
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2006/2007
*First Semester Examination
Academic Session 2006/2007*

Oktober/November 2006

EBS 315/3 - Hidrometalurgi *EBS 315/3 - Hydrometallurgy*

Masa : 3 jam
Time : 3 hours

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. Terjemahan dalam Bahasa Inggeris ada disertakan.

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

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

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Walau bagaimanapun, DUA soalan dibenarkan dijawab dalam Bahasa Inggeris.

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

This paper contains SEVEN questions. Translations in English are enclosed together with this script.

Answer any FIVE questions. If a candidate answers more than five questions, only the first five answers will be examined and awarded marks.

Answer to any question must start on a new page.

All questions must be answered in Bahasa Malaysia. However, TWO questions can be answered in English.

1. [a] Berikan satu carta alir umum bagi satu proses pengekstrakan menggunakan kaedah hidrometalurgi dan terangkan secara ringkas setiap unit proses yang terlibat.

(30 markah)

- [b] Terangkan secara ringkas sistem pelarutlesapan arus selari dan arus berlawanan dalam hidrometalurgi. Terangkan prinsip pelarutlesapan penelusan bagi suatu bijih.

(30 markah)

- [c] Apakah peranan bakteria dan huraikan secara ringkas dua mekanisme di mana mikro-organisma ini membantu dalam pelarutlesapan bijih sulfida?

Terangkan apakah kesan suhu dan pH media terhadap pelarutlesapan bakteria untuk mendapatkan pelarutan yang lebih baik.

(40 markah)

2. [a] Terangkan secara ringkas proses hidrometalurgi yang digunakan dalam pengekstrakan zink. Lukiskan carta alir proses hidrometalurgi yang sesuai.

(30 markah)

- [b] Terangkan secara ringkas bagaimana darjah pengadukan dan tenaga pengaktifan mempengaruhi langkah kawalan kadar dalam proses pelarutlesapan.

(30 markah)

- [c] Satu loji pelarutlesapan pengadukan memproses suapan yang mempunyai 1250 metrik tan sehari konsentrat oksida pengapungan (24% Cu), 100 metrik tan sehari kalsin pemangganan (48% Cu) dan 130 metrik tan sehari bijih kuprum - kobalt (12% Cu). Loji ini melarutkan sebanyak 360 metrik tan kuprum sehari. Agen pelarutlesapan adalah elektrolit terpakai yang mengandungi $62 \text{ kg/m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ dan $30 \text{ kg/m}^3 \text{ Cu}$. Larutan pregnan dari pelarutlesapan mengandungi $7 \text{ kg/m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ dan $55 \text{ kg/m}^3 \text{ Cu}$.

Dapatkan kecekapan pengekstrakan, isipadu larutan pelarutlesapan sehari dan ketumpatan pulpa dalam reaktor-reaktor.

(40 markah)

3. [a] Pengekstrakan pelarut dalam industri hidrometalurgi lazimnya terdiri daripada dua litar, iaitu litar pengekstrakan dan litar perlucutan. Lukiskan satu litar pengekstrakan pelarut yang lazim dan huraikan secara ringkas peringkat pengekstrakan dan perlucutan yang terlibat dalam pengekstrakan satu logam dari satu larutan likor pelarutlesapan cair.

(30 markah)

- [b] Pertimbangkan, satu pelarut organik dengan isipadu, V_o , berada dalam keseimbangan dengan satu isipadu fasa akuas, V_{aq} , yang diperkaya dengan ion logam. Pelarut RH berinteraksi dengan ion logam dwivalen, M^{2+} . Tuliskan persamaan keseimbangan antara pelarut organik dan ion logam. Tuliskan ungkapan bagi K , atau *pekali taburan*. Takrifkan nisbah taburan, D dan apakah pecahan logam yang teresktrak ke dalam fasa organik. Apakah kesan pH ke atas proses pengekstrakan dan perlucutan dalam pengekstrakan pelarut ini?

(20 markah)

- [c] Jadual berikut memberikan data keseimbangan bagi kuprum dalam satu larutan akueus likor pelarutlesapan timbunan pada pH 2.0 bersentuhan dengan kerosen yang mengandungi 15% v/v LIX 64N pada 23°C.

