

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2006/2007  
*Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2006/2007*

April 2007

**EBB 335/3 – Pyrometallurgy**  
***EBB 335/3 – Pirometalurgi***

Time: 3 hours  
*Masa: 3 jam*

---

Please ensure that this paper consists of ELEVEN printed pages before you proceed with the examination.

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

This paper contains SEVEN questions.

*Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.*

Answer FIVE questions. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

*Jawab LIMA soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.*

Answer to each and every question must start on a new page.

*Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.*

All questions must be answered in English.

*Jawab semua soalan dalam Bahasa Inggeris.*

[d] Calculate the concentration of oxygen in molten iron at 1600°C in equilibrium with (a) pure FeO, and (b) a liquid slag of FeO-SiO<sub>2</sub> containing 40 mol.% SiO<sub>2</sub>. Assume that:

- (i) For the reaction  $\text{FeO}_{(l)} = \text{Fe}_{(l)} + [\text{O}]_{\text{wt.}\%}$ ,  $K_{\text{Fe}} = [h_o]/(a_{\text{FeO}})$ .
- (ii)  $\text{Log}K_{\text{Fe}} = - (6150/T) + 2.604$
- (iii) In pure liquid iron,  $\text{log}f_o = 0.17[W_o]$

Where,  $h_o$  = activity of dissolved oxygen in liquid steel with reference to the 1 wt.% standard state,  $f_o$  = activity coefficient of dissolved oxygen in iron in 1 wt.% standard state,  $W_o$  = concentration of dissolved oxygen in wt. %.

*Kirakan kepekatan oksigen dalam besi lebur pada 1600°C pada keseimbangan dengan (a) FeO tulen dan (b) jermang cecair bagi FeO-SiO<sub>2</sub> mengandungi 40 mol % SiO<sub>2</sub>. Anggapkan:*

- (i) Untuk tindakbalas  $\text{FeO}_{(l)} = \text{Fe}_{(l)} + [\text{O}]_{\text{wt.}\%}$ ,  $K_{\text{Fe}} = [h_o]/(a_{\text{FeO}})$ .
- (ii)  $\text{Log}K_{\text{Fe}} = - (6150/T) + 2.604$
- (iii) Dalam cecair besi tulen,  $\text{log}f_o = 0.17[W_o]$

*Di mana,  $h$  = aktiviti oksigen terlarut dalam cecair keluli merujuk kepada 1 wt. % keadaan piawai,  $f_o$  = pekali aktiviti oksigen terlarut dalam besi dalam 1 wt % keadaan piawai  $W_o$  = kepekatan oksigen terlarut dalam wt %.*

(40 markah)

2. [a] Outline the principles of combined blowing of steel and compare this with steel making in LD.

*Senaraikan prinsip-prinsip kombinasi peniupan keluli dan bandingkan ini dengan pembuatan keluli dalam LD.*

*(30 markah)*

- [b] In an integrated steel plant, hot metal produced from the blast furnace is taken to the LD converter for steel making. What are the major stages during this time that involve temperature changes in the steel? In principle, how can the temperature drop during these stages be controlled?

*Dalam kilang intergrasi keluli, besi panas yang dihasilkan dari relau, letupan di bawa ke penukar LD untuk pembuatan keluli. Apakah langkah-langkah utama pada masa ini yang melibatkan perubahan suhu dalam keluli? Secara prinsip, bagaimana suhu menurun semasa langkah-langkah ini dikawal?*

*(35 markah)*

- [c] Describe the principles of desulphurization in steel making and how does it depend on the processing conditions? What is meant by sulphide capacity of a slag?

*Terangkan prinsip-prinsip penyahsulfuran dalam pembuatan keluli dan bagaimana ia bergantung kepada keadaan proses? Apa yang dimaksudkan dengan kapasiti sulfida satu jermang?.*

*(35 markah)*

3. [a] How the smelting reduction processes are expected to overcome the drawbacks of blast furnace iron making and DRI (direct reduced iron) technologies?

*Bagaimana proses penurutan leburan dijangka dapat mengatasi kekurangan relau letupan pembuatan besi dan teknologi DRI (penurutan langsung besi).*

*(25 markah)*

- [b] Outline the three basic process configurations of smelting reduction and compare their relative advantages.

*Senarai tiga proses asas konfigurasi proses penurutan leburan dan bandingkan kelebihan relatifnya.*

*(40 markah)*

- [c] With a schematic diagram, briefly describe the MIDREX process of producing DRI (direct reduced iron).

*Dengan diagram skematik, terangkan proses MIDREX bagi penghasilan DRI (penurutan langsung besi).*

*(35 markah)*

- [c] Calcining refers to processes designated to decompose or partially decompose a compound, i.e, to drive off chemically bound gases such as  $\text{CO}_2$  from carbonates. The term calcine was originally used to describe the product produced by decomposition of magnesium and calcium carbonates.

Using thermochemical data and the fact that the dissociation pressure equals 1 atm at  $889^\circ\text{C}$ , express the free-energy change  $\Delta G^\circ$  as a function of the temperature for the dissociation of calcium carbonate.

