



First Semester Examination  
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

**ESA203 – Thermodynamics and Heat Transfer**  
***[Termodinamik dan Pemindahan Haba]***

Duration : 3 hours  
(Masa : 3 jam)

---

Please check that this examination paper consists of **TWELVE (12)** pages of printed material, included **ONE (1)** page appendix and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** mukasurat yang bercetak termasuk **SATU (1)** mukasurat lampiran dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

**Instructions** : Answer **ALL** questions.

**Arahan** : Jawab **SEMUA** soalan].

1. **Appendix/Lampiran** **[1 page/mukasurat]**

Student may answer the questions either in **English** or **Bahasa Malaysia**.

*[Pelajar boleh menjawab soalan dalam **Bahasa Inggeris** atau **Bahasa Malaysia**].*

Each questions must begin from a new page.

*[Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai]*

1. (a). With the help of diagrams, explain briefly the following concepts,
- (i). First law thermodynamics
  - (ii). Reversible process
  - (iii). Irreversible process
- (30 marks)**

- (b). By using first law thermodynamics for closed system, please **DERIVE** to show that the heat input  $Q$  of a reversible process at constant pressure is given by:

$$Q = C_v(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1)$$

**(30 marks)**

- (c). A gas flows through a turbine with mass flow rate of 17 kg/s and work done by the turbine is 14 MW. Enthalpies at inlet and outlet are 1200 kJ/kg and 360 kJ/kg respectively. Calculate the heat transfer from the turbine and cross sectional area of the inlet pipe if the specific volume and velocity at inlet is 0.5 m<sup>3</sup>/kg and 200 m/s respectively (Neglect the velocity change and height of the inlet and outlet).

**(40 marks)**

2. (a). Explain the terms saturated steam, superheated steam and dryness fraction. Describe briefly the importance of keeping the steam dry and explain how this is achieved in practice.

**(30 marks)**

- (b). Find the pressure, temperature, region and specific internal energy of steam (A to H) in the following Table Q2(b):

Table Q2(b)

Pressure	Temp.	Region	u [kJ/kg]
325kPa	A	B	2545.9
C	225°C	x= 0.7	D
1.5MPa	150°C	E	F
0.25MPa	500°C	G	H

**(30 marks)**

- (c). Steam at 0.6 MPa, 200 °C enters an insulated nozzle with a velocity of 50m/s. It leaves at a pressure of 0.15 MPa and a velocity of 600 m/s. Calculate the final temperature if the steam is superheated in the final state, and the dryness fraction if it is saturated (Neglect the change of potential energy).

**(40 marks)**

3. (a). With the help of diagrams, explain the Clausius and Kelvin-Planck statements and show also both statements of the second law are equivalent.

**(30 marks)**

- (b). A utility company desires to use a hot groundwater from a hot spring to power a heat engine. If the groundwater temperature is at 95 °C, calculate the maximum power output if the mass flow rate of water is 0.2 kg/s. Assume the atmosphere temperature is 20 °C.

**(30 marks)**

- (c). A turbine is supplied by steam at 400 kPa, 400 °C expands at steady flow rate to the outlet at 20 kPa, with dryness fraction of 0.93. The velocity at inlet can be neglected but the steam leaves the turbine at high velocity through a duct of 0.14 m<sup>2</sup> cross sectional area. If the mass flow rate of steam is 3 kg/s and mechanical efficiency is 90 %, calculate the output power produced by the turbine. Show also the process is irreversible and calculate the entropy change (neglect heat loss from the turbine).

**(40 marks)**

4. (a). What are the **THREE** (3) mechanisms of heat transfer? How are they distinguished from each other?

**(15 marks)**

- (b). Write down the expressions for the **THREE** (3) physical laws that govern each mechanism of heat transfer, and identify the variables involved in each relation.

**(15 marks)**

- (c). A 2-m-long, 0.3-cm-diameter electrical wire extends across a room at 15 °C, as shown in **Figure Q4(c)**. Heat is generated in the wire as a result of resistance heating, and the surface temperature of the wire is measured to be 152 °C in steady operation. Also, the voltage drop and electric current through the wire are measured to be 60 V and 1.5 A, respectively. Please ignore any heat transfer by radiation, determine the convection heat transfer coefficient for heat transfer between the outer surface of the wire and the air in the room.

