
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2007/2008

October/November 2007

EKC 214 – Energy Balance
[Imbangan Tenaga]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions: Answer **FOUR** (4) questions. Answer **TWO** (2) questions from Section A. Answer questions No. 4 is **COMPULSORY** and any **ONE** (1) question from Section B.

Arahan: Jawab **EMPAT** (4) soalan. Jawab **DUA** (2) soalan dari Bahagian A. Jawab soalan No. 4 yang **DIWAJIBKAN** dan mana-mana **SATU** (1) soalan lain dari Bahagian B.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

Section A : Answer any TWO questions.

Bahagian A : Jawab mana-mana DUA soalan.

1. [a] Chose the correct answer(s) (note that more than one answer could be correct)
Pilihkan jawapan-jawapan yang betul (lebih dari satu jawapan mungkin betul)

[i] H₂O at 300°C and 100 bar is
H₂O pada 300°C dan 100 bar adalah

- (a) subcooled liquid
cecair tersubdingin
- (b) saturated steam
stim tepu
- (c) superheated steam
stim panas lampau

[ii] Shaft work is work due to
Kerja aci ialah kerja yang disebabkan oleh

- (a) rotating or reciprocating equipment
peralatan berputar atau salingan
- (b) flow of fluid
aliran bendalir
- (c) pressure difference
perbezaan tekanan
- (d) none of above
tiada di atas

[iii] Which one of the following is energy transfer equipment?
Yang manakah daripada yang berikut ialah peralatan pemindahan tenaga?

- (a) pump
pam
- (b) turbine
turbin
- (c) heat exchanger
penukar haba
- (d) furnace or boiler
relau atau pendidih
- (e) all of above
kesemua di atas

[iv] The energy of the system is always relative to the reference state of the system

Tenaga bagi sistem adalah sentiasa relatif kepada keadaan rujukan sistem tersebut

- (a) true
benar
- (b) false
palsu

[v] If system and surroundings are at the same T , then Q must equal zero
 Jika sistem dan persekitaran adalah pada T yang sama, maka Q adalah sifar

- (a) true
benar
- (b) false
palsu

[5 marks/markah]

[b] A solution of sugar in water is to be concentrated from 5 wt% sugar to 20% sugar. The solution is at about 45°C when it is fed continuously to a bubble column. Air at 45°C with a dew point of 4 °C is bubbled through the column and emerges saturated (see Figure Q. 1 [b]). The humidification of the air may be considered adiabatic.

Suatu larutan gula dalam air akan dipekatkan dari 5% berat gula ke 20% gula. Larutan ialah pada 45°C apabila ia disuapkan secara berterusan ke sebuah turus gelembung. Udara pada 45°C dengan titik embun 4 °C dimasukkan melalui turus dan menjadi tepu (lihat Rajah S.1.[b]). Pelembapan udara boleh dianggap sebagai adiabatik.

- [i] What are the absolute humidities of the entering and exiting air?
Apakah kelembapan mutlak udara masuk dan keluar?
- [ii] How many kilograms of dry air must be fed per kilogram of the entering sugar solution?
Berapa kilogram udara kering perlu disuapkan per kilogram larutan gula yang masuk?
- [iii] What is the corresponding volume of the entering dry air?
Apakah isipadu udara kering yang masuk?

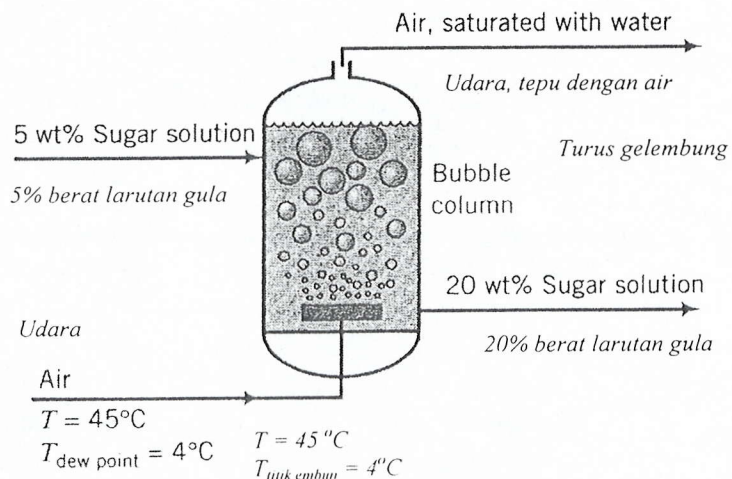


Figure Q. 1 [b]
Rajah S. 1 [b]