X kg Cu /m ³	0.2	0.6	0.8	1.2	1.4
Y kg Cu /m ³	1.0	2.4	2.94	3.64	3.86

Pertimbangkan satu proses di mana pelarut tersebut mengekstrakkan kuprum dari larutan akueus yang mengandungi sebanyak 1.30 kg/m³ dengan satu nisbah isipadu 0.725 m³ organik per m³ fasa akueus. Larutan akueus meninggalkan proses pada 0.20 kg/m³ Cu, manakala aliran fasa organik yang keluar meninggalkan proses mengandungi 3.60 kg/m³ Cu.

- (i) Kirakan bilangan peringkat teori yang diperlukan untuk menurunkan kandungan kuprum dari 1.30 kg/m³ kepada 0.20 kg/m³.
- (ii) Kirakan peratus kuprum yang terekstrak.

(50 markah)

4. [a] Kaedah karbon-dalam-pulpa telah digunakan bagi perolehan emas dari larutan cair likor pelarutlesapan. Bincangkan secara ringkas kaedah perolehan emas dari likor pelarutlesapan melalui proses karbon-dalam pulpa dengan bantuan satu carta alir proses yang terperinci. Label dan tandakan semua anak panah pada setiap peringkat.

(30 markah)

- [b] Satu loji CIP menerima larutan suapan yang mengandungi sebanyak 1.3 g/T Au dengan aliran sisa yang keluar dengan 0.02g/T Au. Karbon boleh diisi dengan maksimum sebanyak 12 kg/T. Cari bilangan peringkat minimum yang ideal yang diperlukan menggunakan data ujian keseimbangan di bawah.

Emas dalam Larutan (kg/T)	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6
Emas dalam Karbon (kg/T)	5.0	8.0	10.5	13.5	15.5

(35 markah)

- [c] Terangkan secara ringkas penjerapan emas ke atas karbon teraktif dan faktor-faktor yang mempengaruhi proses penjerapan.

Apakah perbezaan antara dua sistem reaktor (CIP and CIL) yang telah digunakan dalam litar penjerapan emas? (Tunjukkan persamaan, gambarajah dan carta alir di mana sesuai).

(35 markah)

5. [a] Pengekstrakan cecair/cecair boleh dijalankan menggunakan salah satu daripada empat jenis tindakbalas pengekstrakan pelarut. Apakah dua keperluan yang mesti dipenuhi untuk pemindahan ini?

Nyatakan kesemua empat jenis tindakbalas pengekstrakan pelarut dan terangkan secara ringkas sebarang dua tindakbalas pengekstrakan ini dengan menulis persamaan kimia, menunjukkan mekanisme tindakbalas yang terlibat dalam proses pengekstrakan dan perlucutan ion logam dari fasa organik dan fasa akuas.

(50 markah)

[b] Taburan logam antara fasa organik dan fasa akuas pada keseimbangan boleh ditentukan dari ujikaji makmal. Lukis dan labelkan gambarajah McCabe Thiele dan terangkan bagaimana taburan keseimbangan logam antara fasa organik dan fasa akuas dan persamaan imbangan jisim telah membolehkan ramalan bilangan peringkat pengeskrakan teori yang diperlukan untuk mencapai paras pengekstrakan tertentu.

(50 markah)

6. [a] Bincangkan ciri-ciri berikut sebagai pengukuran keberkesanan suatu resin penukar ion yang digunakan dalam pengekstrakan hidrometalurgi bagi logam dari likor pelarutlesapan cair.

- (i) Faktor pemisah
- (ii) Muatan penukar ion
- (iii) Isoterma keseimbangan
- (iv) Muatan bulus

Bagaimanakah darjah pemaot-silang mempengaruhi sifat-sifat resin penukar ion?

(50 markah)

[b] Suatu bijih emas (4g emas/tan bijih) dilarutlesapkan menggunakan sianida dengan pulpa mengandungi 45% pepejal. 90% daripada emas yang diperolehi datangnya dari reaktor ini. Pulpa ini kemudiannya dihantar ke unit CIP, di mana 5% emas larut dari caj pepejal dan penjerapan emas oleh karbon berlangsung. Hampas dari unit CIP terdiri daripada pepejal-pepejal yang mengandungi emas tak larut dan larutan kontang yang mengandungi 0.05 g emas per tan larutan. Lukiskan carta blok sistem ini dengan menunjukkan aliran pepejal dan aliran larutan. Dapatkan berat emas yang dijerap oleh karbon bagi bijih 1 tan.

(50 markah)

7. Dalam penulenan elektrolitik nikel anod adalah aloi Cu-Ni dengan 80 % Ni, sedangkan katod adalah satu nikel tulen.

[a] Kirakan *reversible emf* (keupayaan sel keseimbangan) pada 25°C apabila aloi dianggap sebagai satu larutan pepejal ideal.

