
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2006/2007

April 2007

KIE 232 – Colloid And Surface Science
[Sains Koloid dan Permukaan]

[Duration : 3 hours]

[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of TEN pages of printed material before you begin the examination.

Answer **FIVE** (5) questions. If a candidate answers more than five questions, only the answers to the first five questions will be graded. You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

...2/-

1. (a) What is the volume interaction when an electron beam irradiates the surface of a specimen? Briefly discuss the factors that govern the volume interaction.

(10 marks)

- (b) Sketch a schematic diagram of a Scanning Electron Microscope (SEM).
- (i) Briefly describe the electron source and factors that affect the electron beam?
- (ii) What information can be obtained this technique?
- (iii) Briefly describe how the specimen may be damaged during analysis by SEM?

(10 marks)

2. (a) State the basic concept for surface analysis.

(5 marks)

- (b) Briefly describe the concept of electron diffraction used in determination of structures by TEM. State **three** disadvantages of the technique.

(10 marks)

- (c) Electron Probe Microanalysis (EPMA) can be used to determine the chemical composition of variety of materials from glass, metal to composites. Why?

(5 marks)

...3/-

3. (a) What is an Auger electron and how it produced?
(5 marks)
- (b) Briefly compare the sensitivity of AES and XPS techniques.
(5 marks)
- (c) Oldenkamp and Houghton have classified the isosteric heat of adsorption curves into four types. Sketch and explain briefly the four types of the heat curves.
(10 marks)
4. (a) Explain FOUR specific experimental tests in characterizing adsorption process as either physical or chemical
(10 marks)
- (b) State the assumptions that are used in derivation of Langmuir equation for the adsorption of a gas on solid.
With the help of a diagram, show the effect of the constant b of Langmuir equation on the shape of the isotherm.
(10 marks)
5. (a) Explain with example the methods used to produce solids with high surface area. For solids made up of fine particles show how to determine the surface area. Assume that the particles are of similar diameter.
(10 marks)
- (b) At 400 cm^3 (STP) g^{-1} of nitrogen adsorbed, the pressures during adsorption and desorption is 630 mm Hg and 597 mm Hg respectively.
- (i) Making reasonable assumptions, calculate the adsorption contact angle.
- (ii) Calculate the mean Kelvin pore radius from the desorption relative pressure.

The surface tension and density of nitrogen at 77K are $8.85 \text{ dyne cm}^{-1}$ and 0.808 g cm^{-3} respectively; relative mass of nitrogen, $N=14$ and the saturation vapour pressure of nitrogen 760 mm Hg)

(10 marks)

...4/-

-4-

6. (a) Transforming a material of fixed mass from the bulk state to smaller particles is analogous to a simple process of breaking the material into two, thus creating two surfaces of equal area (A), and separating them to infinite distance. This process involves work energy and changes in the thermodynamic properties of the molecules at the surfaces being formed as demonstrated, for example, by the change in the free energy, ΔG , in vacuum. Consider this process and complete the followings:
- (a) Sketch the free energy change as a function of separation based on a plot of surface free energy, ΔG , against distance of separation, H .
(2 marks)
- (b) What gives rise to the free energy change? Explain briefly.
(4 marks)
- (c) Explain briefly the trend of the free energy curve as shown in plot (a) with respect to intermolecular force, surface tension, and distance of separation.
(6 marks)
- (d) At infinite separation, give an equation that relates the surface free energy to surface area, A , and surface tension, σ° . State the effect of replacing vacuum with a fluid medium on the surface free energy and the surface tension, σ° .
(5 marks)
- (e) Positive ($d\Delta G/dH$) means that the surfaces (or the particles) are attracted toward one another. Sketch a plot of the free energy of attraction, ΔG_{att} , against H .
(3 marks)

