
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2012/2013 Academic Session

January 2013

EKC 214 – Energy Balance
[Imbangan Tenaga]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of SIX pages of printed material and TWO page of Appendix before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM muka surat yang bercetak dan DUA muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instruction: Answer **ALL** (4) questions.

Arahan: Jawab **SEMUA** (4) 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.]

Answer ALL questions.

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] For which of the following system(s) can mass and energy cross the system boundary?

Bagi sistem berikut yang manakah membolehkan jisim dan tenaga menyalang sempadan sistem?

[i] Open system, steady state.

Sistem terbuka, keadaan mantap.

[ii] Open system, unsteady state.

Sistem terbuka, keadaan tak mantap.

[iii] Closed system, steady state.

Sistem tertutup, keadaan mantap.

[iv] Closed system, unsteady state.

Sistem tertutup, keadaan tak mantap.

[4 marks/markah]

- [b] A boiler feedwater pump takes suction from a deaerator that operates at 15 psig. To satisfy pump design requirement, the pressure at the suction of the pump must be 24 psig. It is known that the friction loss in the line is $\hat{F} = 4$ (ft)(lb_f)/lb_m. The water velocity is 8 ft/s. What is the height of the saturated water surface above the pump suction, in order to satisfy the 24 psig suction requirement?

Pam masukan air dandang membuat sedutan dari penyahudara yang beroperasi pada 15 psig. Untuk memenuhi keperluan rekabentuk pam, tekanan sedutan pada pam mestilah 24 psig. Diketahui kehilangan geseran di dalamnya ialah $\hat{F} = 4$ (kaki)(lb_f)/lb_m. Halaju air adalah 8 kaki/s. Apakah tinggi permukaan air di atas sedutan pam untuk memenuhi keperluan 24 psig sedutan?

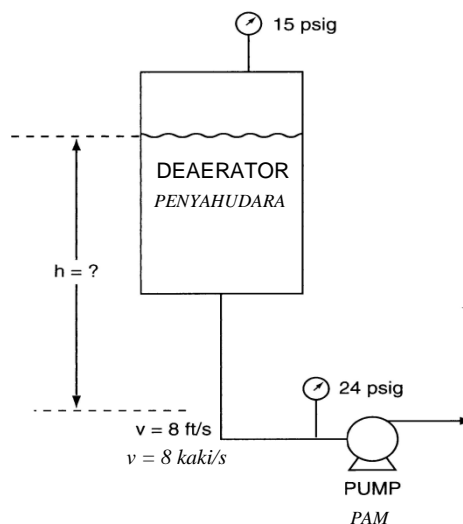


Figure Q.1.[b].

Rajah S.1.[b].

[9 marks/markah]

...3/-

- [c] A local small power plant company generates electricity by expanding waste process steam in a turbine. The inlet steam flows through a 10 cm diameter pipe to the turbine at the rate of 2.5 kg/s at 600 °C and 1000 kPa. The exit steam discharges through a 25 cm diameter pipe at 400 °C and 100 kPa. What is the expected power obtained from the turbine in kJ/s if it operates essentially adiabatically?

Syarikat loji berkuasa kecil tempatan menjana elektrik dengan mengembangkan stim proses sisa di dalam turbin. Masukan aliran stim menerusi paip berdiameter 10 sm kepada turbin pada kadar 2.5 kg/s pada 600 °C dan 100 kPa. Stim yang keluar dibuang menerusi paip berdiameter 25 sm pada 400 °C dan 100 kPa. Apakah kuasa yang dijangka diperolehi daripada turbin dalam kJ/s jika ianya perlu beroperasi secara adiabatik?

[12 marks/markah]

2. [a] How is Psychrometric chart used to determine the humidity of an air stream using two thermometers? Explain why air at two different dry bulb temperatures (35 °C and 49 °C) should have nearly the same enthalpy?

Bagaimanakah carta psikrometer digunakan untuk menentukan kelembapan suatu aliran udara menggunakan dua termometer? Jelaskan mengapa udara pada dua suhu bebuli kering berbeza (35 °C dan 49 °C) mesti mempunyai entalpi yang hampir sama?

