

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2005/2006

November 2005

**IEK 204 – OPERASI UNIT II**  
*[Unit Operation II]*

Masa: 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN (9) mukasurat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **EMPAT (4)** soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia ATAU Bahasa Inggeris.

1. (a) Suhu udara dalam suatu gelanggang luncur ais ialah  $22^{\circ}\text{C}$  dan suhu dinding ialah  $24^{\circ}\text{C}$ . Pekali pemindahan haba perolakan antara ais dengan udara ialah sekitar  $11 \text{ W/m}^2$ . Ini disebabkan oleh pergerakan udara dan pergerakan peluncur ais. Emisiviti ais ialah 0.94.
- Kira kadar penyejukan dalam watt (W) yang diperlukan untuk menetapkan suhu ais pada  $0^{\circ}\text{C}$  jika gelanggang itu berukuran  $12 \times 40 \text{ m}$ .
  - Kira berapa lamakah masa untuk tebal ais menyusut  $4 \text{ mm}$  jika kuasa elektik terputus. Anggap gelanggang ais ditebat sepenuhnya di bahagian bawah dan diberi haba pelakuran ais ialah  $3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$  dan ketumpatan ais  $1000 \text{ kg/m}^3$ .
  - Bincang mengenai proses pemindahan haba yang berlaku di sesuatu gelanggang luncur ais seperti di dalam soalan ini.  
Pemalar Stefan Boltzmann  $\sigma = 5.688 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$

(70 markah)

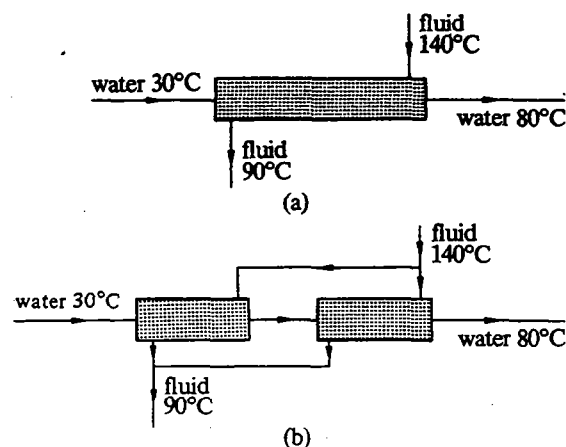
- (b) Jelaskan dengan ringkas kegunaan perindustrian bagi kursus kejuruteraan pemindahan haba.

(30 markah)

2. (a) Dua skema alat penukar haba aliran songsang ditunjukkan di dalam rajah di bawah. Setiap skema diperlukan untuk menyejukkan secara songsang suatu bendalir panas dari suhu  $140^{\circ}\text{C}$  menjadi  $90^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan air pada kadar  $2.4 \text{ kg/s}$ . Suhu masuk air ialah  $30^{\circ}\text{C}$  dan keluar pada  $80^{\circ}\text{C}$ . Dalam skema (b) setiap unit menerima separuh dari aliran bendalir panas dalam skema (a). Pekali pemindahan haba keseluruhan untuk kedua-dua skema ialah  $1.0 \text{ kW/(m}^2 \text{ K)}$ . Kira jumlah luas permukaan penukar haba bagi kedua-dua skema jika nisbah kapasiti ialah 1.

$$\text{Nisbah kapasiti, } C = (mCp)_c / (mCp)_h \text{ jika } (mCp)_h > (mCp)_c$$

$$C = (mCp)_h / (mCp)_c \text{ jika } (mCp)_h < (mCp)_c$$



(60 markah)

- (b) Jelaskan secara ringkas mengenai sebutan 'perbezaan suhu log min' untuk alat penukar haba kemudian terbitkannya untuk suatu penukar haba aliran selari.

(40 markah)

3. (a) Semasa beroperasi, alat penukar haba boleh menjadi kotor dengan akumulasi pelbagai deposit di atas permukaan pemindahan haba. Jelaskan apa yang kamu tahu perkara berkaitan dengan kotoran alat penukar haba.

