00-12.00 น**

<u>คำเตือน</u> 1. ข้อสอบมี 7 ข้อ คะแนนเต็ม 110 คะแนน

2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณ

3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารเข้าห้องสอบ (มีสูตร/สมการ 2 แผ่นอยู่ข้างหลังข้อสอบ)

4. เขียนคำตอบลงในข้อสอบ (ที่ว่างเขียนคำตอบไม่พอต่อด้านหลังข้อสอบได้ โดยระบุข้อของข้อสอบมาให้ชัดเจน)

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนได้
1	20	
2	12	
3	11	
4	20	
5	16	
6	12	
7	19	
รวม	110	

ผู้ออกข้อสอบ รศ.พินพรรณ วิศาลอัตถพันธุ์

ข้อสอบชุดนี้ได้ผ่านการกลั่นกรองจากคณะกรรมการฯ ของภาควิชาฯ แล้ว

....

....

1. จงอธิบายให้เข้าใจพอสังเขปในหัวข้อที่อยู่ข้างล่างนี้ (แสดงคำตอบในรูปสมการได้บ้าง)

   ก. Laws of thermodynamics

   ข. Maxwell relations

   ค. First-order phase transition

   ง. Bose-Einstein statistics

   จ. Statistical interpretation of entropy

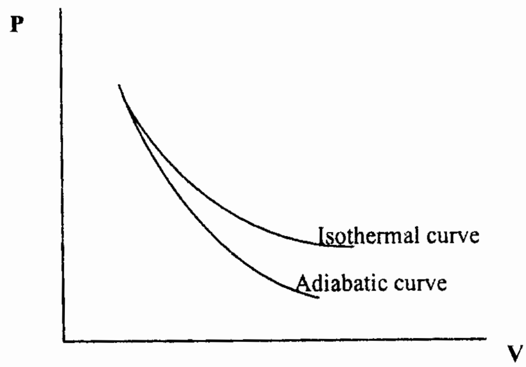
2. จงหาเอนโทรปีจำเพาะ (s) ของระบบ van der waals gas จากสมการ Tds ที่กำหนดให้ดังนี้

$$Tds = c_v dT + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v dv,$$ c_v มีค่าคงที่ ในช่วงอุณหภูมิ T_o---T

3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน P กับปริมาตร V ในรูปที่ 1 เป็นกราฟสมมุติแสดงการขยายตัวของระบบที่เกิดโดยกระบวนการต่างกัน คือ Adiabatic expansion กับ Isothermal expansion ที่มีสถานะตั้งต้นจุดเดียวกัน

(ก) ความชันของกราฟทั้งสองเส้นนี้จะมีค่าเท่ากันได้ ณ จุดที่ปริมาตร V เดียวกันซึ่งมีค่ามากๆ เป็นไปได้หรือไม่?

(ข) กราฟทั้งสองเส้นนี้จะตัดกันได้อีกที่ปริมาตร V มีค่ามากๆ เป็นไปได้หรือไม่?



รูปที่ 1

4. ระบบสารบริสุทธิ์มี 2 เฟส คือของเหลวและไออยู่ด้วยกันอย่างสมดุล ภายใต้ความดัน P และอุณหภูมิ T เมื่อสถานะเปลี่ยนคือความดัน $P + \Delta P$ และอุณหภูมิ $T + \Delta T$ ระบบยังมี 2 เฟสเป็นของเหลวและไออยู่ด้วยกันได้อย่างสมดุลต่อไป แสดงว่า P และ T มีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ชื่อว่า Clausius-Clapeyron equation

(ก) จงแสดงหลักการสำคัญที่นำมาพิจารณาในสมการดังกล่าว

(ข) จงพิสูจน์ว่าสมการดังกล่าวในกรณีนี้คือ

$$P = \exp(-l_{23}/RT) + \text{ค่าคงที่}$$

(ค) จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P และ T ที่พิจารณาโดยสมการในข้อ (ข)

5. กำหนดให้ quantum no.: n_x , n_y , n_z ของกลุ่มอนุภาคหนึ่งเป็นค่าดังแสดงในตารางที่ 1

	n_x	n_y	n_z	g_j =
j = 6	3	2	1	
j = 5	2	2	2	
j = 4	3	1	1	
j = 3	2	2	1	
j = 2	2	1	1	
j = 1	1	1	1	

ตารางที่ 1

(ก) จงเติมค่า g_j ลงในตารางให้ถูกต้องตามระดับ j

(ข) จากข้อ (ก) จงหาจำนวนสถานะพลังงานของระบบทั้งหมด

(ค) ระดับชั้นพลังงานของระบบทั้งหมดมีค่าห่างเท่ากันใช่หรือไม่?

