

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2009/2010 Academic Session

April/May 2010

**EKC 533 – Industrial Catalysis And Reactor Engineering**  
***[Kejuruteraan Reaktor dan Pemangkinan Industri]***

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

---

Please ensure that this examination paper contains FIVE printed pages before you begin the examination.

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

**Instruction:** Answer **ALL** questions.

**Arahan:** Jawab **SEMUA** soalan.]

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

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].*

Answer ALL questions.

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Acid and shape-selective properties of zeolites play major roles in their use as catalysts to produce premium quality fuels and chemicals. What are the principal applications of zeolites?  
*Sifat-sifat berasid dan memilih bentuk zeolit memainkan peranan yang penting dalam penggunaannya sebagai mangkin bagi menghasilkan bahan api dan bahan kimia yang berkualiti premium. Apakah aplikasi utama zeolit?*  
[3 marks/markah]
- [b] Catalyst activation is normally carried out by different treatments. List three of these treatments with their objectives.  
*Pengaktifan mangkin biasanya dijalankan melalui kaedah rawatan yang berbeza. Senaraikan tiga kaedah serta objektif rawatan tersebut.*  
[3 marks/markah]
- [c] What are the criteria for selection of plant reactors?  
*Apakah kriteria untuk pemilihan reaktor loji?*  
[3 marks/markah]
- [d] Find the effectiveness factor  $\eta$  in the limits of Thiele modulus ( $\phi$ )  $\phi \rightarrow 0$  and  $\phi \rightarrow \infty$  for a spherical catalyst pellet. How would  $\eta$  depend on catalyst temperature?  
*Carikan faktor keberkesanan  $\eta$  dalam had modulus Thiele ( $\phi$ )  $\phi \rightarrow 0$  dan  $\phi \rightarrow \infty$  bagi sesuatu pelet mangkin sfera. Bagaimanakah  $\eta$  bergantung kepada suhu mangkin?*  
[4 marks/markah]
- [e] A reaction  $A \rightarrow R$  proceeds isothermally in a packed bed of large, slowly deactivating catalyst particles and is performing well in the strong pore diffusion regime. With fresh pellets conversion is 88%; however, after 250 days conversion drops to 64%. It has been suggested to replace these large particles with very small particles so as to operate wholly in the diffusion-free regime and thus use less catalyst for the same conversions. How long a run time can we expect before the conversion drops from 88% to 64% if the catalyst is used in a packed bed reactor?  
*Suatu tindakbalas  $A \rightarrow R$  berjalan secara isoterma dalam suatu lapisan terpadat yang terdiri daripada zarahhan mangkin besar yang sedang nyahaktif secara perlahan. Prestasi yang baik ditunjukkan dalam rejim resapan liang kuat. Penukaran ialah 88 % apabila pelet baru digunakan tetapi selepas 250 hari, penukaran menurun ke 64 %. Cadangan telah dibuat untuk menggantikan zarahhan besar tersebut dengan zarahhan yang amat kecil bagi mengendalikan operasi secara sepenuhnya dalam rejim bebas resapan dan mengurangkan penggunaan mangkin bagi penukaran yang setara. Berapa lamakah operasi dijangka akan berjalan sebelum penukaran menurun dari 88 % ke 64 % jika mangkin tersebut digunakan dalam sebuah reaktor lapisan terpadat?*  
[12 marks/markah]

...3/-

2. [a] Explain how the pore size distribution varies considerably for different catalysts and supports?

*Terangkan bagaimana taburan saiz liang berubah secara ketara untuk mangkin dan penyokong yang berbeza?*

*[2 marks/markah]*

- [b] List four catalyst properties and state the method/technique used for their investigation.

*Senaraikan empat sifat mangkin dan nyatakan kaedah/teknik yang digunakan untuk menyiasat sifat tersebut.*

*[2 marks/markah]*

- [c] Catalyst deactivation may take place by poisoning. Briefly explain what the cause of poisoning is and how to minimize it.

*Penyahaktifan mangkin boleh berlaku melalui keracunan. Terangkan secara ringkas apakah yang menyebabkan keracunan dan bagaimana keracunan boleh diminimakan.*

*[2 marks/markah]*

- [d] It is suggested to run a catalytic first-order reaction in the strong pore diffusion regime in a packed bed reactor filled with platinum impregnated 6-mm particles of uniform size. A catalyst manufacturer suggests that we replace our catalyst with 6-mm pellets consisting of fused 0.06-mm grains. The voidage between grains in the pellet would be about 25%. If these new pellets were free of pore diffusion resistance in their large voids (between grains), but if the grains were still in the strong diffusional resistance regime, how would this change affect the weight of catalyst needed and the reactor volume?