(50 markah)

- (b) Air mengalir pada suhu purata 80°C dan halaju purata 0.18 m/s melalui suatu tiub kuprum ID (garis pusat dalam) 2.5 cm yang nipis. Udara pada suhu 20°C mengalir merentasi tiub itu dengan halaju 15 m/s. Abaikan rintangan dinding kemudian kira pekali pemindahan haba keseluruhan dan kadar kehilangan haba setiap meter tiub.

Sifat fizikal air pada 80°C ialah:

$$\nu = \mu/\rho = 0.364 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad k = 0.668 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad \text{Pr} = 2.22$$

Persamaan Dittus-Boelter untuk menentukan pekali pemindahan haba aliran air ialah:

$$\text{Nu} = 0.023 \text{ Re}^{0.8} \text{ Pr}^{0.3}$$

Sifat fizikal udara untuk suhu filem udara di luar tiub ialah:

$$\nu = \mu/\rho = 18.22 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad k = 0.0281 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}) \quad \text{Pr} = 0.703$$

Nombor Nusselt untuk aliran udara ialah:

$$\text{Nu} = (0.4 \text{ Re}^{0.5} + 0.06 \text{ Re}^{0.2/3}) \text{ Pr}^{0.4}$$

(50 markah)

4. (a) Terbitkan suatu ungkapan untuk pemindahan haba melalui dinding rata jika kekonduksian  $k = k_0 (1 + \beta T)$ . Nyatakan andaian kamu.

(30 markah)

4. (b) Suatu paip keluli digunakan untuk saluran stim. Paip itu dibalut dengan asbestos untuk mengurangkan kehilangan haba. Dengan menggunakan konsep rintangan haba, kira kehilangan haba setiap meter paip.

Diberi

Garis pusat luar paip	= 13 cm
Suhu dinding paip	= 130°C
Tebal lapisan asbestos	= 3 cm
Kekonduksian asbestos	= 0.1 W/(m.°C)
Pekali pemindahan haba perolakan di luar paip	= 23 W/(m <sup>2</sup> .°C)
Suhu persekitaran	= 30°C

(40 markah)

- (c) Suhu persekitaran sebuah relau ialah 40°C. Dinding relau (rata) ditutup dengan penebat di bahagian luar setebal 4.0 cm. Kekonduksian penebat ialah 1.4 W/m.°C. Suhu antaramuka dinding relau dengan penebat ialah 314°C. Kira nilai pekali pemindahan haba perolakan di persekitaran luar, jika suhu permukaan luar penebat ialah 44°C.

(30 markah)

5. (a) Terbitkan suatu ungkapan untuk taburan suhu satu dimensi  $T(x)$ , bagi suatu dinding, tebal  $L$  tanpa penjaan haba apabila permukaan pada sempadan  $x = 0$  ditetapkan pada suhu  $T_0$  dan di permukaan pada sempadan  $x = L$  haba hilang melalui proses perolakan ke persekitaran. Pekali pemindahan haba perolakan ke udara persekitaran ialah  $h$ . Suhu udara persekitaran ialah  $T_a$ . Andaikan kekonduksian haba dinding adalah malar.

Diberi persamaan konduksi haba umum

$$\left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + g/k = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}, \quad \alpha \text{ ialah kemeresapan termal dalam unit m}^2/\text{s}$$

(50 markah)

- (b) Suatu penyejat kesan tunggal beroperasi pada  $13 \text{ kN/m}^2$ . Apakah luas permukaan yang diperlukan untuk memekatkan  $1.25 \text{ kg/s}$  larutan  $10\% \text{ NaOH}$  sehingga menjadi  $40\%$  seandainya nilai  $U$  ialah  $1.2 \text{ kW/m}^2 \text{ K}$  dengan menggunakan stim pada suhu  $390 \text{ K}$ ? Katakan permukaan pemanas berada  $1.2 \text{ m}$  di bawah paras permukaan cecair.