[20 marks/markah]
...4/-

2. [a] Complete the following statements:

Lengkapkan kenyataan-kenyataan berikut:

- [i] The fact that internal energy and enthalpy are state properties means that
Tenaga dalaman dan entalpi adalah sifat-sifat keadaan. Ini bermaksud.....
- [ii] The heat capacity of a solid or liquid can be estimated in the absence of tabulated data using
Jika tiada data terjadual, muatan haba pepejal atau cecair boleh dianggarkan dengan menggunakan
- [iii] The reference state for the tabulated internal energies and enthalpies in the steam table is
Keadaan rujukan bagi tenaga dalaman dan entalpi dalam jadual stim ialah
- [iv] The first law of thermodynamics for a closed system between two instants of time is
Hukum termodinamik pertama bagi suatu sistem tertutup antara dua tika masa ialah
- [v] A specific property is
Sifat tentu ialah

[5 marks/markah]

[b] Formaldehyde (HCHO) is produced by dehydrogenation of methanol (CH₃OH) over a silver catalyst. Before being fed to the reactor, methanol vapor (1000 lbmol/h) at 175°F and 1 atm pressure is heated to 300°F in a heat exchanger. Saturated steam is available as a heat source.

Formaldehid (HCHO) dihasilkan melalui penyahhidrogenan metanol (CH₃OH) dengan menggunakan mangkin perak. Sebelum disuap ke reaktor, wap metanol (1000 lbmol/jam) pada 175°F dan tekanan 1 atm dipanaskan sehingga 300°F dalam sebuah penukar haba. Stim tepu boleh didapati sebagai sumber haba.

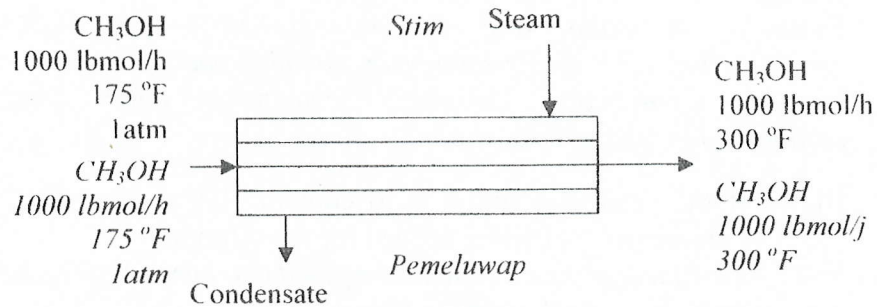
- [i] Calculate the flow rate of the steam required if the steam is available at three pressures (700 psig, 150 psig, and 15 psig). Show your calculation using all three steam pressures.

Kirakan kadar aliran stim yang diperlukan jika stim didapati pada tiga tekanan (700 psig, 150 psig, dan 15 psig). Tunjukkan pengiraan anda dengan menggunakan ketiga-tiga tekanan stim.

...5/-

[ii] Comment on your results in b.[i].

Beri komen berkenaan keputusan anda dalam bahagian b.[i]



$(C_p)_{\text{metanol}} = 12 \text{ BTU/lb mol. } ^\circ\text{F}$

[10 marks/markah]

[c] A stream of ethylene glycol ($\text{C}_2 \text{H}_6 \text{O}_2$) vapor at its normal boiling point and 1 atm flowing at a rate of 175 kg/min is to be condensed at constant pressure. The product stream from the condenser is liquid glycol at the condensation temperature.

Suatu aliran wap etilena glikol ($\text{C}_2 \text{H}_6 \text{O}_2$) pada takat didih normal dan 1 atm yang mengalir pada kadar 175 kg/min akan dipeluwap pada tekanan malar. Aliran hasil dari pemeluwap ialah cecair glikol pada suhu pemeluwapan.

[i] Calculate the rate (kW) at which heat must be transferred from the condenser.

Kirakan kadar haba yang perlu dipindahkan dari pemeluwap (kW).

[ii] If heat were transferred at a lower rate than that calculated in part [i], what would be the state of the product stream?

Jika haba dipindahkan pada kadar yang lebih rendah dari pengiraan bahagian [i], apakah keadaan aliran hasil?

[iii] If heat were transferred at a higher rate than that calculated in part [i], what could you deduce about the state of the product stream?

Jika haba dipindahkan pada kadar yang lebih tinggi dari bahagian [i], apakah keadaan aliran hasil yang dijangkakan?

Sketch a phase diagram and use it to explain your answer.

