

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2014/2015 Academic Session

December 2014 / January 2015

**EKC 214 – Energy Balance**  
***[Imbangan Tenaga]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

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

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH 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.

1. [a] Define a closed system? In what forms may energy be transferred to and from a closed system?  
[4 marks]
- [b] A turbine driven by water flowing from a reservoir 80 m higher than the turbine and delivers 200 kW. The reservoir is open to atmosphere and the exit velocity of the water is 5 m/s at a pressure of 150 kPa from the turbine. Assume that the friction losses in the system is negligible.
- [i] Draw and label a block diagram for the process.  
[2 marks]
- [ii] Describe the various types of energy in the system.  
[3 marks]
- [iii] Apply the mechanical energy balance equation to determine the flow rate of the water in kg/s.  
[6 marks]
- [c] A mixture of saturated steam and saturated water is contained in a rigid tank of volume  $0.1 \text{ m}^3$  at a pressure of 2 bar. The liquid occupies 10% of the total volume. Using the steam table, calculate:
- [i] the heat that must be added in order for the tank to contain only saturated steam?  
[5 marks]
- [ii] the pressure in the tank?  
[5 marks]
2. [a] It is desired in one process to dilute 93% aqueous sulphuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) at 303 K with 15% acid at 273 K. The final desired concentration of the acid is 77%. Use the enthalpy-concentration (H-x) diagram for  $\text{H}_2\text{SO}_4$  to calculate:
- [i] the resultant temperature of the 77% solution if no heat is lost to the surrounding during the mixing process.  
[5 marks]
- [ii] the heat to be removed per kg of 77% acid to cool it from the temperature calculated in part [i] to 298 K.  
[5 marks]
- [b] Wet solids pass through a continuous dryer. Hot dry air enters the dryer at a rate of 400 kg/min and picks up the water that evaporates from the solids. Humid air leaves the dryer at  $50^\circ\text{C}$  containing 2.44 wt% water vapor and passes through a condenser in which it is cooled to  $10^\circ\text{C}$ . The pressure is constant at 1 atm throughout the system.
- [i] Draw and label a block diagram for the process.  
[2 marks]

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Takrifkan sebuah sistem tertutup? Dalam bentuk-bentuk apakah tenaga yang boleh dipindahkan kepada dan daripada sebuah sistem tertutup?  
[4 markah]
- [b] Sebuah turbin dipacu oleh aliran air dari sebuah takungan 80 m lebih tinggi dari turbin tersebut dan menghasilkan 200 kW. Takungan tersebut terbuka kepada atmosfera dan halaju air keluar dari turbin adalah 5 m/s pada tekanan 150 kPa. Anggap kehilangan geseran di dalam sistem boleh diabaikan.
- [i] Lukis dan labelkan sebuah gambarajah blok bagi proses tersebut.  
[2 markah]
- [ii] Terangkan pelbagai jenis tenaga di dalam sistem tersebut.  
[3 markah]
- [iii] Gunakan persamaan imbalan tenaga mekanikal untuk menentukan kadar aliran air di dalam kg/s.  
[6 markah]
- [c] Suatu campuran stim tepu dan air tepu disimpan di dalam sebuah tangki tegar berisipadu 0.1 m<sup>3</sup> pada tekanan 2 bar. Cecair memenuhi 10% dari isipadu keseluruhan. Menggunakan jadual stim, kirakan:
- [i] haba yang perlu ditambah supaya tangki tersebut hanya mengandungi stim tepu?  
[5 markah]
- [ii] tekanan di dalam tangki?  
[5 markah]
2. [a] Dikehendaki di dalam suatu proses untuk mencairkan 93% asid sulfurik akues (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) pada 303 K dengan 15% asid pada 273 K. Kepekatan akhir asid yang dikehendaki adalah 77%. Gunakan gambarajah entalpi-kepekatan (H-x) bagi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk mengira:
- [i] suhu yang terhasil oleh larutan 77% tersebut sekiranya tiada haba yang hilang ke persekitaran ketika proses pencampuran.  
[5 markah]
- [ii] haba yang perlu disingkirkan setiap kg bagi asid 77% tersebut untuk menyejukkannya kepada 298 K dari suhu yang dikira pada bahagian [i].  
[5 markah]
- [b] Pepejal basah melalui pengering berterusan. Udara kering panas memasuki pengering pada kadar 400 kg/min dan membawa air yang disejatkan dari pepejal tersebut. Udara lembap yang meninggalkan pengering pada 50°C mengandungi 2.44 %berat wap air dan melalui pemeluwap di mana ianya disejukkan ke 10°C. Tekanan adalah malar pada 1 atm di dalam keseluruhan sistem.
- [i] Lukis dan labelkan gambarajah blok bagi proses tersebut.  
[2 markah]

