

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). Describe the importance of an E_h -pH diagram.
Huraikan kepentingan satu gambarajah E_h -pH.
 (2 marks/markah)
- (b). Figure 1 shows an E_h -pH diagram for Zn-H₂O system for a metal ion activity of 10^{-3} mol/kg at 25°C
Rajah 1 menunjukkan gambarajah E_h -pH bagi sistem Zn-H₂O bagi satu ion logam dengan aktiviti 10^{-3} mol/kg pada 25°C.

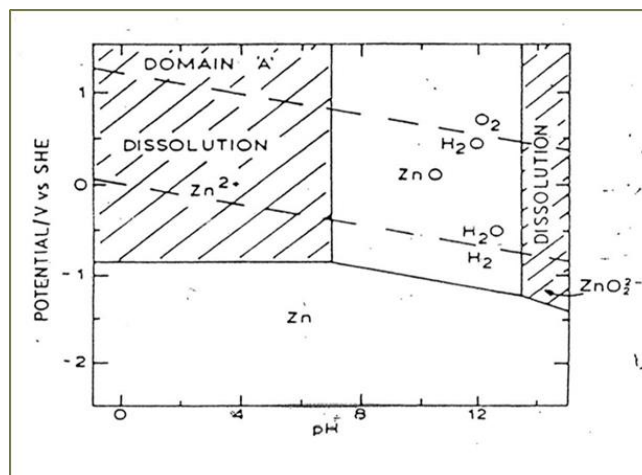


Figure 1: E_h -pH diagram for Zn-H₂O system for a metal ion activity of 10^{-3} mol/kg at 25°C

Rajah 1: Gambarajah E_h -pH bagi sistem Zn-H₂O bagi satu ion logam dengan aktiviti 10^{-3} mol/kg pada 25°C.

Explain the thermodynamically stable each Zn species as shown in the diagram and discuss the condition that will favor the dissolution of Zn.

Terangkan kestabilan termodinamik setiap spesi Zn yang ditunjukkan dalam gambarajah dan bincangkan keadaan yang cenderung kepada pelarutan Zn.

(8 marks/markah)

- (c). (i). List the parameters that need to be established in studying leaching kinetics.

Senaraikan parameter-parameter yang perlu dibangunkan dalam mengkaji kinetik pelarutlesapan.

(2 marks/markah)

- (ii). Figure 2 shows the effect of temperature on the reaction between:

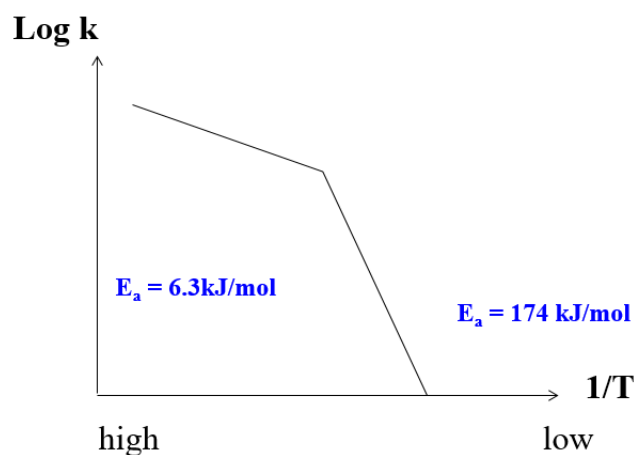
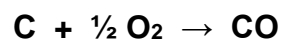


Figure 2: The effect of temperature on the reaction.

Rajah 2: Kesan suhu keatas tindakbalas.

Explain the change in the mechanism of reaction at low and high temperatures with respect to the E_a values given.

Terangkan perubahan mekanisme bagi tindakbalas di atas pada suhu rendah dan tinggi merujuk kepada nilai E_a yang diberikan.

(5 marks/markah)

- (d). Consider the two reaction, (1.1) and (1.2),

- (i) The rate of a chemical reaction of the first order;

$$\text{rate} = k_c \cdot A \cdot C_i \quad (1.1)$$

- (ii) The rate of transport of the reactant to the surface;
rate = $k_t A \cdot (C_B - C_i)$ (1.2)

where,

A - surface area of the solid.

C_i - concentration of the reactant at the reacting interface.

k_c - rate constant for the chemically controlled reaction.

C_B - concentration of the reactant in the bulk solution.

k_t - mass transport coefficient.