*Cadangan telah dibuat untuk menjalankan suatu tindakbalas tertib pertama bermangkin dalam rejim resapan liang kuat di dalam sebuah reaktor lapisan terpadat. Reaktor diisi dengan zarah 6-mm yang dijejali dengan platinum dan bersaiz seragam. Pengeluar mangkin mencadangkan supaya mangkin yang digunakan diganti dengan pelet 6-mm yang mengandungi butiran 0.06-mm terlakur. Keliangan antara butiran dalam pelet tersebut ialah lebih kurang 25 %. Jika pelet baru tersebut adalah bebas daripada rintangan resapan liang dalam liang besar (antara butiran) tetapi butiran tersebut masih lagi berada dalam rejim rintangan resapan kuat, bagaimanakah perubahan ini akan memberi kesan kepada berat mangkin yang diperlukan dan isipadu reaktor?*

*[13 marks/markah]*

- [e] Sketch the flowsheet for the two reactor system represented by the  $X_A$  versus  $T$  diagram in Figure Q.2.[e], and on the sketch show the flow rate of all streams for each 100 mol of entering fluid, and where pertinent give the recycle ratios. Also show the location of the heat exchangers and indicate whether they are used for cooling and heating.

*Lakarkan helaian aliran untuk sistem dua reaktor yang diwakili oleh gambarajah  $X_A$  melawan  $T$  dalam Rajah S.2.[e]. Pada lakaran tersebut tunjukkan kadar aliran untuk semua aliran bagi setiap 100 mol bendalir masuk dan di mana yang berkaitan, berikan nisbah kitaran semula. Tunjukkan juga lokasi penukar haba dan nyatakan sama ada ia digunakan untuk pendinginan atau pemanasan.*

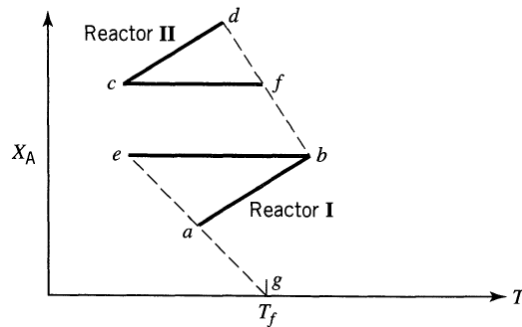


Figure Q.2.[e]  
Rajah S.2.[e]

[6 marks/markah]

3. [a] Why iron (Fe) is the most preferable catalyst for ammonia synthesis? What are the promoters being used in the catalyst and their roles for the process. In addition to iron based catalyst, list 4 (four) other metal based catalysts. What are the potential poisons to the catalyst in the process?

*Kenapakah besi (Fe) adalah mangkin pilihan utama bagi sintesis amonia? Apakah penggalak yang digunakan dalam mangkin dan peranan mereka untuk proses tersebut? Selain mangkin berasaskan besi, senaraikan 4 (empat) mangkin berasaskan logam yang lain. Apakah bahan yang mungkin meracuni mangkin dalam proses tersebut?*

[9 marks/markah]

- [b] What are the important reactions involved in methanol synthesis? What are the advantages of  $\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$  catalyst over  $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$  catalyst?

*Apakah tindakbalas penting yang terlibat dalam sintesis metanol? Apakah kelebihan mangkin  $\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$  berbanding mangkin  $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$ ?*

[8 marks/markah]

- [c] Briefly discuss the process of manufacturing sulfuric acid by single absorption method. Draw a process flow sheet.

*Bincangkan secara ringkas proses pembuatan asid sulfurik melalui kaedah penyerapan tunggal. Lukiskan helaian aliran proses.*

[8 marks/markah]

...5/-

4. [a] Briefly discuss with a process flow sheet on high pressure nitric acid production process using air and ammonia as feed stocks.  
*Bincangkan secara ringkas dengan satu helaian aliran proses penghasilan asid nitrik bertekanan tinggi yang menggunakan udara dan amonia sebagai bahan suapan.*  
[8 marks/markah]
- [b] Why gamma-alumina is the most commonly used support for catalyst in hydrotreating process? Explain how the support functions.  
*Kenapakah gamma-alumina adalah penyokong yang paling lazim digunakan untuk mangkin dalam proses rawatan hidro? Terangkan bagaimana penyokong tersebut berfungsi.*  
[9 marks/markah]
- [c] Briefly discuss CO<sub>2</sub>-methane reforming and catalytic partial oxidation processes for syngas production. What are the advantageous of each process?  
*Bincangkan secara ringkas proses pemulihan CO<sub>2</sub>-metana dan pengoksidaan separa bermangkin bagi penghasilan gas sintetik. Apakah kelebihan setiap proses?*  
[8 marks/markah]