

**OLIMPIADE NASIONAL MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PERGURUAN TINGGI 2017
(ONMIPA-PT)**

Bidang Fisika:

TERMODINAMIKA & FISIKA STATISTIK (Tes 3)

16 Mei 2017

Waktu: 120 menit

KETENTUAN UMUM

Petunjuk Pengerjaan :

1. Tes **TERMODINAMIKA DAN FISIKA STATISTIK** ini hanya terdiri dari **4 soal uraian** (*essay*). Masing-masing soal memiliki bobot nilai seperti tertulis di awal soal
2. Untuk setiap soal telah disediakan ruang kosong yang cukup banyak karena Anda diharapkan mengerjakannya dengan langkah-langkah yang cukup elaboratif atau lebih panjang tapi tetap padat dan tepat. Jika tempat jawaban yang disediakan tidak mencukupi, Anda boleh menggunakan halaman di belakangnya.
3. Nyatakan semua jawaban Anda dalam satuan **SI**.
4. Waktu tes 2 jam (120 menit) adalah waktu total yang disediakan sehingga selama waktu itu Anda boleh menyelesaikan soal-soal manapun terlebih dahulu sesuka Anda.
5. Gunakan hanya **pena** atau **pulpen**, bukan **pensil**. Pensil hanya boleh digunakan untuk membuat gambar atau sketsa. Hanya **kalkulator** saintifik yang boleh digunakan dalam kompetisi ini, bukan kalkulator yang menyatu dengan *smart/mobile phone*.
6. Di akhir tes, kumpulkan berkas soal ini secara utuh. Jangan lupa mencantumkan identitas Anda dengan menuliskan nomor peserta di setiap halaman.

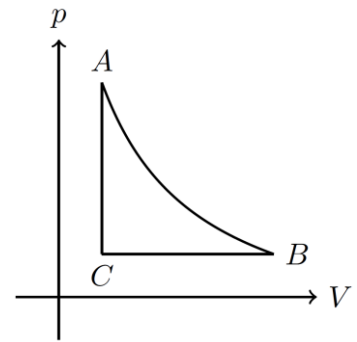
Konstanta Fundamental

Speed of light in free space	$c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planck's constant	$\hbar = 6.58211889(26) \times 10^{-16} \text{ eV s}$ $\hbar = 1.054571596(82) \times 10^{-34} \text{ J s}$
Electron charge	$e = 1.602176462(63) \times 10^{-19} \text{ C}$
Electron mass	$m_0 = 9.10938188(72) \times 10^{-31} \text{ kg}$
Neutron mass	$m_n = 1.67492716(13) \times 10^{-27} \text{ kg}$
Proton mass	$m_p = 1.67262158(13) \times 10^{-27} \text{ kg}$
Boltzmann constant	$k_B = 1.3806503(24) \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ $k_B = 8.617342(15) \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$
Permittivity of free space	$\epsilon_0 = 8.8541878 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
Permeability of free space	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
Speed of light in free space	$c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$
Avagadro's number	$N_A = 6.02214199(79) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Bohr radius	$a_B = 0.52917721(19) \times 10^{-10} \text{ m}$

Hasil Koreksi :

No. Soal →	1	2	3	4	Total (Σ)	Nilai Akhir (Rata-rata)
Nilai Korektor 1						
Nilai Korektor 2						

1. [20 poin] Gambar di sebelah merupakan diagram pV untuk proses siklus tertutup ABCA yang dialami oleh satu mol gas ideal diatomik. Molekul gas diatomik tersebut dimodelkan sebagai dua titik massa yang menempel pada kedua ujung tongkat tanpa massa. Kurva AB adalah untuk proses isotermis dengan $T_A = 500$ K, sementara kurva BC adalah untuk proses isobaris, dan kurva CA untuk proses isokoris.



Diketahui volume gas di titik A adalah $V_A = 1$ L dan di titik B adalah $V_B = 4$ L. Besar konstanta gas ideal adalah $R = 8,31$ J/(mol K). Tentukan:

- [5 poin] tekanan di titik B, p_B ,
- [6 poin] usaha total yang telah dilakukan dalam satu siklus penuh ABCA,
- [9 poin] perubahan entropi $S_C - S_B$.

Jawab :

NOMOR TES:

2. [20 poin] Satu mol zat cair (fluida) mematuhi persamaan keadaan van der Waals

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

dengan R , a dan b adalah konstanta-konstanta positif, dengan $V > b$.

(a) [8 poin] Tunjukkan bahwa kalor jenis fluida di atas pada volume konstan (C_V) hanya bergantung pada suhu T .

(b) [7 poin] Tentukan entropi $S(T, V)$ dari fluida van der Waals di atas untuk kondisi C_V tidak bergantung pada suhu T .