Diberi :

Tambahan takat didih larutan	= $30 \text{ K}$
Suhu suapan	= $291 \text{ K}$
Haba spesifik suapan	= $4.0 \text{ kJ/kg K}$
Haba spesifik hasilan	= $3.26 \text{ kJ/kg K}$
Graviti spesifik larutan mendidih	= $1.39$
Suhu didih air pada $13 \text{ kN/m}^2$	= $324 \text{ K}$
Suhu stim tepu pada $29.4 \text{ kN/m}^2$	= $341 \text{ K}$
Entalpi stim pada $371 \text{ K}$	= $2672 \text{ kJ/kg}$
Pecutan graviti	= $9.81 \text{ m}^2/\text{s}$

(50 markah)

1. (a) The air temperature in an indoor ice-skating rink is at  $22^{\circ}\text{C}$  and the walls are at  $24^{\circ}\text{C}$ . The convection heat transfer coefficient between the ice and air is about  $11\text{ W/m}^2$  and this is due to air movement and the skaters' motion. The emissivity of the ice is about 0.94.

- (i) Calculate the cooling rate in watt (W) required to maintain ice at  $0^{\circ}\text{C}$  for an ice rink having dimensions of 12 by 40 m.
- (ii) Calculate how long it would take to melt 4 mm of ice from the surface of the rink if there is a power failure and the surface is considered insulated on the back side given that the heat of fusion of ice is  $3.34 \times 10^5\text{ J/kg}$  and ice density is  $1000\text{ kg/m}^3$ .
- (iii) Discuss the heat transfer processes happening at an ice skating rink such as in this question.

$$\text{Stefan Boltzmann constant } \sigma = 5.688 \times 10^{-8}\text{ W/(m}^2\cdot\text{K}^4)$$

(70 marks)

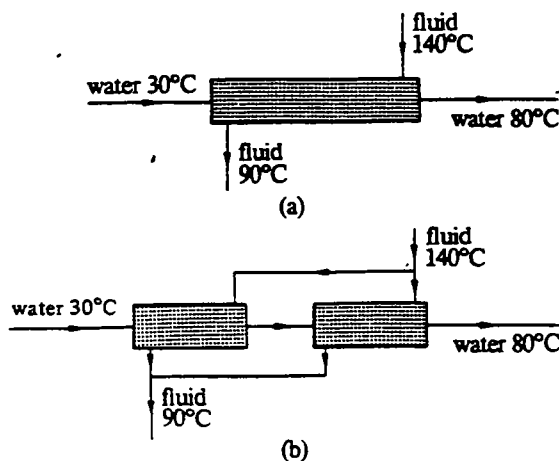
- (b) Briefly describe industrial applications of an engineering heat transfer course.

(30 marks)

2. (a) Two counter flow heat exchanger schemes are shown in the diagrams below. In each scheme it is required to cool a hot fluid from  $140^{\circ}$  to  $90^{\circ}\text{C}$  using a counter flow rate of water  $2.4\text{ kg/s}$  entering at  $30^{\circ}$  and leaving at  $80^{\circ}\text{C}$ . In scheme (b) each unit takes half the flow of the hot fluid in scheme (a). The overall heat transfer coefficient is  $1.0\text{ kW/(m}^2\text{ K)}$  in both cases. Calculate the total area of heat exchange surface in both schemes assuming a capacity ratio of 1.

$$\text{Capacity ratio, } C = (mCp)_c / (mCp)_h \text{ if } (mCp)_h > (mCp)_c$$

$$C = (mCp)_h / (mCp)_c \text{ if } (mCp)_h < (mCp)_c$$



(60 marks)

...7/-

- (b) Explain briefly the term 'log mean temperature difference' as applied to a heat exchanger and derive it for a co-current heat exchanger.

(40 marks)

3. (a) During operation, heat exchangers become fouled with an accumulation of deposits of various kinds on heat transfer surfaces. Elaborate on what you know regarding fouling in heat exchangers.

