First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019 / January 2020

EMH 332 – Applied Thermodynamics
[Termodinamik Gunaan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **EIGHT [8]** printed pages including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN [8]** mukasurat bercetak beserta lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FIVE [5]** questions.
*[**ARAHAN** : Jawab **SEMUA LIMA [5]** soalan.]*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

Note: Psychrometric Chart and Properties Tables are given in the Appendix.
Carta Psikrometrik dan Jadual-jadual sifat diberikan dalam lampiran.

1. [a] **For a steady flow taking place in an adiabatic mixing section, show that the temperature of mixing for any other ideal gases is given as:**

Bagi aliran mantap yang berlaku di dalam bahagian campuran adiabatik, tunjukkan bahawa suhu campuran bagi semua gas unggul diberikan sebagai:

$$T = \frac{\sum m_i c_{pi} T_i}{\sum m_i c_{pi}}$$

(30 marks/*markah***)**

[b] **A rigid vessel contains a gas mixture at 1 atm and 27°C contains 2 kmol CO_2 and 3 kmol of air. The volumetric analysis of air can be taken as 79% N_2 and 21% O_2. The molar masses of carbon, oxygen and nitrogen are 12 kg/kmol, 32 kg/kmol and 28 kg/kmol. The universal gas constant, R = 8.3145 kJ/kmol.K; and 1 atm = 101.325 kPa.**

Sebuah kebuk tegar mengandungi campuran gas pada 1 atm dan 27°C, mengandungi sebanyak 2 kmol CO_2 dan 3 kmol udara. Analisis volumetri untuk udara boleh di ambil sebagai 79% N_2 dan 21% 0_2. Jisim molar bagi karbon ialah 12 kg/kmol, oksigen 32 kg/kmol dan nitrogen 28 kg/kmol. Pemalar gas unggul, R= 8.3145 kJ/ kmol.K dan 1 atm = 101.325 kPa.

Calculate:
Kirakan:

(i) **The masses of O_2, N_2, CO_2, and the total mass.**
Jisim bagi O_2, N_2, CO_2, dan jumlah jisim.

(20 marks/*markah***)**

(ii) **The percentage of carbon content by mass.**
Peratus kandungan karbon secara jisim.

(10 marks/*markah***)**

(iii) **The mixture molar mass and specific gas constant.**
Jisim molar campuran dan pemalar spesifik gas.

(20 marks/*markah***)**

(iv) **The specific volume of the mixture.**
Isipadu spesifik bagi campuran.

(20 marks/*markah***)**

2. [a] **With the aid of T-S diagram, explain the appearance of water droplets on the surface of cold glass filled by ice cubes.**

Dengan bantuan gambarajah T-S, terangkan kewujudan titisan air yang terjadi pada permukaan gelas sejuk yang diisi dengan kiub ais.

(20 marks/*markah***)**

[b] **Cooling coil is tested at ambient temperature of 25°C and 80% relative humidity. Use the attached psychrometric chart to calculate:**

Gegelung penyejukan diuji pada suhu persekitaran 25°C dan 80% kelembapan relatif. Dengan menggunakan carta psikrometrik yang disertakan, kirakan:

(i) **The coil temperature in which the water vapor will start to condense on the coil surface.**
Suhu gegelung wap air apabila wap air berkenaan mula memeluwap pada permukaan gegelung.

(20marks/*markah***)**

(ii) **Specific heat absorbed by the cooling coil.**
Haba tentu yang diserap oleh gegelung penyejukan.

(20 marks/*markah***)**

[c] **Two air streams are mixed steadily and adiabatically. The first stream at 15°C and 70% relative humidity enters at a rate of 200 m^3/min, while the second stream at 25°C and 80% relative humidity enters at a rate of 50 m^3/min. Assuming that the mixing process occurs at a pressure of 1 atm.**

Dua arus udara bercampur secara mantap dan adiabatik. Arus pertama pada 15°C dan kelembapan relatif 70% masuk pada kadar 200 m^3/min, sementara arus kedua pada 25°C dan kelembapan relatif 80% masuk pada kadar 50 m^3/min. Dengan mengandaikan bahawa proses campuran berlaku pada tekanan 1 atm.