- [ii] Identify if the process is closed or open system? [2 marks]
- [iii] Calculate the rate (kg/min) of evaporating water in the dryer? [3 marks]
- [iv] Use the psychrometric chart to estimate the wet-bulb temperature, relative humidity, dew point, and specific enthalpy of the air leaving the dryer. [2 marks]
- [v] Use the psychrometric chart to estimate the absolute humidity and specific enthalpy of the air leaving the condenser. [2 marks]
- [vi] Use the results of parts [iv] and [v] to calculate the rate of condensation of water (kg/min) and the rate at which heat must be transferred from the condenser (kW). (The molar heat capacity of liquid water = 75.4 J/mol.°C). [4 marks]

3. [a] Dehydrogenation of ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) to produce acetaldehyde (CH<sub>3</sub>CHO) is occurred at pressure of 1 atm and temperature of 300°C or higher:



The ethanol feed and the acetaldehyde product are stored at 25°C and 1atm, while hydrogen will be used elsewhere in the facility. The approximate heat capacity of acetaldehyde is at 54.7 J/mol.°C.

- [i] Calculate the  $\Delta\hat{H}_r^\circ$  (kJ/mol) at 300°C. [5 marks]
- [ii] It is suggested that the hot product stream leaving the reactor be used to heat up the cold ethanol feed, as shown in Figure Q.3.[a].[ii]. Explain the feasibility of this idea with appropriate reasons. [4 marks]

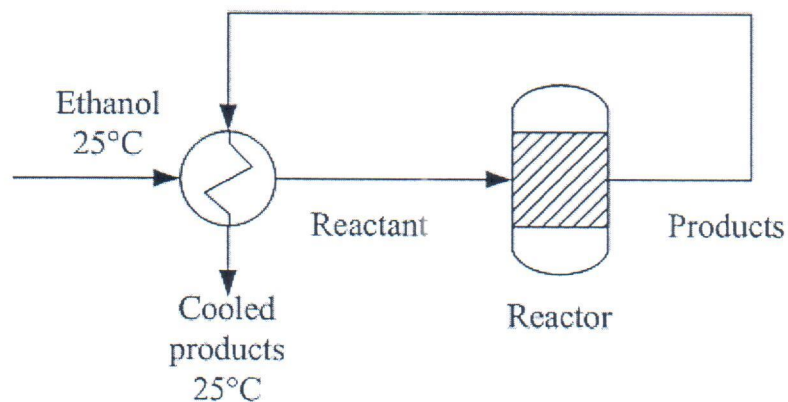


Figure Q.3.[a].[ii].

[7 marks]

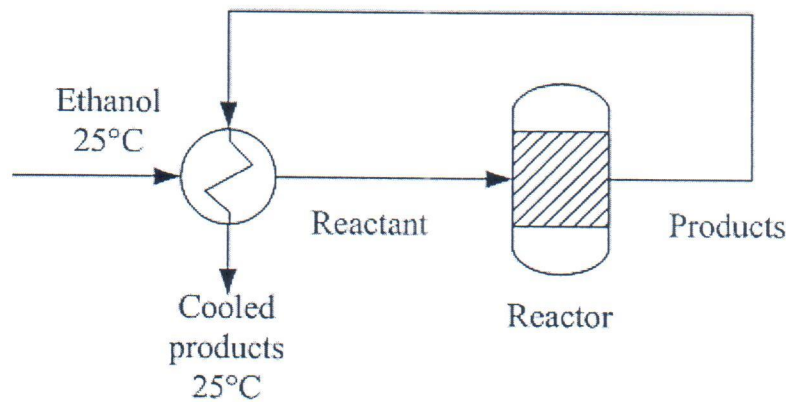
- [ii] Kenalpasti sama ada proses tersebut adalah sistem tertutup atau terbuka? [2 markah]
- [iii] Kirakan kadar (kg/min) air yang menyejat di dalam pengering? [3 markah]
- [iv] Gunakan carta psikrometrik untuk menganggarkan suhu bebuli basah, kelembapan relatif, titik embun dan entalpi tentu bagi udara yang meninggalkan pengering tersebut. [2 markah]
- [v] Gunakan carta psikrometrik untuk menganggarkan kelembapan mutlak dan entalpi tentu bagi udara yang meninggalkan pemeluwap. [2 markah]
- [vi] Gunakan keputusan yang didapati pada bahagian [iv] dan [v] untuk mengira kadar pemeluwapan air (kg/min) dan kadar haba yang perlu dipindahkan dari pemeluwap (kW). (Muatan haba molar cecair air = 75.4 J/mol.°C). [4 markah]

3. [a] Penyahhidrogenan etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) untuk menghasilkan asetaldehid (CH<sub>3</sub>CHO) berlaku pada tekanan reaktor 1 atm dan suhu 300°C atau lebih:



Suapan etanol dan produk asetaldehid adalah disimpan pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm, manakala hidrogen akan digunakan di proses lain. Anggaran muatan haba untuk asetaldehid adalah pada 54.7 J/mol.°C.