[4 marks/markah]

- [b] The inlet moist air to a two-stage adiabatic dryer used to dry moist wheat grains has a relative humidity of 30% and a wet bulb temperature of 24 °C. If the relative humidity of the air leaving each stage of the dryer is 80%, and the moist air is heated between the two stages, such that the air entering the second stage is at 30% and wet bulb temperature of 24 °C, determine:

Udara lembap yang masuk ke pengering adiabatik dua peringkat yang digunakan untuk mengeringkan bijirin gandum mempunyai kelembapan relatif 30% dan suhu bebuli basah 24 °C. Jika kelembapan relatif udara yang meninggalkan setiap peringkat pengering adalah 80%, dan udara lembap dipanaskan diantara dua peringkat, supaya udara masuk di peringkat kedua adalah 30% dan suhu bebuli adalah basah 24 °C, tentukan:

- [i] The absolute humidity of the air leaving the second stage.
Kelembapan mutlak udara yang meninggalkan peringkat kedua.
- [ii] The temperature of the air leaving the second stage.
Suhu udara yang meninggalkan peringkat kedua.
- [iii] The total amount of water removed from the wheat grains per one kg of dry air.
Jumlah air yang dikeluarkan daripada bijirin gandum per 1 kg udara kering.

Please submit the Psychrometric chart with your answer.

Sila hantar carta psikrometer bersama jawapan anda.

[12 marks/markah]

...4/-

- [c] An insulated closed tank contains 250 kg of a 20% solution of sulphuric acid (H_2SO_4) at 100 °F. A 100 lb of a 95% solution of sulphuric acid at 77 °F is carefully added to the original solution with stirring. Use the enthalpy-concentration chart to find the final temperature of the solution in the tank.

Tangki bertutup tertutup mengandungi 250 kg larutan 20% asid sulfurik (H_2SO_4) pada 100 °F. Sebanyak 100 lb larutan 95% asid sulfurik pada 77 °F ditambah secara berhati-hati kepada larutan asal dengan adukan. Gunakan carta kepekatan-entalpi untuk mencari suhu akhir larutan di dalam tangki.

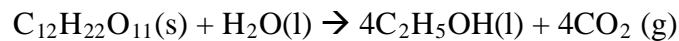
Please submit the enthalpy-concentration chart with your answer.

Sila hantar carta kepekatan-entalpi bersama jawapan anda.

[9 marks/markah]

3. [a] Ethyl alcohol is produced by fermenting maltose (a sugar) in a continuous fermentation equation as shown below.

Etil alkohol dihasilkan dengan penapaian maltosa (gula) di dalam proses penapaian berterusan seperti yang ditunjukkan oleh persamaan di bawah.



Maltose at 40 °C and 50% excess water at 25 °C are fed to the process. The maltose reacts completely. The process effluents are liquid ethanol and liquid water at 40 °C and carbon dioxide at 100 °C. The standard heat of combustion of maltose to form CO_2 (g) and H_2O (l) is -5649.1 kJ/mol. Given that the heat capacity of maltose is $0.488 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, calculate the required net heat transfer to or from the process as kJ/100 mol maltose fed.

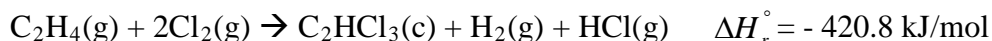
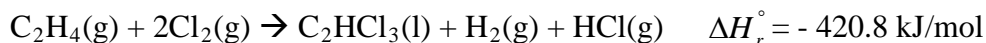
Maltosa pada 40 °C dan 50% air berlebihan pada 25 °C disuapkan kepada proses tersebut. Maltosa bertindak balas sepenuhnya. Efluen daripada proses adalah etanol cecair dan air pada 40 °C dan karbon dioksida pada 100 °C. Haba pembakaran piawai maltosa untuk membentuk CO_2 (g) dan H_2O (c) adalah -5649.1 kJ / mol. Diberi bahawa kapasiti haba maltosa adalah $0.488 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, kirakan pemindahan haba bersih yang perlu dipindahkan kepada atau daripada proses sebagai kJ/100 mol maltosa yang suapkan.