Calculate:
Kirakan:

(i) **The specific humidity of the mixture.**
Kelembapan spesifik untuk campuran. **(10 marks**/*markah***)**

(ii) **The relative humidity of the mixture.**
Kelembapan relatif untuk campuran. **(10 marks**/*markah***)**

(iii) **The dry bulb temperature of the mixture.**
Suhu bebuli kering campuran. **(10 marks**/*markah***)**

(iv) **The volume flow rate of the mixture.**
Kadar aliran isipadu campuran. **(10 marks**/*markah***)**

3. [a] **Calculate the temperature at which 50% of hydrogen gas (H_2) dissociates into hydrogen (H) at the pressure of 1.91 bar.**

Kirakan suhu bagi 50% gas hidrogen (H_2) terurai kepada hidrogen pada tekanan 1.91 bar.

(30 marks/*markah***)**

[b] **An unknown hydrocarbon is burnt at atmospheric pressure with dry air. The volumetric analysis of the products on dry basis is 11% CO_2, 1% CO, 3% O_2 and 85% N_2.**

Suatu hidrokarbon yang tidak diketahui dibakar pada tekanan atmosfera dengan udara kering. Analisis volumetri bagi produk berasaskan kekeringan ialah 11% CO_2, 1% CO, 3% O_2 dan 85% N_2.

Calculate:
Kirakan:

(i) Theoretical air-fuel ratio.
Nisbah teori udara-bahan api.

(20 marks/*markah***)**

(ii) Actual air-fuel ratio.
Nisbah sebenar udara-bahan api.

(20 marks/*markah***)**

(iii) Dew-point temperature of gas products.
Suhu titik embun produk-produk gas.

(20 marks/*markah***)**

(iv) Amount of greenhouse emissions in kg/kg fuel.
Amaun emisi rumah-hijau dalam kg/kg bahan api.

(10 marks/*markah***)**

4. [a] **Explain the effects of compression ratio, engine speed, cylinder size, and stroke/bore ratio on the engine friction.**

Terangkan kesan-kesan nisbah mampatan, halaju enjin, saiz silinder dan nisbah lejang/jara ke atas geseran enjin.

(30 marks/*markah***)**

[b] **Some generalized full load design data for naturally aspirated four-stroke direct injection (DI) diesel engines is given in Table 4 b:**

Data reka bentuk untuk sebuah enjin diesel empat lejang suntikan terus sedutan tabii ketika beban puncak diberikan dalam Jadual 4 b:

Table 4 b
Jadual 4 b

No.	1	2	3	4	5
Brake specific fuel consumption (kg/MJ) *Penggunaan bahan api spesifik brek (kg/MJ)*	**0.068**	**0.063**	**0.061**	**0.064**	**0.076**
Brake mean effective pressure (bar) *Tekanan berkesan min brek (bar)*	**7.24**	**8.00**	**8.08**	**7.70**	**6.93**
Volumetric efficiency (%) *Kecekapan isipadu (%)*	**89.8**	**88.3**	**82.1**	**77.7**	**76.2**
Air-fuel ratio *Nisbah udara-bahan api*					
Brake specific air consumption (kg/MJ) *Penggunaan udara spesifik brek (kg/MJ)*					

Complete the table by calculating.
Lengkapkan jadual dengan mengira.

(i) **The air-fuel ratio.**
nisbah udara-bahan api.

(45 marks/*markah*)

(ii) **The brake specific air consumption.**
penggunaan udara spesifik brek.

(15 marks/*markah*)

The ambient pressure is 1.05 bar and the ambient temperature is 17°C.

Tekanan persekitaran ialah 1.05 bar dan suhu persekitaran ialah 17°C.

(iii) **Explain the trend of air-fuel ratio and brake specific air consumption for the design data from no. 1 to no. 5.**

Terangkan pola untuk nisbah udara-bahan api dan penggunaan udara spesifik brek pada data reka bentuk uji dari nombor 1 ke nombor 5.

(10 marks/*markah*)

5. [a] **Draw a p-V diagram for a four-stage compression process and label salient points in the diagram. List THREE (3) advantages of multi-stage compression.**

Lukis gambarajah p-V untuk proses mampatan empat-peringkat dan label titik-titik penting pada gambarajah p-V. Senaraikan TIGA (3) kelebihan proses pemampatan berbilang-peringkat.