Lakarkan gambarajah fasa dan gunakan gambarajah tersebut untuk menerangkan jawapan anda.

[10 marks/markah]

3. [a] What is a psychrometric chart?

Apakah carta psikrometer?

[3 marks/markah]

[b] An aqueous solution containing 85.0 wt% H_2SO_4 at 60°F (specific gravity: 1.78) is diluted with pure liquid water at the same temperature. The feed solution volume is 350 mL. The mixing may be considered adiabatic, and the pressure is constant at 1 atm.

Suatu larutan akuas yang mengandung 85.0% berat H_2SO_4 pada 60°F (graviti tentu: 1.78) dicairkan dengan air tulen pada suhu yang sama. Isipadu larutan suapan ialah 350 mL. Pencampuran boleh dianggap sebagai adiabatik dan tekanan malar pada 1 atm.

[i] If the product solution is to contain 30.0 wt% H_2SO_4 , calculate the volume (mL) of water needed for the dilution.

Jika larutan hasil mengandung 30.0% berat H_2SO_4 , kirakan isipadu (mL) air yang diperlukan bagi pencairan.

[ii] Use the enthalpy-concentration chart to estimate the maximum temperature that could be attained by mixing the feed solution with pure water and the concentration (wt% H_2SO_4) of the product solution.

Gunakan carta entalpi-kepekatan untuk menganggarkan suhu maksimum yang boleh dicapai apabila larutan suapan dicampurkan dengan air tulen dan apakah kepekatan (% berat H_2SO_4) larutan hasil.

[iii] Good laboratory practice calls for adding acid to water when carrying out dilutions rather than vice versa. Use the enthalpy-concentration chart to justify this rule for the dilution of the feed solution in this problem.

Amalan makmal yang baik mengesyorkan agar asid ditambah ke air apabila pencairan dijalankan dan bukan sebaliknya. Gunakan carta entalpi-kepekatan untuk mewajarkan aturan ini bagi pencairan larutan suapan dalam masalah ini.

[12 marks/markah]

[c] You need to purchase a pump to move 69 gal/min of a liquid solution with a density of 115 lb/ft³. At the pump inlet, the pipe diameter is 3 inch and the liquid pressure is 18 psia. At the pump outlet, the pipe diameter is 2 inch. The liquid is pumped 50 ft uphill and discharged into a tank under 40 psia nitrogen pressure. Suppose the pump efficiency is 65%, and the frictional loss is calculated to be 10.0 ft lb_f/lb. What pump size (in horsepower) should you purchase?

Anda perlu membeli sebuah pam untuk mengalirkan 69 gal/min suatu larutan cecair dengan ketumpatan 115 lb/kaki³. Pada salur masuk pam, garispusat paip ialah 3 inci dan tekanan cecair ialah 18 psia. Pada salur keluar pam, garispusat paip ialah 2 inci. Cecair dipam 50 kaki menaiki bukit dan diluahkan ke dalam sebuah tangki di bawah tekanan nitrogen 40 psia. Andaikan kecekapan pam ialah 65%, dan kehilangan geseran telah dikira sebagai 10.0 kaki lb_f/lb. Apakah saiz pam (dalam kuasa kuda) yang patut anda beli?

[10 marks/markah]

Section B : Answer Question 4 which is COMPULSORY and ONE other question.

Bahagian B : Jawab Soalan No. 4 yang DIWAJIBKAN dan mana-mana SATU soalan lain.

4. n-Heptane at 20°C is heated in a superheater **SH101** in order to raise its temperature to 500°C before entering a catalytic reactor **R101**. The catalytic reactor is used to convert n-heptane for the production of toluene. The yield of toluene is 20 mole % based on the n-heptane charged to the reactor. The products leaving **R101** are cooled in a cooler **SC101** to 20°C and then fed to separator **SP101** to completely remove the H₂. The top stream of the **SP101** contains pure H₂ while the bottom stream of the **SP101** contains mixture of excess n-heptane and toluene which is then fed into a mixer-settler **MS101**. In addition, a stream of solvent at 38°C is also fed to **MS101**. Pure n-heptane leaves mixer-settler **MS101** in the top stream whilst a mixture of solvent and toluene leave in the bottom stream.