*Pengkalsinan merujuk kepada proses ditandakan sebagai untuk mereput atau sebahagian mereput bagi sebatian, contohnya untuk membuang secara kimia gas terikat seperti  $\text{CO}_2$  daripada karbonat. Istilah kalsin pada asalnya digunakan untuk menerangkan hasil yang dihasilkan oleh penyahkomposisi magnesium karbonat dan kalsium karbonat.*

*Menggunakan data termokimia dan fakta tekanan peleraian menyamai 1 atm pada  $889^\circ\text{C}$ , tuliskan perubahan tenaga bebas  $\Delta G^\circ$  sebagai fungsi suhu untuk peleraian kalsium karbonat.*

*(50 markah)*

5. [a] As a volatile metal, cadmium is produced from the fumes emitted during the sintering of zinc concentrate and from the dust collected from the gases leaving lead blast furnaces. If Cd is present in metallic particle form as residues and slightly oxidized on the surface of the particles, purification may be accomplished by distillation. The Cd-bearing dusts are heated with carbon in the absence of air. Determine the temperature where CdO is reduced by C in equilibrium with CdO, 0.5 atm CO and 0.1 bar Cd vapor.



*Sebagai suatu logam meruap, kadmium dihasilkan daripada wasap yang dikeluarkan semasa pensinteran konsentrat zink dan daripada debu yang dikumpulkan daripada gas yang dikeluarkan daripada relau bagas plumbum. Jika Cd wujud sebagai partikel logam daripada baki dan teroksida sedikit pada permukaan partikel, penulenan mungkin boleh dilaksanakan melalui penyulingan. Debu mengandungi Cd dipanaskan dengan karbon tanpa udara. Tentukan suhu dimana CdO diturunkan oleh C dalam keseimbangan dengan CdO, 05 atm CO dan 0.1 bar wap Cd.*



(60 markah)

- [b] Describe in details how you would extract Cd from its mineral greenockite (CdS) which occur only as a minor constituent in a lead ore.

*Terangkan dengan terperinci bagaimana anda boleh mengekstrak Cd dari mineral greenockite (Cds) yang wujud sebagai jujuk minor dalam bijih plumbum*

*(40 markah)*

6. [a] The partial pressure of oxygen in equilibrium with pure liquid lead and pure liquid PbO at 1200 K is  $3.72 \times 10^{-10}$  atm. If SiO<sub>2</sub> is added to the liquid PbO such that equilibrium  $p_{O_2}$  for the pure Pb-liquid PbO-SiO<sub>2</sub> solution couple is decreased to  $9.29 \times 10^{-16}$  atm, calculate the activity of PbO in the lead silicate melt.

*Tekanan separa oksigen dalam keseimbangan dengan cecair tulen plumbum dan cecair tulen PbO pada 1200 K adalah  $3.72 \times 10^{-10}$  atm. Jika SiO<sub>2</sub> ditambah pada cecair PbO supaya keseimbangan  $p_{O_2}$  untuk larutan tulen pasangan PbO-SiO<sub>2</sub> menurun ke  $9.29 \times 10^{-16}$  atm, kirakan aktiviti bagi PbO dalam leburan plumbum silikat.*

*(60 markah)*

- [b] Describe the dominant chemical reactions occurring in a lead blast furnace by first specifying the charge materials. Be sure to indicate where the products of the reactions leave the furnace.

*Terangkan tindakbalas kimia dominan yang wujud di dalam relau bagas plumbum dengan menyatakan dahulu bahan suapan. Pastikan dimana produk tindakbalas keluar dari relau.*

*(40 markah)*

*...10/-*

7. [a] Zinc sulphide is roasted in a current of dry air at atmospheric pressure and at a temperature of 1700 K. Determine whether zinc oxide or zinc sulphate is the more stable solid reaction product under the above conditions. In such a process the outgoing gas is found to contain 7% by volume of sulphur dioxide. What percentage of sulphur trioxide would this gas contain if the trioxide were in equilibrium with the dioxide at the above temperature? What statements could be made with regard to the mechanism of the reaction, if the actual content of sulphur trioxide in the gas was found to exceed the calculated equilibrium figure?

The free energies of formation in cal/g-mole at 1700 K and 1 atm pressure are as in the following table:

ZnO	ZnSO <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
-43 300	-94 300	-69 700	-55 900

*Zink sulfida dipanggang dalam udara kering pada tekanan atmosfera dan pada suhu 1700 K. Tentukan samada zink oksida atau zink sulfat merupakan produk tindakbalas pepejal yang lebih stabil dalam keadaan di atas. Dalam proses seumpama itu gas yang dikeluarkan mengandungi 7% isipadu sulfur dioksida. Apakah peratus sulfur trioksida yang terdapat dalam gas jika trioksida dalam keseimbangan dengan dioksida pada suhu di atas? Apakah kenyataan yang boleh dibuat berdasarkan mekanisme tersebut jika kandungan sebenar sulfur trioksida dalam gas didapati melebihi gambarajah keseimbangan yang dikira?*

*Tenaga bebas pembentukan dalam kal/g mol pada 1700 K dan 1 atm tekanan adalah seperti dalam jadual berikut:*

ZnO	ZnSO <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
-43 300	-94 300	-69 700	-55 900

(60 markah)