(c) [5 poin] Katakan fluida di atas sekarang mematuhi persamaan keadaan Dieterici

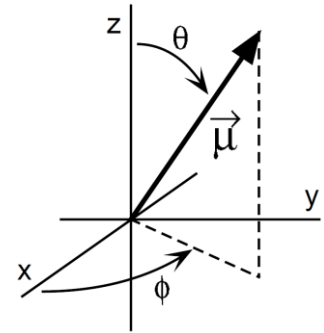
$$p = \frac{RT}{V-b} \exp\left(-\frac{1}{VRT}\right)$$

dengan R dan b adalah konstanta-konstanta positif, dengan $V > b$. Tunjukkan apakah kalor jenis fluida di atas pada volume konstan (C_V) juga hanya bergantung pada suhu T .

Jawab:

NOMOR TES:

3. [27 poin] Diberikan sampel material paramagnet sebagai sistem fisis yang terdiri dari N momen dipol magnetik klasik yang tidak saling berinteraksi satu sama lain. Katakan besar tiap momen dipol magnetik $\vec{\mu}$ adalah tetap yaitu sama dengan μ_0 , dengan orientasi (arah) momen dalam ruang ditentukan oleh dua nilai sudut $0 \leq \theta < \pi$ dan $0 \leq \phi < 2\pi$ (lihat gambar). Bila sampel tersebut ditempatkan dalam



medan magnetik homogen $\vec{H} = H\hat{z}$ pada arah z , maka energi tiap momen dipol magnetik adalah $\varepsilon = -\vec{\mu} \cdot \vec{H} = -\mu_0 H \cos \theta$. Selanjutnya dengan menggunakan *ensembel kanonik*, besar kebolehjadian (probabilitas) momen dipol mempunyai orientasi (θ, ϕ) adalah

$$p(\theta, \phi) = \frac{1}{Z_1} \exp\left(\frac{\mu_0 H}{k_B T} \cos \theta\right), \text{ dengan } \int p(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi = 1$$

dan Z_1 adalah fungsi partisi untuk momen magnetik tunggal yang merupakan fungsi dari variabel tak berdimensi $\xi = \mu_0 H / k_B T$, yaitu

$$Z_1(\xi) = \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^\pi e^{\xi \cos \theta} \sin \theta d\theta = \frac{4\pi}{\xi} \sinh \xi$$

- (a) [7 poin] Hitung momen magnetik total sampel, yaitu $M = N \langle \mu_z \rangle$, cukup dinyatakan dalam derivatif fungsi partisi momen magnetik tunggal Z_1 .
- (b) [5 poin] Turunkan bentuk rumusan eksplisit M dinyatakan dalam μ_0 , N , dan ξ .
- (c) [8 poin] Turunkan persamaan eksplisit yang memperlihatkan ketergantungan M pada suhu T untuk dua kondisi khusus yaitu pada suhu tinggi dan suhu rendah. Selanjutnya gunakan hasil tersebut untuk membuat skets grafik hubungan antara M dengan T untuk nilai H tetap/konstan.
- (d) [7 poin] Diketahui untuk sampel paramagnet di atas, pertautan antara termodinamika dan mekanika statistik dimanifestasikan dalam bentuk persamaan energi bebas Gibbs: $G(T, H) = -k_B T \ln Z$. Turunkan persamaan untuk entropi sistem di atas dinyatakan dalam fungsi partisi momen magnetik tunggal $Z_1(\xi)$ dan derivatif-derivatifnya.

Catatan : anda tidak diminta untuk sampai pada menghitung derivatif fungsi partisi momen magnetik tunggal $Z_1(\xi)$.

Jawab:

4. [33 poin] Tinjau fungsi distribusi Boltzmann dalam lingkungan bersuhu T untuk 2(dua) partikel yang tak saling berinteraksi, dengan tiap partikel dapat menempati 10(sepuluh) *state* berbeda dengan energi masing-masing adalah $E_1 = n \times \Delta$, dengan $n = 0, 1, 2, \dots, 9$.
- (a) [6 poin] Turunkan fungsi partisi partikel dengan menggunakan statistik Maxwell-Boltzmann (Z_{MB}).
- (b) [8 poin] Turunkan fungsi partisi eksak bila kedua partikel mematuhi statistik Fermi-Dirac (Z_{FD}).
- (c) [8 poin] Turunkan fungsi partisi eksak bila kedua partikel mematuhi statistik Bose-Einstein (Z_{BE}).
- (d) [5 poin] Hitung nilai $Z_{FD} + Z_{BE}$.
- (e) [6 poin] Tentukan bentuk eksplisit ketiga fungsi partisi di atas pada kondisi khusus $k_B T \gg \Delta$ dan $k_B T \ll \Delta$.

Jawab:

NOMOR TES:
