Ujian Tengah Semester

Matakuliah	**: Termodinamika**
Jurusan	**: Fisika FMIPA UI**
Dosen	**: Dr. Muhammad Hikam**
Hari/Tanggal	**: Rabu, 05 Maret 2003**
Jam	**: 08:00-10:00 , Ruang Lantai 1 UPP IPD**
Sifat	**: Closed book**

1. Jawablah dengan singkat dan akurat:
   (a). Jelaskan argumentasi fisis secara sederhana untuk mendapatkan persamaan gas van der Waals berangkat dari gas ideal!
   (b). Berilah 5 (lima) contoh sistem yang mengalami kesimbangan termal tetapi tidak mengalami keseimbangan mekanik.
   (c). Perkirakan jumlah molekul udara di ruangan ini (tempat kuliah)! (jawaban tidak harus eksak, gunakan *common sense* dan anggapan yang realistik, untuk penyederhanaan udara boleh dianggap gas ideal)

2. Satu mole gas ideal diproses dari tekanan 1 atm dan suhu 300 K menjadi 0,75 atm dan suhu 400 K dengan proses-proses isotermal reversibel lalu isobaris reversibel. Sistem lalu dikembalikan ke semula dengan proses isokhoris lalu proses adiabatis. Anggap c_v=(5/2) R dan gas ideal $c_P - c_v = R$.
   (a). Gambarkan siklus ini dengan diagram P-V!
   (b). Cari nilai-nilai T, V, P pada setiap titik pergantian proses, serta hitunglah W dan Q yang berkaitan dengan proses-proses tersebut.

3. Fluks energi surya sekitar 4 J cm^2/min. Dalam suatu kolektor tak berfokus, temperatur permukaan dapat mencapai 90^{o}C. Apabila dioperasikan mesin pemanas yang menggunakan kolektor sebagai sumber panas dan suatu reservoir suhu rendah pada 25^{o}C, hitung luas kolektor yang dibutuhkan jika mesin pemanas ini diharapkan memproduksi 1 PK (sekitar 750 watt). Anggab mesin beroperasi dengan efisiensi maksimal. (Petunjuk: Fluks secara matematik adalah energi kali luasan per satuan waktu)

4. Buktikan bahwa $c_P - c_v = \dfrac{T\beta^2 v}{\kappa}$ untuk sembarang zat. Hitung $\gamma = c_P/c_v$ untuk tembaga padat pada suhu 500 K, bila v (spesifik) = 7,115 cm^3/mol, β = 5,42×10^{-5} K^{-1} dan κ = 8,37×10^{-2} m^2/N. Dalam kasus ini anggap Anggap c_v = (5/2) R.

Nilai R = 8,31x10^3 J kilomole^{-1} K^{-1}. 1 atm = 1,01325×10^5 N/m^2

Formula yang mungkin digunakan: $\kappa = -\dfrac{1}{V}\left(\dfrac{\partial V}{\partial P}\right)_T$; $\beta = \dfrac{1}{V}\left(\dfrac{\partial V}{\partial T}\right)_P$;

$c_v = \left(\dfrac{\partial u}{\partial T}\right)_v$; $c_P = \left(\dfrac{\partial h}{\partial T}\right)_P$; Gas van der Waals: $(P + \dfrac{a}{v^2})(v - b) = RT$

$H = U + PV$; Kombinasi hukum termodinamika I dan II: $TdS = dU + P\,dV$

Jawaban:
No 1.   (a) Lihat Giancoli
(b) easy

1. (c) Volume ruangan sekitar V = panjang x lebar x tinggi
kira-kira V = 30x5x3 = 450 m^3
Gunakan PV = nRT

P kira-kira 1 atm, T kira-kira 27^oC = 300 K, R = $8{,}31\times10^3$ (SI)
Lakukan konversi satuan yang benar akan didapat *n* mole.
1 mole berisi N avogadro, jadi jumlah molekul udara dapat dihitung.
Guampaaaang buanget!

No. 2.   Harus digambar dengan benar, ini juga super gampang.

No. 3.

Fluks/*F* → energi kali luasan persatuan waktu.

atau $F = EA/t$

Efisiensi:

$$\eta = \frac{T_H - T_L}{T_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{298.15}{363.15} = 0.179$$

(H = hot, L = lower)

$$\eta = \frac{W}{Q}$$

Daya yang ingin dihasilkan 750 Watt, jadi “Daya panas” input seharusnya= 750/0.179 = 4190 Watt.

Fluks energi surya 4 J cm^2/min atau 240 Watt $cm^{2.}$

Jadi luas area yang dibutuhkan 4190/240 = 17.458 cm^2.

No 4:

Buktikan $c_P - c_v = \dfrac{T\beta^2 v}{\kappa}$

Mulailah dengan hukum Termodinamika I:

$$d'q = du + p\,dv \qquad (1)$$

Anggap $u = u(v,T)$, maka

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T dv = c_v\,dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T dv \qquad (2)$$

Tinjau proses isobaris (p tetap): $d'q = c_P\,dT$ (3)

Gabung (1), (2) dan (3):

$$c_P = c_v + \left(\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + p\right)\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \qquad (4)$$

Sekarang gunakan gabungan hukum Termodinamika I dan II:

$T\,ds = du + p\,dv$ dengan memperhatikan bahwa u fungsi T dan v,

Kembali kita gunakan $du = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T dv$

maka

$$ds = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \frac{1}{T}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + P\right] dv \qquad (5)$$

tetapi dapat juga ditulis:

$$ds = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_v dT + \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T dv \qquad (6)$$

maka bandingkan (5) dan (6), didapat:

$$\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_v = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \text{ dan}$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T = \frac{1}{T}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T + P\right]$$

Seterusnya apabila s diturunkan dua kali ke v dan T diperoleh:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v - P$$

Masukkan ke persamaan (4), didapat:

$$c_P - c_v = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$$

Gunakan "chain rule" $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p \left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T = -1$ didapat

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = -\frac{\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p}{\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T} \quad \text{atau} \quad c_P - c_v = -T\frac{\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p}{\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$$

dari definisi:

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

didapat: $c_P - c_v = \dfrac{T\beta^2 v}{\kappa}$