[10 marks/markah]

- [b] Ethylene is chlorinated to form trichloroethylene in a batch (closed) reactor at constant volume. Both the reactants is filled into the reactor at stoichiometric ratio and reacted completely with both reactants and products at 25 °C and 1 atm.

Etilena diklorinkan untuk membentuk trikloroetilena dalam reaktor kelompok (tertutup) pada isipadu malar. Kedua-dua bahan tindak balas diisi ke dalam reaktor pada nisbah stoikiometri dan bertindak balas lengkap dengan kedua-dua bahan tindak balas dan produk adalah pada suhu 25 °C dan 1 atm.

...5/-



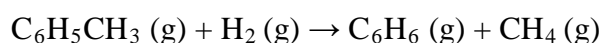
What is the internal energy change for the process?

Apakah perubahan tenaga dalaman bagi proses tersebut?

[15 marks/markah]

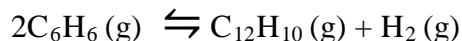
4. Benzene (C_6H_6) is to be produced from toluene ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) according to the reaction below.

Benzena (C_6H_6) dapat dihasilkan daripada toluena ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$) mengikut tindak balas di bawah



The reaction is carried out in the gas phase and normally operates at around 700 °C and 40 bar. Some of the benzene formed undergoes a secondary reversible reaction to an unwanted byproduct, diphenyl ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}$), according to the reaction below.

Tindak balas ini dijalankan dalam fasa gas dan biasanya beroperasi sekitar 700 °C dan 40 bar. Beberapa benzena yang terbentuk mengalami reaksi sekunder berbalik kepada hasil sampingan yang tidak diinginkan, difenil ($\text{C}_{12}\text{H}_{10}$), mengikut tindak balas bawah.



Laboratory studies indicate that a hydrogen–toluene ratio of 5 at the reactor inlet is required to prevent excessive coke formation in the reactor. Even with a large excess of hydrogen, the toluene cannot be forced to complete conversion. The selectivity (i.e., fraction of toluene reacted that is converted to benzene) is determined to be 0.6. The production rate of benzene required is 265 kmol h⁻¹.

Kajian makmal menunjukkan bahawa nisbah hidrogen kepada toluena adalah 5 pada salur masuk reaktor diperlukan untuk mencegah pembentukan kok berlebihan dalam reaktor. Walaupun dengan hidrogen berlebihan, toluena tidak boleh dapat mencapai penukaran yang lengkap. Kepemilihan (pecahan toluena yang bertindak balas ditukarkan kepada benzena) ditentukan pada 0.6. Kadar pengeluaran benzena yang diperlukan adalah 265 kmol j⁻¹.

- [a] Sketch a diagram of the process and label the diagram accordingly.

Lakarkan gambarajah proses dan labelkan rajah sewajarnya.

[4 marks/markah]

- [b] For a conversion of toluene at 35% calculate the amount of heating or cooling duty required to maintain the reactor temperature at 700 °C.

Bagi penukaran toluena pada 35%, kirakan jumlah duti pemanasan atau penyejukan yang diperlukan untuk mengekalkan suhu reaktor pada suhu 700°C.

[12 marks/markah]

...6/-

- [c] Calculate the amount of cooling water or condensing steam required to maintain the reactor temperature if the cooling water (inlet temperature 25°C and outlet temperature 60°C) and saturated steam (750 °C at 20 bar) are available.

