
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2012/2013

January 2013

EBS 315/3 – Hydrometallurgy **[Hidrometalurgi]**

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper consists of SEVEN questions.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]

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

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

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

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

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

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.]

1. [a] Solid-liquid separation has been the basis of hydrometallurgy. With the help of a typical circuit, explain briefly, the use of counter-current decantation and washing in the separation of residual gangue and leach solutions obtained in agitated leaching.

Pemisahan pepejal-cecair telah menjadi asas kepada proses hidrometalurgi. Dengan bantuan satu litar, terangkan dengan ringkas, kegunaan dekantasi berlawanan arus dan pencucian dalam pemisahan pepejal sisa dan larutan pelarutlesapan yang diperolehi dari pelarutlesapan pengadukan.

(30 marks/markah)

- [b] Explain the systems of co-current and counter current leaching in hydrometallurgy. Describe the principles of percolation leaching of ores.

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

(30 marks/markah)

- [c] Chalcopyrite is the most economically important sulfide mineral of copper. It is a refractory mineral as far as leaching with dilute acidic ferric sulfate solutions are concerned, but the action of bacteria by both direct and indirect mechanisms is known to speed up the rate of leaching. Briefly discuss the action of bacteria in oxidizing the sulfide minerals.

Kalkopirit adalah mineral sulfida kuprum yang paling ekonomik. Ia adalah mineral refraktori, kerana tidak mudah dilarutlesapkan oleh larutan asid cair ferik sulfida tetapi tindakan bakteria dengan kedua-dua mekanisme langsung dan tak-langsung telah diketahui mempercepatkan kadar pelarutlesapan. Terangkan dengan ringkas, aktiviti bakteria dalam pengoksidaan mineral sulfida.

(40 marks/markah)

2. [a] An oxide ore with a low gold content of 0.8 to 1.5 g Au/t cannot be treated by grinding, leaching and carbon-in-pulp as the capital and operating costs are too high. If the rock has a porous nature and can be leached at a coarse particle size, with the aid of diagrams showing the leaching circuits, briefly discuss the two methods that can be used to recover gold from these ores.

Satu bijih oksida dengan kandungan emas 0.8 to 1.5 g Au/t tidak boleh dirawat dengan pengisaran, pelarutlesapan dan karbon-dalam-pulpa kerana kos modal dan operasi adalah terlalu tinggi. Jika batuan ini bersifat porous dan boleh dilarutlesapkan pada saiz partikel yang kasar, dengan bantuan gambarajah tunjukkan carta alir pelarutlesapan, bincangkan secara ringkas dua kaedah yang boleh digunakan untuk perolehan emas dari bijih ini.

(50 marks/markah)

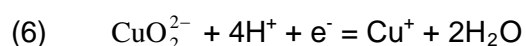
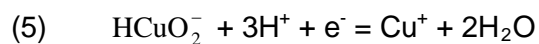
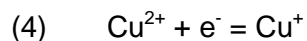
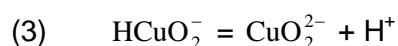
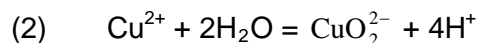
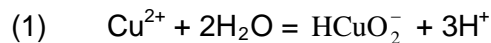
- [b] The oxidative dissolution of sulfide minerals in copper waste dumps account for a large portion of copper recovered by hydrometallurgical techniques. Briefly describe the bacterial leaching process which plays an important role in the oxidative dissolution of the sulfide minerals.

Pelarutan oksidatif mineral sulfida dalam timbunan sisa kuprum menyumbang kepada sebahagian besar perolehan kuprum dari teknik hidrometalurgi. Huraikan secara ringkas proses pelarutlesapan bakteria yang memainkan peranan yang penting dalam pelarutan oksidatif mineral sulfida.

(50 marks/markah)

3. [a] Given the following reaction equations:

Diberikan persamaan-persamaan tindakbalas berikut:



Draw a Pourbaix diagram for the Cu-H₂O system using the standard chemical potential values for the species present as given in Table 1.

Binakan satu gambarajah Pourbaix bagi sistem Cu-H₂O menggunakan nilai-nilai keupayaan kimia bagi spesi-spesi yang hadir seperti yang diberikan dalam Jadual 1.

Table 1: Standard chemical potentials values of species present

Jadual 1: Nilai-nilai keupayaan kimia piawai bagi spesi-spesi yang hadir

Solid / Pepejal	μ_o (kJ mol⁻¹)	Solute / Zat Pelarut	μ_o (kJ mol⁻¹)
Cu	0	Cu ⁺	50.2
Cu ₂ O	-146.2	Cu ²⁺	64.9
		HCuO ₂ ⁻	-256.7
CuO	-127.1	CuO ₂ ²⁻	-181.8
		H ⁺	0
Solvent / Pelarut	-237.0		
H ₂ O			

Assume the activities of the chemical species present in a single equation are the same.