(20 markah)

[b] Pada amalannya, Ni dan Cu boleh larut daripada anod. Analit (larutan anod) dikeluarkan dan kuprum dipisahkan melalui proses sementasi sebagai Cu tulen pada span Ni. Kirakan nisbah Cu/Ni dalam elektrolit yang ditulenan pada 25°C, jika aktiviti-aktiviti ion adalah sama dengan molaliti-nya.

(20 markah)

[b] Pada amalannya, keupayaan sel yang digunakan adalah 2.0 volt dan kecekapan arus bagi katod adalah 95%. Kirakan penggunaan tenaga elektrik dalam kilowatt-jam per kilogram nikel yang telah ditulenan.

(30 markah)

[c] Terangkan secara ringkas mengapa elektrolehan nikel dari larutan nikel sulfat, menggunakan tenaga elektrik yang lebih tinggi daripada elektrotulenan nikel dalam larutan nikel sulfat.

(20 markah)

[d] Aluminium tak boleh ditulenan secara elektrolitik dalam elektrolit akues. Berikan alasannya.

$$E^0_{\text{Cu}^{++}/\text{Cu}} = 0.337 \text{ V}; E^0_{\text{Ni}^{++}/\text{Ni}} = -0.250 \text{ V}$$

$$E^0_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1.23 \text{ V}, \text{JAR Ni} = 58.7 \text{ g/mol}$$

(10 markah)

...8/-

254

1. [a] Give a general flow sheet for an extraction process using the hydrometallurgical process route and briefly explain each unit operation involved.
(30 marks)
- [b] Explain the systems of co-current and counter current leaching in hydrometallurgy. Describe the principles of percolation leaching of ores.
(30 marks)
- [c] What are the roles of bacteria and describe briefly the two mechanisms through which these micro-organisms assist in the leaching of sulfide ores? Explain the effects of temperature and pH of the medium on bacterial leaching to get an improved dissolution.
(40 marks)
2. [a] Briefly explain hydrometallurgical process used in the extraction of zinc. Draw the appropriate hydrometallurgical process flow chart.
(30 marks)
- [b] Briefly explain how the degree of agitation and activation energy affect the rate controlling step in the process of leaching.
(30 marks)
- [c] An agitation plant in Sabah leaches a feed consisting of 1250 metric tpd oxide flotation concentrates (24 % Cu), 100 metric tpd roaster calcines (48% Cu) and 130 metric tpd copper-cobalt ores (12 % Cu). The plant brings into solution 360 metric tonne Cu/day. The leachant is spent electrolyte carrying $62 \text{ kg/m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ and 30 kg/m^3 copper. The pregnant solution from leach carries $7 \text{ kg/m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$ and 55 kg/m^3 copper.

Find the efficiency of extraction, the volume of leach solution per day and pulp density in the reactors.
(40 marks)

3. [a] *Solvent extraction in the hydrometallurgical industry typically consists of two circuits, an extraction circuit and a stripping circuit, coupled with a common solvent. Draw a typical hydrometallurgical solvent extraction circuit and describe briefly the extraction and stripping stages involve in the extraction of a metal from the dilute leached liquor solution.*

(25 marks)

- [b] *Consider, an organic solvent of volume, V_o , in equilibrium with a volume of an aqueous phase, V_{aq} containing the metal-rich aqueous phase. The solvent RH interacts with the divalent metal ion, M^{2+} . Write the equilibrium equation between the organic solvent and the metal ion. Write an expression for K, or the coefficient distribution. Define distribution ratio, D and what is the fraction of metal extracted into the organic phase? What is the effect of pH on the extraction and stripping process in solvent extraction?*

(30 marks)

- [c] *The Table below gives equilibrium data for copper in an aqueous solution of dump leaching at pH 2.0 in contact with kerosene which contain about 15 % v/v LIX 64N at 23 °C.*

$X \text{ kg Cu / m}^3$	0.2	0.6	0.8	1.2	1.4
$Y \text{ kg Cu / m}^3$	1.0	2.4	2.94	3.64	3.86

Consider a process where the solvent extract the copper from the aqueous solution containing about 1.30 kg/m^3 with the volume ratio of 0.725 m^3 organic per m^3 aqueous phase. The aqueous solution leaves the process at $0.20 \text{ kg/m}^3 \text{ Cu}$, where as the organic phase that leaves the process contain about $3.60 \text{ kg/m}^3 \text{ Cu}$.