Kirakan jumlah air penyejukan atau wap pemeluwapan yang diperlukan untuk mengekalkan suhu reaktor jika air penyejukan (suhu salur masuk 25 ° C dan suhu keluar 60 ° C) dan wap tepu (750 ° C pada 20 bar) boleh didapati

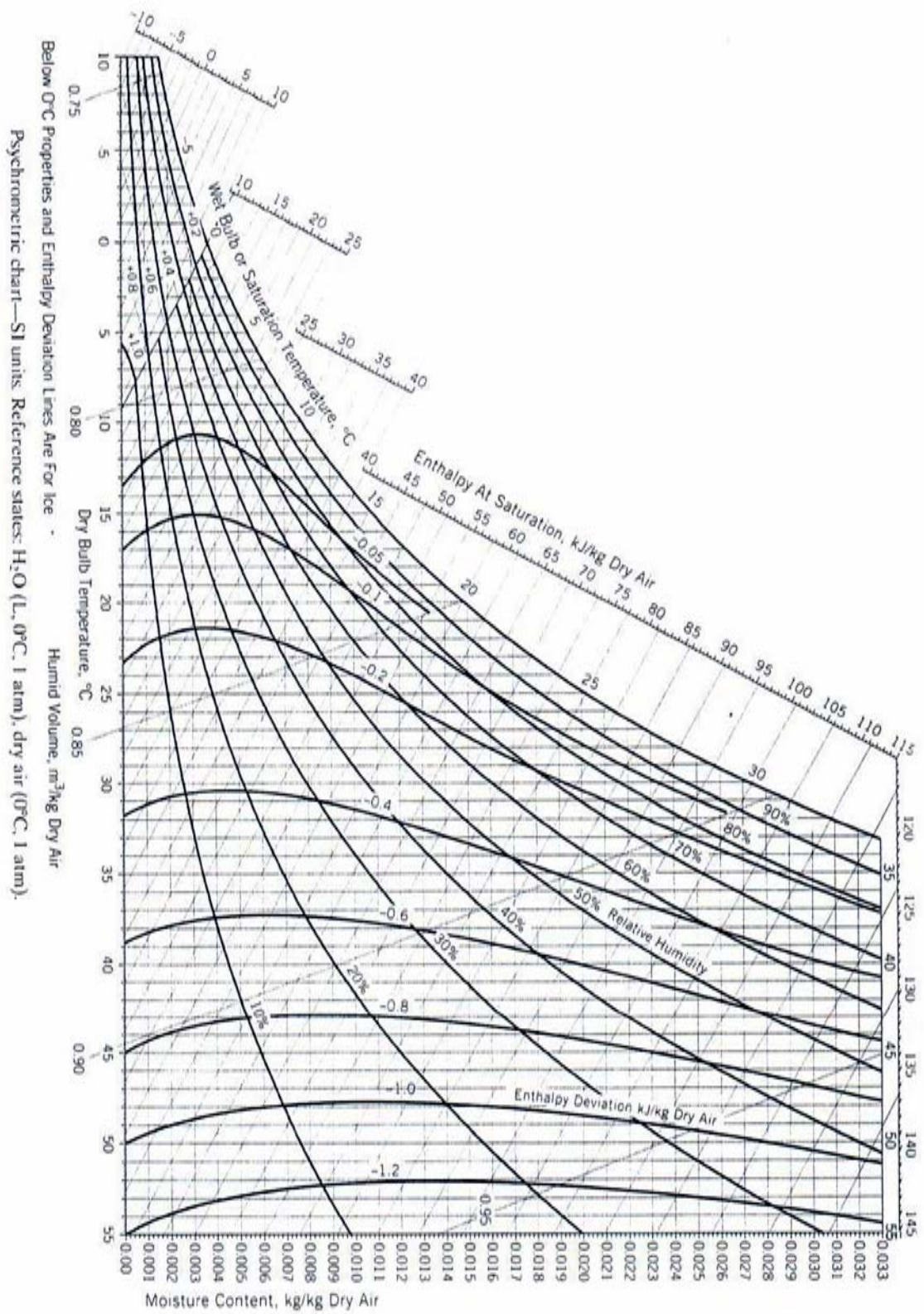
[6 marks/markah]