- [i] Hitungkan  $\Delta \hat{H}_r^\circ$  (kJ/mol) pada 300°C. [5 markah]
- [ii] Adakah dicadangkan aliran produk panas keluar dari reaktor digunakan untuk memanaskan suapan etanol yang sejuk, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S.3.[a].[ii]. Jelaskan kebolehlaksanaan cadangan tersebut dengan alasan-alasan yang sesuai. [4 markah]



Rajah S.3.[a].[ii].

[7 markah]

...6/-

[b] Gasohol is a mixture of ethanol and n-octane used to increase the oxygen content of fuels and reduce pollutants from automobile exhaust. In all of the reactions involved, the product water is in the vapour phase.

[i] Calculate the heat of combustion for 1kg of the fuel mixture composed of 10 mol% ethanol and the rest n-octane? [7 marks]

[ii] How much is the heat of combustion for 100 mol% n-octane? Compare this heat of combustion with part [i]. [4 marks]

[iii] If 100 mol% n-octane is replaced by 100 mol% ethanol, what is the increase percentage in the size of a fuel tank is needed to give an equivalent travel mileage? Given n-octane specific gravity is 0.703. [5 marks]

4. A waste gas stream contains 40 mol% ethane ( $C_2H_6$ ), 19 mol%  $N_2$ , 1 mol%  $H_2S$ , 10 mol%  $O_2$ , and 30 mol%  $CO$ . The gas is fed to a furnace along with 20% excess air and combusted. Both waste stream and air entering the furnace are at  $25^\circ C$ . The flue gas exits the furnace stack at  $150^\circ C$ . Complete combustion is assumed. The heat generated in the furnace is used to generate saturated steam at 10 bar using boiler feedwater at  $50^\circ C$  and 10 bar.

[a] Sketch and label the process. [3 marks]

[b] What is the composition of the flue gas in mol% ? [9 marks]

[c] Calculate the heat transfer to or from the combustion process. [6 marks]

[d] Calculate the amount of steam (kg steam) generated in the furnace per mol waste gas fed. [4 marks]

[e] If pure  $O_2$  rather than air is fed to the furnace, would the flue gas temperature be higher, lower or the same? Provide a reason to support your answer. [3 marks]

[b] Gasohol merupakan campuran etanol dan n-oktana yang digunakan untuk meningkatkan kandungan oksigen bagi bahan api dan mengurangkan pengeluaran bahan pencemar dari ekzos kenderaan. Di dalam semua tindak balas yang terlibat, air yang dihasilkan berada dalam fasa wap.

[i] Hitungkan haba pembakaran bagi 1 kg campuran bahan api yang terdiri daripada 10 %mol etanol dan selebihnya n-oktana? [7 markah]

[ii] Berapakah haba pembakaran untuk 100 %mol n-oktana? Bandingkan haba pembakaran tersebut dengan bahagian [i]. [4 markah]

[iii] Jika 100 %mol n-oktana digantikan dengan 100 %mol etanol, apakah peratus peningkatan saiz tangki bahan api yang diperlukan untuk perbatuan perjalanan yang sama? Diberi graviti tentu n-oktana adalah 0.703. [5 markah]

4. Suatu aliran gas sisa mengandungi 40 %mol etana ( $C_2H_6$ ), 19 %mol  $N_2$ , 1 %mol  $H_2S$ , 10 %mol  $O_2$ , dan 30 %mol  $CO$ . Gas ini disuapkan ke dalam relau bersama-sama dengan 20% udara lebihan dan dibakar. Kedua-dua aliran gas sisa dan udara memasuki relau pada suhu  $25^\circ C$ . Gas serombong keluar dari relau pada suhu  $150^\circ C$ . Pembakaran lengkap diandaikan. Haba yang dihasilkan dari relau akan digunakan untuk menjana stim tepu pada 10 bar, dengan menggunakan air suapan dandang pada  $50^\circ C$  dan 10 bar.