(50 marks)

- (b) Water flows with a mean temperature of  $80^{\circ}\text{C}$  and a mean velocity of  $0.18\text{ m/s}$  inside a  $2.5\text{ cm}$  ID, thin walled copper tube. Atmospheric air (mean temperature  $20^{\circ}\text{C}$ ) flows at a mean velocity of  $15\text{ m/s}$  across the tube. Neglecting the tube wall resistance, calculate the overall heat transfer coefficient and the rate of heat loss per metre length of tube.

The physical properties of water at  $80^{\circ}\text{C}$  are

$$\nu = \mu/\rho = 0.364 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad k = 0.668 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}) \quad Pr = 2.22$$

Dittus Boelter equation to determine heat transfer coefficient for water flow is:

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3}$$

The physical properties of air film temperature outside the tube are:

$$\nu = \mu/\rho = 18.22 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad k = 0.0281 \text{ W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}) \quad Pr = 0.703$$

The Nusselt number for the air flow is determined by:

$$Nu = (0.4 Re^{0.5} + 0.06 Re^{0.2/3}) Pr^{0.4}$$

(50 marks)

4. (a) Derive an expression for heat transfer through a flat wall if the conductivity is  $k = k_0 (1 + \beta T)$ . State your assumptions.

(30 marks)

- (b) *A steel pipe is to be used to convey steam. The pipe is lagged with asbestos to reduce heat loss. By using heat resistance concept, calculate heat loss per metre of pipe.*

Given:

Pipe external diameter	= 13 cm
Pipe wall temperature	= 130°C
Thickness of asbestos lagging	= 3 cm
Conductivity of asbestos	= 0.1 W/(m.°C)
Convection coefficient outside the pipe	= 23 W/(m <sup>2</sup> .°C)
Ambient temperature	= 30°C

(40 marks)

- (c) *The ambient temperature of a furnace is 40°C. The (flat) furnace wall is insulated on the outside with a 4.0 cm layer of insulating material. The conductivity of the insulating material is 1.4 W/m.°C. The interface between the wall and the insulator is at 314°C.*

Calculate the external heat transfer coefficient if the exposed surface of the insulation is at 44°C.

(30 marks)

5. (a) Derive an expression for one-dimensional, steady-state temperature distribution  $T(x)$  in a wall of thickness  $L$ , with no heat generation, when the boundary surface at  $x = 0$  is kept at a uniform temperature  $T_0$  and the boundary surface at  $x = L$  dissipates heat by convection with a heat transfer coefficient  $h$  into the ambient air at temperature  $T_a$ . Assume constant thermal conductivity.

Given the general heat conduction equation

$$\left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + g/k = \frac{1}{\alpha} \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}, \quad \alpha \text{ thermal diffusivity in } m^2/s$$

(50 marks)



- (b) *A single effect evaporator operates at 13 kN/m<sup>2</sup>. What will be the heating surface necessary to concentrate 1.25 kg/ of 10% NaOH solution to 40% assuming U of 1.2 kW/m<sup>2</sup> K using steam at 390 K? The heating surface is 1.2 m below the liquid level.*

*Given :*

<i>Boiling point rise of solution</i>	<i>= 30 K</i>
<i>Feed temperature</i>	<i>= 291 K</i>
<i>Specific heat of feed</i>	<i>= 4.0 kJ/kg K</i>
<i>Specific heat of product</i>	<i>= 3.26 kJ/kg K</i>
<i>Specific gravity of boiling liquid</i>	<i>= 1.39</i>
<i>Boiling point of water at 13 kN/m<sup>2</sup></i>	<i>= 324 K</i>
<i>Saturated steam temperature at 29.4 kN/m<sup>2</sup></i>	<i>= 341 K</i>
<i>Steam enthalpy at 371 K</i>	<i>= 2672 kJ/kg</i>
<i>Gravity accelaration</i>	<i>= 9.81 m<sup>2</sup>/s</i>

*(50 marks)*