$(C_B - C_i)$ - the concentration gradient

If the rate of the two processes are the same, then prove that

$$k = \frac{k_t k_c}{k_t + k_c}$$

Pertimbangkan dua tindakbalas berikut:

- (i). *Kadar tindakbalas kimia pada tertib pertama*
kadar = $k_c \cdot A \cdot C_i$ (1.1)

- (ii) *Kadar pengangkutan reaktan ke permukaan*
kadar = $k_t \cdot A \cdot (C_B - C_i)$ (1.2)

di mana,

A - luas permukaan pepejal

C_i - kepekatan reaktan pada antaramuka yang bertindakbalas

k_c - pemalar kadar bagi tindakbalas kawalan kimia

C_B - kepekatan reaktan dalam larutan pukat

k_t - pekali pengangkutan jisim

$(C_B - C_i)$ - cerun kepekatan

Jika kadar kedua-dua proses adalah sama, buktikan bahawa

$$k = \frac{k_t k_c}{k_t + k_c}$$

(8 marks/markah)

- (2). (a) Describe and compare the characteristics of each leaching method in hydrometallurgy according to ore grades and sizes, extraction rate, and cost.

Terangkan dan bezakan ciri-ciri untuk setiap kaedah pelarutlesapan dalam hidrometalurgi berdasarkan gred dan saiz bijih, kadar pengekstrakan dan kos.

(5 marks/markah)

- (b). You have been assigned the responsibility of designing a process flow sheet for sulphide gold ores as a Mineral Resources Engineer. Construct a flowchart and discuss the gold extraction process, beginning with ore preparation, pre-treatment, leaching, and solution purification.

Sebagai Jurutera Sumber Mineral, anda diberi tugas untuk merancang aliran proses untuk bijih emas sulfida. Bina aliran proses dan bincangkan proses yang terlibat dalam pengekstrakan emas bermula dari penyediaan bijih, proses pra-rawatan, kaedah pelarutlesapan dan proses penulenan larutan.

(15 marks/markah)

- (c). Describe the important parameters to consider in the bacterial leaching process.

Terangkan parameter-parameter penting yang perlu dipertimbangkan dalam proses pelarutlesapan bakteria.

(5 marks/markah)

- (3). (a). Reduction of metallic ions from aqueous solution to the elemental metal is generally accomplished by following methods: Briefly discuss these two processes.

Penurunan ion logam daripada larutan akueus kepada logam unsur secara umumnya dicapai melalui kaedah-kaedah berikut: Bincangkan secara ringkas kedua-dua proses ini.

- (i). Cementation or contact reduction
Penyimenan atau penurunan kontak
(4 marks/markah)

- (ii). Gas reduction
Penurunan gas
(4 marks/markah)

- (b). In a copper electrowinning plant, the leaching operation and leaching (In H_2SO_4) plus solvent extraction operation produce solutions containing 30-60 kg/m³ of dissolved copper. The copper in these solutions is recovered by the electrowinning process.

Dalam loji elektrolehan kuprum, operasi pelarut lesapan dan pelarut lesapan (dalam H_2SO_4) serta operasi pengekstrakan pelarut menghasilkan larutan yang mengandungi 30-60 kg/m³ kuprum terlarut. Kuprum dalam larutan ini diperoleh semula melalui proses elektrolehan.

- (i). State the essential differences between electrowinning and electrorefining of copper.
Nyatakan perbezaan-perbezaan yang penting antara proses elektrolehan dan elektrotulenan bagi kuprum.
(4 marks/markah)

- (ii). Write the electrowinning reaction of copper and state the products at the cathode and anode.

Tuliskan tindakbalas elektrolehan bagi kuprum dan nyatakan hasil bagi katod dan anod

(4 marks/markah)

- (c). An electrowinning cell produces 10 kg/h of nickel at a current efficiency of 80%. The cell contains 20 cathodes and operates at a current and a potential of 2V. The concentration of nickel cations is 35 g/l.

Sel electrowinning menghasilkan 10 kg/j nikel pada kecekapan semasa 80%. Sel ini mengandungi 20 katod dan beroperasi pada arus dan potensi 2V. Kepekatan kation nikel ialah 35 g/l.

Determine / Tentukan

- (i). the energy consumption
penggunaan tenaga

(3 marks/markah)

- (ii). flow rate of the electrolyte
kadar aliran elektrolit

(3 marks/markah)

- (iii). the cathode length for a width of 1m
panjang katod untuk lebar 1m

(3 marks/markah)

PART B/ BAHAGIAN B

(4). (a) Discuss the following properties to measure an ion exchange resin's efficiency in hydrometallurgical metal extraction from dilute leached liquors:

- (i) ion exchange capacity
- (ii) separation factor
- (iii) breakthrough capacity

How does the degree of cross-linkage affect the properties of the ion exchange resin?

Bincangkan sifat-sifat berikut sebagai ukuran keberkesanan resin penukar ion dalam pengekstrakan logam dari larutan pelarutlesapan terlarut di dalam hidrometalurgi:

- (i) *kapasiti penukar ion*
- (ii) *Faktor pemisah*
- (iii) *kapasiti "breakthrough"*

Bagaimanakah tahap keterkaitan silang mempengaruhi sifat resin penukar ion?