Anggapkan keaktifan spesi-spesi kimia yang wujud dalam satu persamaan itu mempunyai keaktifan yang sama.

(60 marks/markah)

[b] To optimize both the recovery of metals and the kinetics of dissolution of the minerals, it may be necessary to pre-treat the ore before leaching. State briefly the following pre-treatment processes:

- (i) Drying
- (ii) Calcination
- (iii) Roasting

Untuk mengoptimalkan perolehan logam dan kinetik pelarutan mineral, pra-rawatan bijih sebelum pelarutlesapan mungkin perlu dijalankan. Terangkan secara ringkas, proses pra-rawatan berikut:

- (i) *Pengeringan*
- (ii) *Pengkalsinan*
- (iii) *Pemanggan*

(40 marks/markah)

4. Dissolution of gold in cyanide solution involves adequate contacting of solids and solution, control of cyanide, oxygen and alkali content of the solution and time to allow for dissolution to be completed and subsequently separate the solution from the solids. Figure 1 is a typical leaching curve showing percent extraction of gold as a function of time.

Pelarutan emas dalam larutan sianida melibatkan sentuhan secukupnya antara pepejal dan larutan, kawalan sianida, kandungan oksigen dan alkali dalam larutan dan masa untuk pelarutan lengkap dan seterusnya pemisahan larutan dari pepejal. Rajah 1 adalah lengkung pelarutlesapan menunjukkan peratus pengekstrakan emas sebagai satu fungsi masa.

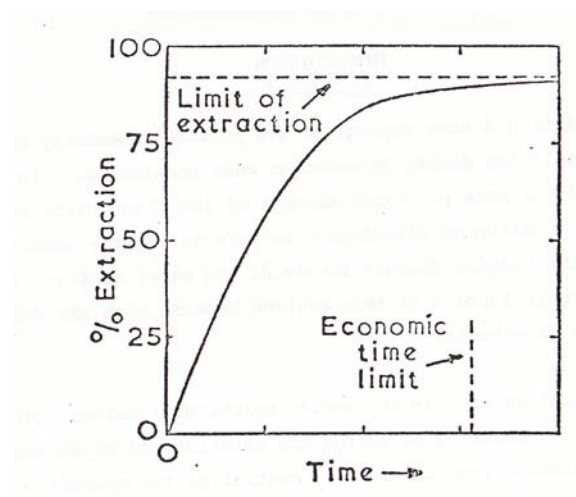


Fig 1 - Typical leaching curve showing the percent extraction versus time in gold cyanidation

Rajah 1 - Lengkuk pelarutlesapan yang menunjukkan peratus pengekstrakan melawan masa dalam pensianidaan emas

[a] Briefly give your reasons as to how these factors below would cause a decrease in the leaching rate with time as shown in Figure 1.

- (i) Surface area of gold particles
- (ii) Diffusion of reactants and products
- (iii) Cyanide and oxygen concentration
- (iv) Insoluble reaction products

Secara ringkas berikan alasan mengapa faktor-faktor berikut akan menyebabkan penurunan dalam kadar pelarutlesapan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

- (i) *Luas permukaan partikel emas*
- (ii) *Peresapan reaktan dan produk*
- (iii) *Kepekatan sianida dan oksigen*
- (iv) *Hasil tindakbalas yang tak larut*

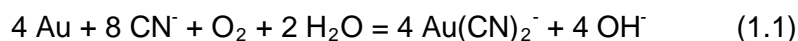
(60 marks/markah)

[b] Give two reasons why complete extraction is never achievable?

Berikan dua sebab mengapa pengestrakan sepenuhnya tidak boleh dicapai?

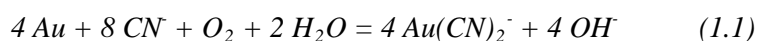
(20 marks/markah)

[c] Assuming that Elsner's equation holds, calculate the amount of oxygen required to dissolve gold from an ore assaying 8 g/tonne gold.



Given that the atomic weight for Au = 197.2 and O = 16 g/mol,

Andaikan persamaan Elsner dipatuhi, kirakan amaun oksigen yang diperlukan untuk melarutkan emas dari bijih yang mengandungi 8 g/tan emas.



Diberikan berat atom bagi Au = 197.2 dan O = 16 g/mol

(20 marks/markah)

...8/-

5. [a] The E_h -pH diagram for water can be deduced by considering the reactions for the decomposition of water by electrolysis. Write the oxidation and reduction equation for water. Sketch the Pourbaix diagram for water and briefly explain the three distinct zones.

Gambarajah E_h -pH bagi air boleh diperolehi dengan mempertimbangkan tindakbalas penguraian bagi air secara elektrolisis. Tuliskan persamaan pengoksidaan dan penurunan bagi air. Lakarkan gambarajah Pourbaix bagi air dan terangkan secara ringkas tiga zon yang ketara.