6. **จงเปรียบเทียบฟังก์ชันการแจกแจงอนุภาคไปในสถานะพลังงานหนึ่งๆ** $(N_j\ /g_j)$ **ของกลุ่ม** อนุภาคที่เหมือนกัน ซึ่งสรุปได้มี 3 แบบ โดยรูปกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง$(N_j\ /g_j)$ กับ $(\varepsilon_j - \mu)/k_B T$ ในรูปกราฟแสดงปริมาณค่ามาให้ครบ พร้อมคำอธิบายสั้นๆให้เข้าใจด้วย

7. ระบบเป็นระบบ PVT ที่มี Gibb function เป็นดังนี้ :

$$G \quad = \quad -kTN \ln\left(\frac{aT^{5/2}}{P}\right), \text{ a เป็นค่าคงที่}$$

จงหา (ก) ปริมาณค่าเอนโทรปี S

(ข) ปริมาณค่าความจุความร้อน C_p

(ค) สมการสถานะของระบบ

(ง) พลังงาน (U) ของระบบ

สูตร/สมการที่อาจจำเป็นนำไปใช้ในข้อสอบ

สมการสถานะของ Van der waals gas : $(P + \frac{a}{v^2})(v - b) = RT$

Adiabatic process : $Pv^{\gamma} = \text{constant}$: $\gamma = \frac{c_P}{c_V} = 1.67$

$$TP^{(1-\gamma)/\gamma} = \text{constant}$$

$$Tv^{\gamma-1} = \text{constant}.$$

$$\beta = \frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \quad ; \quad \kappa = -\frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T$$

สมการความสัมพันธ์อนุพันธ์ย่อย :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{\beta}{\kappa} \quad , \quad c_V = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_V \quad , \quad c_P = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_u \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial v}{\partial u}\right)_T = -1 \quad ,$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_h \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial h}\right)_T = -1$$

สมการTds อันที่ 1 $\quad Tds = c_v dT + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v dv$

สมการTds อันที่ 2 $\quad Tds = c_P dT - T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P dP$

สมการTds อันที่ 3 $\quad Tds = c_P\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_P dv + c_v\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_v dP$

Characteristic equations:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T \quad ; \quad \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -P$$

$$\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_V = -S \quad ; \quad \left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T = -P$$

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P = -S \quad ; \quad \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = V$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T \quad ; \quad \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V$$

$$H = U + PV$$

$$F = U - TS$$

$$G = F + PV = U - TS + PV$$

$$G = H - TS$$

$$G = \sum_i n_i g_i$$

$$\mu''' = RT(\ln p + \phi)$$

$$S''' - S'' = L_{23}/T$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_P = \frac{C_P}{T}$$

$$f = k - \pi + 2$$

$$\boxed{\begin{aligned} S &= k \ln \Omega \\ d'Q_r &= \sum_j \varepsilon_j d\overline{N}_j \\ d'W &= -\sum_j \overline{N}_j d\varepsilon_j \end{aligned}}$$

$$\boxed{\begin{aligned} \varepsilon_j &= n_j^2 \frac{h^2}{8mL^2} \\ \overline{N}_j &= \frac{1}{\Omega}\sum_k N_{jk} W_k \\ W_{BE} &= \prod_j \frac{(g_j + N_j - 1)!}{(g_j - 1)!\,N_j!} \\ W_{FD} &= \prod_j \frac{g_j!}{(g_j - N_j)!\,N_j!} \\ W_{MB} &= N! \prod_j \frac{g_j^{N_j}}{N_j!} \\ \Omega &= \sum_k W_k \end{aligned}}$$

$$\boxed{\begin{aligned} f_{BE} &= (\overline{N}_j / g_j)_{BE} = \frac{1}{\exp\frac{(\varepsilon_j - \mu)}{kT} - 1} \\ f_{FD} &= (\overline{N}_j / g_j)_{FD} = \frac{1}{\exp\frac{(\varepsilon_j - \mu)}{kT} + 1} \\ f_{classical} &= (\overline{N}_j / g_j)_{classical} = \exp\frac{(\mu - \varepsilon_j)}{kT} \\ f_{MB} &= \left(\frac{\overline{N}_j / N}{g_j}\right)_{MB} = \exp\frac{(\mu - \varepsilon_j)}{kT} \\ Z &= \sum_j g_j \exp-\left(\frac{\varepsilon_j}{kT}\right) \end{aligned}}$$

$$\mu = \left(\frac{\partial G}{\partial N}\right)_{T,Y} = \left(\frac{\partial F}{\partial N}\right)_{T,x},$$

$$Y = -\left(\frac{\partial F}{\partial X}\right)_{T,N}$$

$$X = -\left(\frac{\partial G}{\partial Y}\right)_{T,N}$$