(30 marks/*markah*)

[b] **A four-stage compressor operates between limits of 1 bar and 112 bar. The index of compression in each stage is 1.28. The temperature at the start of compression in each stage is 32°C and the intermediate pressures are chosen so that the work is divided equally among the stages. Neglecting clearance volume.**

Sebuah pemampat empat-peringkat beroperasi pada had-had tekanan 1 bar dan 112 bar. Indeks mampatan untuk setiap peringkat ialah 1.28. Suhu pada permulaan proses mampatan untuk setiap peringkat ialah 32°C dan tekanan perantaraan dipilih supaya kerja mampatan yang diperlukan diagihkan secara sama untuk semua peringkat. Dengan mengabaikan isipadu kelegaan.

Calculate:
Kirakan:

(i) **The temperature at delivery from each stage.**
Suhu penghantaran untuk setiap peringkat.

(15 marks/*markah*)

(ii) **The volume of free air delivered per kWh at 1.013 bar and 15°C.**
Isipadu udara bebas yang dihantar untuk setiap kWh pada 1.013 bar dan 15°C.

(35 marks/*markah*)

(iii) **The isothermal efficiency.**
Kecekapan isoterma.

(20 marks/*markah*)

-oooOooo-

Appendix 1

Lampiran 1

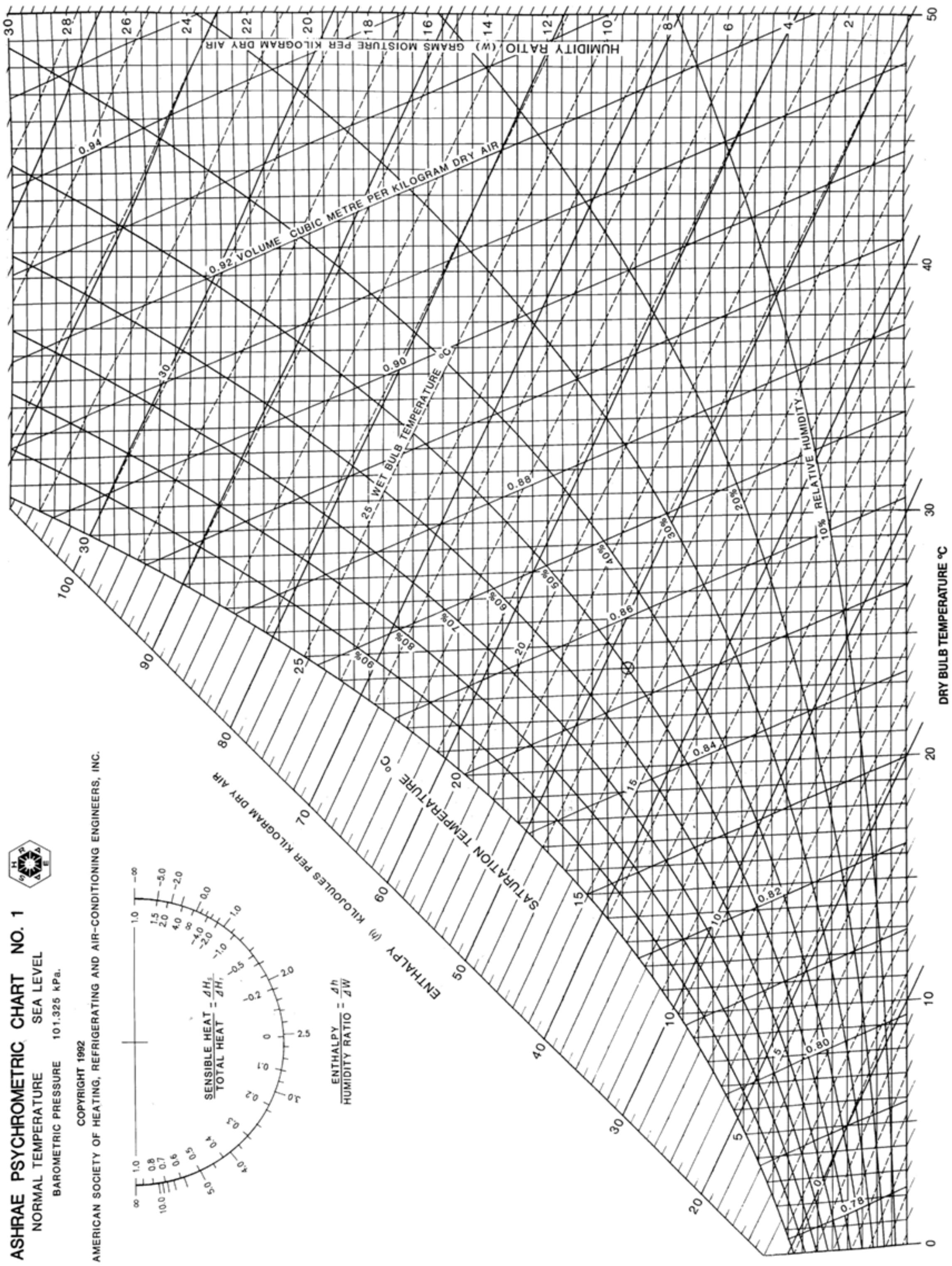

Fig. 1 ASHRAE Psychrometric Chart No. 1

Appendix 2

Lampiran 2

Natural logarithms of the equilibrium constant K_p

The equilibrium constant K_p for the reaction $\nu_A A + \nu_B B \rightleftharpoons \nu_C C + \nu_D D$ is defined as $K_p \equiv \frac{P_C^{\nu_C} P_D^{\nu_D}}{P_A^{\nu_A} P_B^{\nu_B}}$