(40 marks/markah)

- [b] Explain briefly, with the aid of diagrams, the range of techniques employed in the leaching of minerals and metal compounds and tabulate the general characteristics of each type of leaching methods depending on their ore size, efficiency and economics of the process.

- (i) In-situ leaching
- (ii) Dump and heap leaching
- (iii) Percolation leaching
- (iv) Agitation Leaching

Terangkan secara ringkas, dengan bantuan gambarajah, teknik-teknik yang digunakan dalam pelarutlesapan mineral dan sebatian logam dan tabulasikan ciri-ciri umum setiap kaedah pelarutlesapan bergantung kepada saiz bijih, kecekapan dan ekonomik proses.

- (i) *Pelarutlesapan in-situ*
- (ii) *Pelarutlesapan dump dan himpunan*
- (iii) *Pelarutlesapan penelusan*
- (iv) *Pelarutlesapan pengadukkan*

(60 marks/markah)

6. [a] List the TWO major steps involved in the adsorption of gold onto activated carbon. Explain briefly the process occurring in both the major steps.

Senaraikan DUA langkah utama yang terlibat dalam proses penjerapan emas keatas karbon teraktif. Terangkan secara ringkas proses yang berlaku dalam dua langkah utama tersebut.

(20 marks/markah)

- [b] With an aid of a diagram, design a possible five-stage carbon-in-column circuit for gold recovery. Explain the overall operational flow of the circuit, and justify why the circuit was designed as such.

Dengan bantuan satu gambarajah, sediakan rekabentuk satu litar lima-peringkat karbon-dalam kolum bagi perolehan emas. Terangkan secara keseluruhan aliran operasi litar dan berikan justifikasi rekabentuk sedemikian.

(40 marks/markah)

- [c] Physical and chemical features are known to affect adsorption processes. List down FOUR factors each, for both features. For each factor, explain how the effect can be detrimental and ways to limit or control the detrimental effects from those factors.

Ciri fizikal dan kimia pastinya memberikan kesan ke atas proses penjerapan. Senaraikan EMPAT faktor masing-masing bagi kedua-dua faktor tersebut. Bagi setiap faktor, terangkan bagaimana ianya boleh faktor kesan faktor, dan berikan cara untuk menghadkan atau mengawal kesan faktor dari faktor -faktor tersebut.

(40 marks/markah)

7. [a] Rewrite the Nernst equation completely. Consequently, conclude what the equation actually relates to, and give TWO example uses of Nernst equation.

Tuliskan semula dengan lengkap persamaan Nernst. Seterusnya, berikan kesimpulan berkenaan dengan apa yang tersirat pada persamaan tersebut, dan berikan DUA contoh kegunaan persamaan Nernst.

(20 marks/markah)

- [b] Explain why reactive metals such as aluminum and magnesium cannot be deposited effectively from aqueous solutions. Recommend ONE way to allow successful electrodeposition of these reactive metals. Defend your recommendation with supporting reasons.

Terangkan mengapa perolehan logam aktif seperti aluminium dan magnesium tidak boleh dilakukan dengan berkesan dari larutan akuas. Cadangkan SATU cara bagi mendapatkan perolehan logam reaktif dengan kaedah elektro secara berkesan. Pertahankan cadangan anda dengan sebab-sebab yang munasabah.

(15 marks/markah)

- [c] Provide a narration of the Hall-Heroult process. The narration should include:

Berikan satu penerangan berkenaan dengan proses Hall-Heroult. Penerangan tersebut haruslah mengandungi:

- (i) The aim of the Hall-Heroult process.

Tujuan proses Hall-Heroult.

(5 marks/markah)

- (ii) The TWO main problems that induced the introduction of the Hall-Heroult process.

DUA masalah utama yang mencetus kepada pembangunan proses Hall-Heroult.

(5 marks/markah)

- (iii) A sketch and a brief explanation of the Hall-Heroult industrial cell.

Lakaran dan penerangan ringkas bagi sel industri Hall-Heroult.

(10 marks/markah)

- (iv) A brief description of the Hall-Heroult process in general, with the aid of a block diagram.

Penerangan ringkas proses Hall-Heroult secara amnya, dengan bantuan gambarajah blok.

(15 marks/markah)

- (v) THREE problems relating to the Hall-Heroult process.

TIGA masalah yang berkaitan dengan proses Hall-Heroult.

(15 marks/markah)

- (vi) A brief discussion on the TWO main technology improvements done on the Hall-Heroult process.

Perbincangan ringkas berkenaan dengan DUA penambahbaikan teknologi yang dilakukan ke atas proses Hall-Heroult.

(10 marks/markah)

- (vii) The general impact of the Hall-Heroult process to the world.

Impak umum proses Hall-Heroult kepada dunia.

(5 marks/markah)