[a] Lakar dan labelkan proses tersebut. [3 markah]

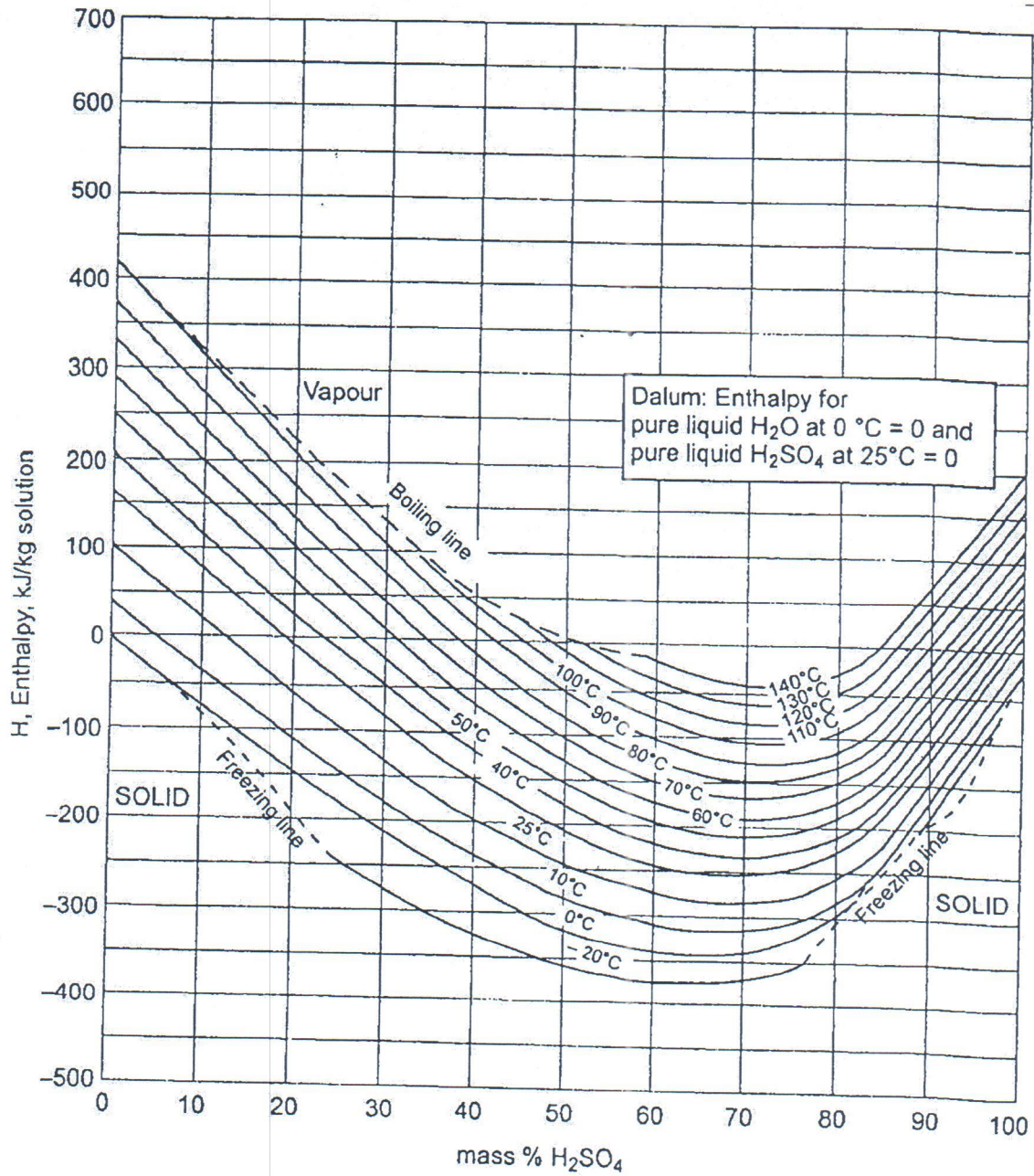
[b] Apakah komposisi gas serombong dalam %mol? [9 markah]

[c] Hitungkan pemindahan haba kepada atau daripada proses pembakaran. [6 markah]

[d] Hitungkan jumlah stim (kg stim) yang dijana oleh relau untuk setiap mol suapan gas sisa. [4 markah]

[e] Jika  $O_2$  tulen menggantikan udara disuapkan ke dalam relau, adakah suhu gas serombong menjadi lebih tinggi, lebih rendah atau sama? Berikan alasan untuk menyokong jawapan anda. [3 markah]

Appendix



*Hx* diagram for  $H_2SO_4/H_2O$  (Redrawn from data of Technical Note 270-3, National Bureau of Standards<sup>48</sup>, USA, 1968 and Ref. 49 and 50.)