Temp., K	$H_2 \rightleftharpoons 2H$	$O_2 \rightleftharpoons 2O$	$N_2 \rightleftharpoons 2N$	$H_2O \rightleftharpoons H_2 + \frac{1}{2}O_2$	$H_2O \rightleftharpoons \frac{1}{2}H_2 + OH$	$CO_2 \rightleftharpoons CO + \frac{1}{2}O_2$	$\frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons NO$
298	−164.005	−186.975	−367.480	−92.208	−106.208	−103.762	−35.052
500	−92.827	−105.630	−213.372	−52.691	−60.281	−57.616	−20.295
1000	−39.803	−45.150	−99.127	−23.163	−26.034	−23.529	−9.388
1200	−30.874	−35.005	−80.011	−18.182	−20.283	−17.871	−7.569
1400	−24.463	−27.742	−66.329	−14.609	−16.099	−13.842	−6.270
1600	−19.637	−22.285	−56.055	−11.921	−13.066	−10.830	−5.294
1800	−15.866	−18.030	−48.051	−9.826	−10.657	−8.497	−4.536
2000	−12.840	−14.622	−41.645	−8.145	−8.728	−6.635	−3.931
2200	−10.353	−11.827	−36.391	−6.768	−7.148	−5.120	−3.433
2400	−8.276	−9.497	−32.011	−5.619	−5.832	−3.860	−3.019
2600	−6.517	−7.521	−28.304	−4.648	−4.719	−2.801	−2.671
2800	−5.002	−5.826	−25.117	−3.812	−3.763	−1.894	−2.372
3000	−3.685	−4.357	−22.359	−3.086	−2.937	−1.111	−2.114
3200	−2.534	−3.072	−19.937	−2.451	−2.212	−0.429	−1.888
3400	−1.516	−1.935	−17.800	−1.891	−1.576	0.169	−1.690
3600	−0.609	−0.926	−15.898	−1.392	−1.088	0.701	−1.513
3800	0.202	−0.019	−14.199	−0.945	−0.501	1.176	−1.356
4000	0.934	0.796	−12.660	−0.542	−0.044	1.599	−1.216
4500	2.486	2.513	−9.414	0.312	0.920	2.490	−0.921
5000	3.725	3.895	−6.807	0.996	1.689	3.197	−0.686
5500	4.743	5.023	−4.666	1.560	2.318	3.771	−0.497
6000	5.590	5.963	−2.865	2.032	2.843	4.245	−0.341

Saturation Steam Table

Temp., T °C	Sat. press., P_{sat} kPa
35	5.6291
40	7.3851
45	9.5953
50	12.352
55	15.763
60	19.947