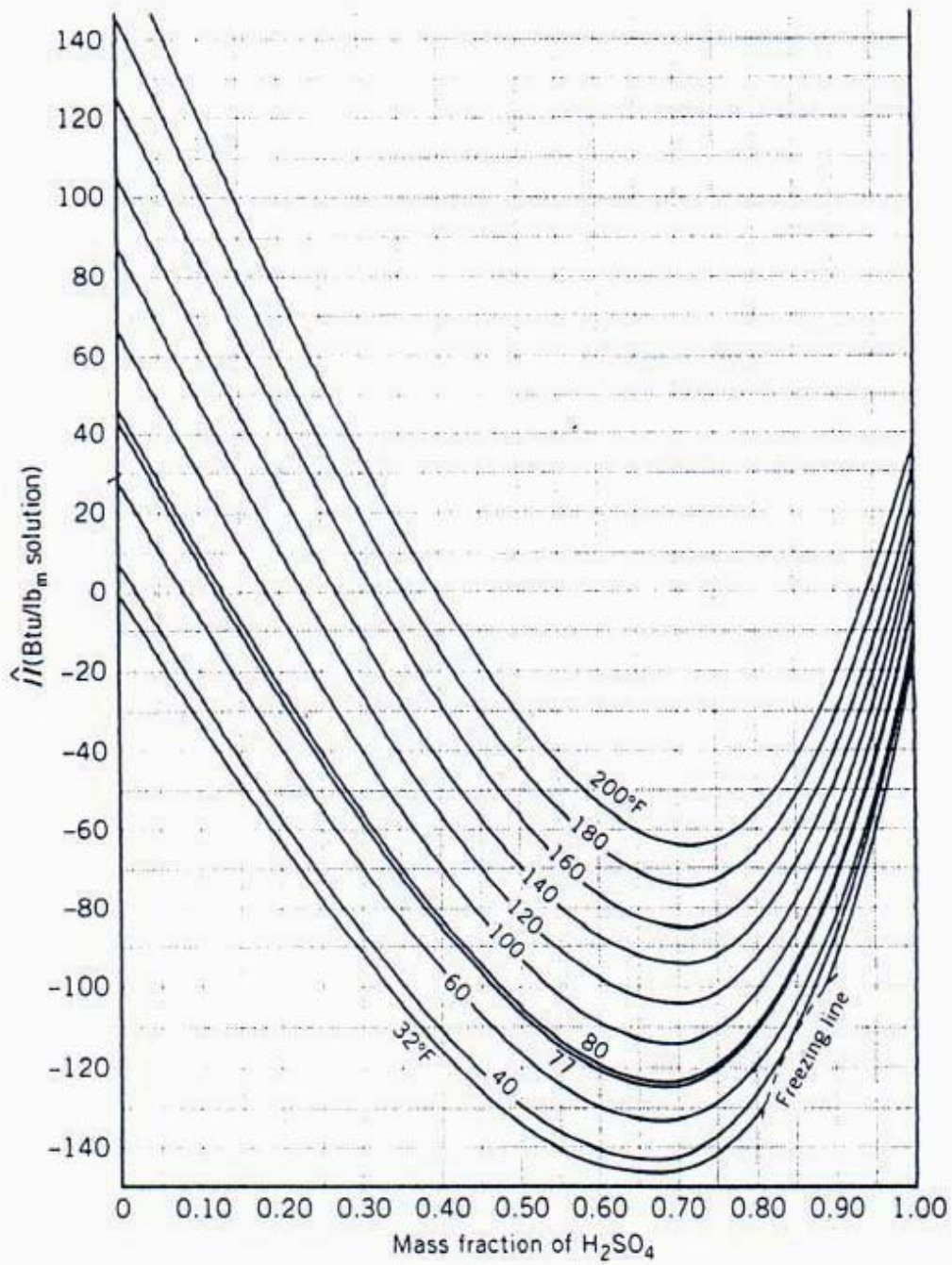
- [d] In your opinion, is it advisable to increase the benzene conversion up to 90%? Give a reason why.

Pada pendapat anda, adakah dinasihatkan untuk meningkatkan penukaran benzena sehingga 90%? Beri satu sebab mengapa.

[3 marks/markah]

Appendix





Enthalpy-concentration chart for H₂SO₄-H₂O.