...5/-

-5-

7. (a) Hamaker's method is a generally accepted approach to approximate interparticles attraction. Complete the followings:
- (i) Write an equation for the free energy of attraction, ΔG_{att} , for a hypothetical system comprises two identical spherical particles of radius a , separated at distance H measured surface-to-surface in vacuum. Describe briefly its dependence on the nature of the particle material as implied in the Hamaker constant.
 - (ii) The system in (i) is immersed in a liquid medium. Explain briefly the change in the free energy of attraction with reference to the new expression of the Hamaker constant. Write the equation for ΔG_{att} .
 - (iii) Compare (i) and (ii) on the plots of free energy of attraction ΔG_{att} versus distance of separation H .
- (10 marks)
- (b) Consider a charged particle, q_1 , in vacuum.
- (i) Explain briefly the meaning of *electric field* and *electrical potential*, ψ , of the particle. Use mathematical equation(s) where necessary.
 - (ii) Assume that the particle is immersed in an electrolyte solution. By applying the electrical potential and the Boltzmann's law, describe the net charge distribution, the formation of *electrical double layer*, and occurrence of counter ions in the electrolyte solution.
 - (iii) In the same figure, sketch plots of electrical potential, ψ , versus distance from the particle, z , in three electrolyte solutions of decreasing concentrations. State the effect of electrolyte concentration.

(10 marks)

...6/-



-7-

1. (a) Apakah interaksi isipadu apabila pancaran alur elektron menyinari permukaan suatu sampel? Bincang secara ringkas faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi isipadu.
(10 markah)
- (b) Lukis rajah skala sebuah Mikroskop Pengimbasan Elektron (SEM).
- (i) Bincang secara ringkas punca elektron dan faktor yang mempengaruhi alur elektron.
- (ii) Apakah maklumat yang boleh diperolehi daripada teknik tersebut?
- (iii) Bincangkan secara ringkas bagaimana kerosakan sampel boleh terjadi semasa analisis dengan SEM?
(10 markah)
2. (a) Nyatakan konsep asas bagi analisis permukaan.
(5 markah)
- (b) Bincangkan secara ringkas konsep pembelauan elektron yang digunakan dalam penentuan struktur secara TEM. Nyatakan **tiga** kelemahan teknik ini.
(10 markah)
- (c) Mikroanalisis Prob Elektron (EPMA) sesuai digunakan untuk menentukan komposisi kimia pelbagai bahan daripada kaca, logam hingga komposit. Kenapa?
(5 markah)
3. (a) Apakah elektron Auger dan bagaimana ianya dihasilkan.
(5 markah)
- (b) Bandingkan secara ringkas kepekaan teknik AES dan XPS.
(5 markah)

...8/-

- (c) Dalam pengelasan kelok-kelok haba penjerapan isosterik, Oldenkamp dan Houghton telah membahagikannya kepada empat jenis. Terangkan secara ringkas berserta dengan gambarajah keempat-empat jenis kelok haba tersebut.
- (10 markah)
4. (a) Terangkan EMPAT ujian eksperimen yang khas untuk mencirikan sesuatu proses penjerapan itu sebagai penjerapan fizik atau kimia.
- (10 markah)
- (b) Nyatakan andaian-andaian yang digunakan untuk menerbitkan persamaan Langmuir bagi penjerapan suatu gas ke atas pepejal. Dengan bantuan gambarajah, tunjukkan kesan nilai pemalar b dalam persamaan Langmuir terhadap bentuk isotermnya.
- (10 markah)
5. (a) Dengan memberi contoh yang sesuai, terangkan kaedah-kaedah untuk menghasilkan pepejal dengan luas permukaan yang tinggi. Bagi pepejal yang terdiri daripada zarah-zarah halus, tunjukkan bagaimana menentukan luas permukaannya. Anggapkan zarah-zarah tersebut mempunyai ukuran diameter yang sama.
- (10 markah)
- (b) Sejumlah 400 cm^3 (STP) g^{-1} gas nitrogen telah terjerap, tekanan semasa penjerapan dan penyaherapan masing-masing ialah 630 mm Hg dan 597 mm Hg .
- (i) Dengan membuat andaian yang munasabah, hitunglah sudut sentuh penjerapan.
- (ii) Hitunglah jejari liang min Kelvin daripada tekanan relatif penyaherapan
- (Tegangan permukaan dan ketumpatan nitrogen pada 77 K masing-masing ialah $8.85 \text{ dyne cm}^{-1}$ dan 0.808 g cm^{-3} ; jisim relatif nitrogen, $N=14$ dan tekanan wap tepu nitrogen ialah 760 mm Hg).
- (10 markah)