(6 marks/markah)

- (b). A typical solvent extraction procedure involves multiple extraction stages in which the desired metal ion is selectively transferred to the organic phase and then contacted with a different aqueous phase to recover the metal ion. Sketch a schematic solvent extraction flowsheet and briefly describe the stages involved in extracting a metal from a dilute leached liquor solution.

Tipikal prosedur pengekstrakan pelarut melibatkan beberapa peringkat pengekstrakan di mana ion logam yang dikehendaki dipindahkan secara selektif ke fasa organik dan kemudian berinteraksi dengan fasa akueus yang berbeza untuk perolehan ion logam. Lakarkan secara skematik carta alir pengekstrakan pelarut dan terangkan dengan ringkas peringkat yang terlibat dalam mengekstrak logam daripada larutan pelarutlesapan terlarut.

(4 marks/markah)

- (c) The equilibrium data for the extraction of Co^{2+} ions from a nickel matte leached solution liquor using CYANEX272 extractant dissolved in kerosene is shown in Table 1.

Data keseimbangan untuk pengekstrakan ion Co^{2+} daripada larutan pelarutlesapan "matte nikel" menggunakan pengekstrak CYANEX272 yang dilarutkan dalam kerosen ditunjukkan dalam Jadual 1.

Table 1: The equilibrium data for Co^{2+} extraction

Jadual 1: Data Keseimbangan pengekstrakan Co^{2+}

Co^{2+} aq (g/L)	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0
Co^{2+} org (g/L)	1.2	2.4	3.0	3.2	3.4

- (i) Write the balanced chemical equation for the reaction between Co^{2+} and CYANEX272. You may represent CYANEX272 by RH.

Tulis persamaan kimia seimbang bagi tindak balas antara Co^{2+} dan CYANEX272. Anda boleh mewakili CYANEX272 dengan RH.

(4 marks/markah)

- (ii) Draw a McCabe Thiele diagram and estimate the number of stages required to reduce the content of cobalt from 2.0 g/L to 0.2 g/L. Consider cobalt in an aqueous solution containing 2.0 g/L with the volume ratio of 0.725 m^3 organic per m^3 aqueous phase. The aqueous solution leaves the process at 0.20 g/L Co^{2+} , and the organic phase leaves the process about 3.0 g/L Co^{2+} .

Lukis gambarajah McCabe Thiele dan anggarkan bilangan peringkat yang diperlukan untuk mengurangkan kandungan kobalt daripada 2.0 g/L kepada 0.2 g/L. Pertimbangkan kobalt dalam larutan akueus yang mengandungi 2.0 g/L dengan nisbah isipadu 0.725 m^3 organik per m^3 fasa akueus. Larutan akueus meninggalkan proses pada 0.20 g/L Co^{2+} , dan larutan fasa organik yang keluar meninggalkan proses kira-kira 3.0 g/L Co^{2+}

(8 marks/markah)

- (iii) Calculate the percentage of cobalt extracted.
Kirakan peratus kuprum yang terekstrak.

(3 marks/markah)

- (5). (a). List the 7 factors that govern the performance of a reactor.
Senaraikan 7 faktor-faktor yang mengawal prestasi satu reaktor.
(2 marks/markah)
- (b). With the aid of a sketch, describe the operation of a
- (i). batch reactor
 - (ii) plug flow reactor
 - (iii) mixed flow reactor

Explain why a plug flow reactor is more efficient than a mixed flow reactor?

Dengan bantuan satu lakaran, terangkan operasi satu

- (i). reaktor kelompok*
- (ii). reaktor aliran plug*
- (iii). reaktor aliran bercampur*

Terangkan mengapa kecekapan reaktor aliran plug adalah lebih baik dari satu reaktor aliran bercampur?

(8 marks/markah)

- (c). With the aid of a diagram, explain a three-stage counter-current decantation (CCD) system in a washing circuit.

Dengan bantuan satu gambarajah, terangkan sistem tiga peringkat dekantasi berlawanan-arus dalam satu litar pencucian.

(6 marks/markah)

- (d) An agitation plant in Bao, Sabah leaches a feed consisting of 1500 metric tonne per day (tpd) oxide flotation concentrates (20 % Cu), 150 metric tpd roaster calcines (40% Cu) and 150 metric tpd copper-cobalt ores (15 % Cu). The plant brings into solution 375 metric tonne Cu /day. The leachant is a spent electrolyte carrying 82 kg/m³ H₂SO₄ and 45 kg/m³ Cu. The pregnant solution from leach carries 10 kg/m³ H₂SO₄ and 75 kg/m³ Cu.