- (i) *Calculate the number of theoretical stages required to reduce the content of copper from 1.30 kg/m^3 to 0.20 kg/m^3 .*
- (ii) *Calculate the percent of copper extracted.*

(45 marks)

...10/-

4. [a] *The carbon-in-pulp method is used for the recovery of gold from dilute leach liquors. Discuss briefly the method of gold recovery from the leach liquors by the carbon-in-pulp process with the help of a detailed process flow sheet. Label and mark all arrows at each stages.*

(30 marks)

- [b] *A CIP plant had a feed solution 1.3 g/T Au, with tailing leaving at 0.02g/T Au. The maximum carbon can be loaded 12 kg/T. Find the minimum number of ideal required, using the following equilibrium test data:*

Gold in solution (kg/T)	0.2	0.4	0.6	1.0	1.6
Gold in carbon (kg/T)	5.0	8.0	10.5	13.5	15.5

(35 marks)

- [c] *Briefly discuss the adsorption of gold onto activated carbon and the factors affecting the adsorption process?*

What are the differences between the two reactor systems (CIP and CIL) that have been used in the gold adsorption circuits?

(Show equations, diagrams and flow sheets where appropriate).

(35 marks)

5. [a] *Liquid/liquid extraction may be carried out by one of four types of solvent extraction reactions. What are the two requirements that must be satisfied in order to bring about this transfer?*

State all four types of reactions and explain briefly any two of the solvent extraction reactions writing the chemical equations, to show the reaction mechanisms involved in the process of extraction and stripping of the metallic ion from the aqueous and organic phases.

(50 marks)

[b] *The distribution of metal between the organic and aqueous phases at equilibrium may be determined from experimental investigations. Draw and label the McCabe Thiele diagram and explain how the equilibrium distribution of metal between organic and aqueous phases and the mass balance equation has enabled the prediction of the number of theoretical extraction stages necessary to achieve given levels of extraction.*

(50 marks)

6. [a] *Discuss briefly the following properties as a measure of the effectiveness of an ion exchange resin used in hydrometallurgical extraction of metals from dilute leached liquors:*

- (i) separation factor*
- (ii) ion exchange capacity*
- (iii) equilibrium isotherm*
- (iv) breakthrough capacity*

How does the degree of cross linkage have an effect on the properties of the ion exchange resin?

(50 marks)

[b] *A gold ore (4g Au/ton ore) is leached using cyanide with the pulp having 45 % solids. 90 % of the gold comes from this reactor. The pulp is then sent to a CIP unit where 5 % of the gold dissolves from the solid discharge and the gold absorption by carbon continues. The tailings from CIP unit also consist of solids containing undissolved gold and the barren solution containing about 0.05 g gold per tonne solution. Draw a block diagram of the system showing the solids and solution flow. Calculate the weight of gold adsorbed on carbon for 1 tonne of ore.*

(50 marks)

7. *In the electrolytic refining of nickel, the anode is a Cu-Ni alloy with 80 % Ni, whereas the cathode is a pure nickel.*

[a] *Calculate the reversible emf (equilibrium cell potential) at 25°C when the alloy is assumed to be an ideal solid solution.*

(20 marks)

[b] *In practice, both the Ni and Cu dissolve from the anode. The anolyte is withdrawn and copper is removed by cementation as pure Cu on Ni sponge. Calculate the equilibrium ratio of Cu/Ni in the purified electrolyte at 25°C, when the ionic activities are taken to be equal to their molalities.*

(20 marks)

[c] *In practice, the applied cell voltage is 2.0 volt and the cathodic current efficiency is 95%. Calculate the electrical energy consumption in kilowatt-hours per kilogram of refined nickel.*

(30 marks)

[d] *Briefly explain why the electrowinning of nickel from a nickel sulfate solution consumes higher electrical energy than the electrolytic refining (electrorefining) of nickel using the nickel sulfate solution.*

(20 marks)

[e] *Aluminum cannot be electrolytically refined using aqueous electrolyte. Explain the reasons.*

(10 marks)

$$E^0_{\text{Cu}^{++}/\text{Cu}} = 0.337 \text{ V}; E^0_{\text{Ni}^{++}/\text{Ni}} = -0.250 \text{ V}$$

$$E^0_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1.23 \text{ V, Atomic weight of Ni} = 58.7 \text{ g/mol}$$