6. (a) Menukarkan suatu bahan berjisim tetap daripada keadaan pukal kepada zarah-zarah kecil adalah sama dengan suatu proses mudah seperti mematahkan bahan tersebut kepada dua bahagian, yang demikian menghasilkan dua permukaan dengan luas permukaan yang sama (A), dan memisahkan mereka hingga ke jarak infiniti. Proses ini melibatkan tenaga kerja dan perubahan kepada sifat-sifat termodinamik molekul pada permukaan yang terbentuk seperti yang ditunjukkan, misalnya, oleh perubahan tenaga bebas, ΔG , dalam hampagas. Pertimbangkan proses ini dan sempurnakan perihal berikut:
- (a) Lakarkan perubahan tenaga bebas sebagai fungsi jarak pemisahan berdasarkan plot tenaga bebas permukaan, ΔG , melawan jarak pemisahan, H .
(2 markah)
- (b) Apakah punca kepada perubahan tenaga bebas? Jelaskan dengan ringkas.
(4 markah)
- (c) Jelaskan secara ringkas tren keluk tenaga bebas pada plot (a) merujuk kepada daya antaramolekul, ketengana permukaan, dan jarak pemisahan.
(6 markah)
- (d) Pada pemisahan infiniti, berikan suatu persamaan yang menghubungkan tenaga bebas permukaan dengan permukaan A dan tegangan permukaan, σ^0 . Nyatakan kesan keatas σ^0 apabila hampagas ditukarkan dengan suatu medium cecair.
(5 markah)
- (e) Nilai positif ($d\Delta G/dH$) bererti bahawa permukaan (atau zarah) sentiasa menarik antara satu sama lain. Lakarkan suatu plot tenaga bebas tarikan, ΔG_{att} , melawan H .
(3 markah)

7. (a) Kaedah Hamaker adalah suatu pendekatan umum yang diterima pakai untuk menganggarkan tarikan antara-zarah. Sempurnakan perihal berikut:
- (i) Tuliskan suatu persamaan tenaga bebas tarikan, ΔG_{att} , bagi suatu sistem hipotetikal terdiri daripada dua zarah sfera yang serupa dengan jejari a , berada pada jarak pemisahan H diukur dari permukaan-ke-permukaan dalam hampagas. Huraikan secara ringkas kebergantungannya kepada tabii bahan zarah seperti yang tersirat didalam pemalar Hamaker.
 - (ii) Sistem seperti (i) dimasukkan kedalam suatu medium cecair. Jelaskan secara ringkas perubahan keatas tenaga bebas tarikan dengan merujuk kepada ungkapan baru pemalar Hamaker. Tuliskan persamaan bagi ΔG_{att} .
 - (iii) Bandingkan (i) dan (ii) berdasarkan plot tenaga bebas ΔG_{att} melawan jarak pemisahan H .
- (10 markah)
- (b) Pertimbangkan suatu zarah bercas, q_1 , dalam hampagas.
- (i) Jelaskan secara ringkas maksud medan elektrik dan potensi elektrik zarah berkaitan. Gunakan persamaan matematik dimana perlu.
 - (ii) Anggapkan bahawa zarah berkenaan dimasukkan kedalam suatu larutan elektrolit. Menggunakan potensi elektrik dan hokum Boltzmann, huraikan taburan cas net, pembentukan lapisan-dubel elektrik, dan kehadiran ion bertentang dalam larutan elektrolit.
 - (iii) Dalam satu gambar rajah, lakarkan plot-plot potensi elektrik, ψ , melawan jarak dari zarah, z , dalam tiga larutan elektrolit mengikut penurunan kepekatan. Nyatakan kesan kepekatan larutan elektrolit keatasnya.
- (10 markah)