Satu loji pengadukkan di Bao, Sabah melarutlesapkan satu suapan yang mengandungi 1500 tan metrik sehari konsentrat pengapungan (20 % Cu), 150 tan metrik sehari kalsin pemanggang (40% Cu) and 150 tan metrik sehari bijih kuprum kobalt (15 % Cu). Loji ini melarutlesapkan sebanyak 375 tan metric Cu/sehari. Larutan pelarutlesapan adalah elektrolit kitarsemula yang membawa 82 kg/m³ H₂SO₄ dan 45 kg/m³ Cu. Larutan pregnan dari pelarutlesapan membawa 10 kg/m³ H₂SO₄ dan 75 kg/m³ Cu.

- (i). Sketch a schematic diagram showing the leaching process.
Lakarkan satu gambarajah skema menunjukkan proses pelarutlesapan.

(3 marks/markah)

- (ii). Calculate the efficiency of extraction.
Kirakan kecekapan pengekstrakan.

(2 marks/markah)

- (iii). What is the volume of leach solution per day?
Apakah isipadu larutan pelarutlesapan sehari?

(2 marks/markah)

(iv). Calculate the pulp density in the reactors.

Kirakan ketumpatan pulpa dalam reaktor.

(2 marks/markah)

(6). (a). Describe the characteristics of activated carbon particles in the carbon-in-pulp (CIP) recovery of gold using cyanide and state the best characteristics of the carbon for high gold recovery at low cost.

Huraikan ciri-ciri zarah karbon teraktif dalam perolehan karbon-dalam-pulpa (CIP) emas menggunakan sianida dan apakah ciri-ciri terbaik karbon untuk perolehan emas yang tinggi dengan kos yang rendah.

(5 marks/markah)

(b). The carbon in-pulp (CIP) method has been used in the recovery of gold from dilute leach liquors. Draw a flow sheet or block diagram for the recovery of Au by the CIP process. Describe each of processes including the leaching circuit, feed pulp from cyanidation, carbon adsorption, elution, and carbon regeneration stages.

Kaedah karbon-dalam-pulpa (CIP) telah digunakan dalam perolehan emas daripada larutan larut lesap. Lukiskan helaian aliran atau gambar rajah blok untuk perolehan Au melalui proses CIP. Terangkan setiap peringkat termasuk litar larut lesap, pulpa suapan daripada sianidasi, penjerapan karbon, elusi, dan peringkat penjanaan semula karbon.

(8 marks/markah)

- (c). The following steady-state data was obtained from an operating gold plant using the carbon-in-pulp (CIP) process, which treats 1000 t/d of an ore with a head grade of 4.01 g/t as a slurry containing 45% solids at a pulp density of 1.40 t/m³. All tanks are of the same nominal size.

Data keadaan mantap berikut diperolehi dari satu operasi loji emas menggunakan proses karbon-dalam-pulpa (CIP) yang merawat 1000 t/sehari suatu bijih, dengan gred 4.01 g/t sebagai 'slurry' mengandungi 45% pepejal pada ketumpatan pulpa 1.40 t/m³. Kesemua tangki adalah dalam saiz nominal yang sama.

Table 2: Steady-state data from gold plant using the carbon-in-pulp (CIP) process.

Jadual 2: Data keadaan mantap dari loji emas menggunakan proses karbon-dalam-pulpa (CIP).

Tank/ Tangki	Solid/ Pepejal (g/t)	Assay, g/t Solution/Larutan	Carbon/ Karbon	Cons, g/l Carbon/ Karbon
Feed	4.01	0.05		
1	1.48	2.18		
2	1.15	2.67		
3	0.99	3.09		
4	0.88	3.25		
5	0.79	2.05	5352	9.5
6	0.69	1.56	3132	4.8
7	0.58	0.91	1644	8.6
8	0.45	0.51	870	6.5
9	0.36	0.28	526	7.4
10	0.27	0.09	348	12.5

The regenerated carbon contains 150 g/t of gold.

Karbon yang diijana semula mengandungi 150 g/t emas.

- (i). Estimate the flowrate of carbon that is consistent with the time.

Anggarkan kadar alir karbon adalah konsisten dengan masa.

(2 marks/markah)

- (ii). Calculate the % of gold extracted by the carbon from the solution in each stage.

Kirakan peratus emas terekstrak oleh karbon dari larutan dalam setiap peringkat.

(4 marks/markah)

- (iii). Give two possible reasons for the relatively high gold concentration in the solution tails and suggest how this problem could be solved.

Berikan dua sebab yang mungkin bagi kepekatan emas yang tinggi secara relatif dalam larutan sisa dan cadangkan bagaimana masalah ini boleh diatasi.

(6 marks/markah)

-oooOooo-