n-Heptana pada 20°C dipanaskan dalam pemanas lampau SH101 untuk meningkatkan suhunya kepada 500°C sebelum disuapkan ke reaktor bermangkin R101. Reaktor bermangkin R101 tersebut digunakan untuk menukarkan n-heptana bagi penghasilan toluena. Hasilan toluena adalah 20 mol% berdasarkan jumlah n-heptana yang dimasukkan ke reaktor. Produk-produk yang meninggalkan R101 disejukkan dalam penyejuk SC101 kepada 20°C dan kemudiannya dimasukkan ke pemisah SP101 untuk penyingkiran H₂ sepenuhnya. Aliran atas SP101 mengandungi H₂ tulen manakala aliran bawah mengandungi campuran n-heptana berlebihan dan toluena. Campuran ini kemudiannya disuapkan ke pencampur-pengewap MS101. Sebagai tambahan, satu aliran bahan larut pada 38°C disuapkan juga ke MS101. n-Heptana tulen meninggalkan MS101 dalam aliran atas manakala campuran bahan larut dan toluena keluar melalui aliran bawah.

- [a] Illustrate the process by using a simple sketch
Lakarkan proses di atas dengan menggunakan gambarajah ringkas
- [5 marks/markah]
- [b] Calculate how much heat has to be added or removed from the catalytic reactor to make it isothermal at 500°C
Kirakan berapa jumlah haba yang perlu ditambah atau dibuang daripada reaktor bermangkin untuk menjadikannya isoterma pada 500°C



[10 marks/markah]

- [c] Determine the temperature of the n-heptane and solvent (solvent + toluene) leaving the MS101 if both stream are at the same temperature.
Tentukan suhu n-heptana dan pelarut (pelarut + toluena) yang meninggalkan MS101 sekiranya suhu kedua-dua aliran adalah sama.

[10 marks/markah]

Data:

	Heat of formation <i>Haba pembentukan</i> (kJ/mol)	Heat Capacity <i>Muatan Haba</i> J/(g°C)		Heat of vaporization <i>Haba pengewapan</i> (kJ/kg)	Boiling point <i>Takat didih</i> (K)
		Liquid <i>Cecair</i>	Vapour <i>Wap</i>		
Toluene <i>Toluena</i>	12.00	2.22	2.30	364	383.8
n-heptane <i>n-heptana</i>	-224.0	2.13	1.88	318	371.6
Solvent <i>Pelarut</i>	-	1.67	2.51	-	434.0

Assumptions:

- 10 kg of solvent used per kilogram of toluene in the **MS101**
- Heat of solution of toluene in the solvent is negligible

Andaian:

- 10 kg pelarut digunakan perkilogram toluena dalam **MS101**
 - Haba pelarutan toluena dalam pelarut diabaikan
5. 500 kmol/hr of methane at 25°C is burned completely with 25% excess air which is also at 25°C. The hot combustion gases leave the furnace at 400°C and are discharged to the atmosphere. The heat transferred from the furnace (Q), is used to convert boiler feedwater at 25°C into superheated steam at 17 bar and 250°C.

500 kmol/jam metana pada 25°C dibakar sepenuhnya dengan 25% udara lebihan yang mana juga pada suhu 25°C. Gas-gas panas pembakaran meninggalkan relau pada 400°C dan dibebaskan ke udara. Haba yang dipindahkan daripada relau (Q), digunakan untuk menukarkan air suapan dandang pada 25°C kepada stim wap lampau pada 17 bar dan 250°C.

- [a] Draw and label a flowchart of this process.

Lakar dan labelkan carta aliran bagi proses di atas.

[3 marks/markah]

- [b] Calculate the composition of each stream entering and leaving the furnace

Kirakan komposisi bagi setiap aliran masuk dan keluar pada relau

[10 marks/markah]

- [c] Calculate Q (kJ/h) and the rate of steam production in the boiler

Kirakan Q (kJ/jam) dan kadar penghasilan wap di dalam dandang

[12 marks/markah]

6. [a] What is adiabatic flame temperature?

Apakah suhu nyalaan adiabatik?

[5 marks/markah]

[b] Propane (C_3H_8) is burned with excess air at 1 atm in an adiabatic reactor. The reactants are fed at 300K and the final temperature is 1773K. Calculate:

Propana (C_3H_8) dibakarkan dengan udara lebih pada 1 atm dalam sebuah reaktor adiabatik. Suapan adalah pada 300K dan suhu akhir adalah 1773K. Kirakan:

[i] The percentage of excess air fed to the reactor

Peratus udara lebih yang disuapkan ke reaktor

[10 marks/markah]

[ii] Calculate the new adiabatic flame temperature using additional 20% to the excess air calculated in part [i]

Kirakan suhu nyalaan adiabatik yang baru dengan penambahan 20% udara kepada udara lebih dalam bahagian [i]

[10 marks/markah]