**(30 marks)**

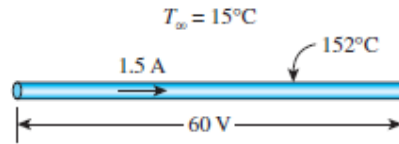


Figure Q4(c)

- (d). Consider a 20-cm-diameter spherical ball at 800 K suspended in air as show in **Figure Q4(d)**. Assuming the ball is closely approximates a blackbody, determine

- (i). the total blackbody emissive power, and
- (ii). the total amount of radiation emitted by the ball in 5 min.

**(40 marks)**

Given,  $\alpha = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

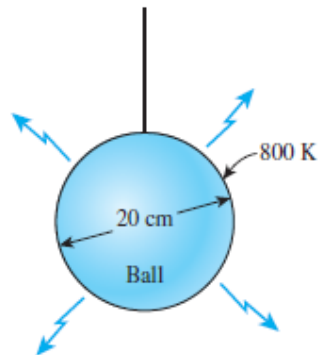


Figure Q4(d)

5. (a). Classify **THREE** (3) types of heat exchangers according to flow type and explain the characteristics of each type.

**(15 marks)**

- (b). What is the role of the baffles in a shell-and-tube heat exchanger? Explain how does the presence of baffles affect the heat.

**(15 marks)**

(c). A double-pipe-parallel-flow heat exchanger is used to heat up a cold tap water with hot water. The hot water ( $c_p = 4.25 \text{ kJ/kgK}$ ) enters the tube at  $85^\circ\text{C}$  at a rate of  $1.4 \text{ kg/s}$  and leaves at  $50^\circ\text{C}$ . The heat exchanger is not well insulated, and it is estimated that 3 percent of the heat given up by the hot fluid is lost from the heat exchanger. The overall heat transfer coefficient and the surface area of the heat exchanger are  $1150 \text{ W/m}^2\text{K}$  and  $4 \text{ m}^2$ , respectively, determine,

(i). the rate of heat transfer to the cold water.

**(10 marks)**

(ii). the log mean temperature difference for this heat exchanger.

**(10 marks)**

(d). A shell-and-tube heat exchanger is used for heating  $10 \text{ kg/s}$  of oil ( $c_p = 2.0 \text{ kJ/kgK}$ ) from  $25^\circ\text{C}$  to  $46^\circ\text{C}$ . The heat exchanger have 1-shell pass and 6-tube passes. Water enters the shell side at  $80^\circ\text{C}$  and leaves at  $60^\circ\text{C}$ . The overall heat transfer coefficient is estimated to be  $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Calculate,

(i). the rate of heat transfer.

**(15 marks)**

(ii). the heat transfer area.

**(35 marks)**

1. (a). *Terangkan dengan ringkas konsep-konsep berikut berbantuan gambarajah:*

(i). *Hukum termodinamik pertama*

(ii). *Proses boleh-balik*

(iii). *Proses tidak boleh-balik*

**(30 markah)**

(b). *Dengan menggunakan hukum pertama termodinamik bagi sistem tertutup, tunjukkan haba terbekal  $Q$  bagi proses boleh-balik pada tekanan malar diberikan sebagai:*

$$Q = C_v(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1)$$

**(30 markah)**

(c). *Suatu gas mengalir melalui turbin pada kadar aliran jisim 17kg/s dan kuasa terhasil oleh turbin adalah 14MW. Entalpi pada salur masuk dan salur keluar masing-masing 1200kJ/kg dan 360kJ/kg. Kirakan kadar haba terbebas daripada turbin dan luas keratan rentas salur masuk jika isipadu tentu dan halaju di salur masuk masing-masing adalah 0.5m<sup>3</sup>/kg dan 200m/s (Abaikan perubahan halaju dan ketinggian di salur masuk dan salur keluar).*

**(40 markah)**

2. (a). *Terangkan istilah stim tepu, stim panas lampau dan pecahan kekeringan. Terangkan dengan ringkas pentingnya mengekalkan stim kering dan terangkan bagaimana ianya boleh dicapai secara praktik.*

**(30 markah)**

- (b). Carikan tekanan, suhu, kawasan dan tenaga dalam tentu bagi stim dalam (A –H) dalam jadual S2(b):

Jadual S2(b)

Tekanan	Suhu	Kawasan	u [kJ/kg]
325kPa	A	B	2545.9
C	225°C	x= 0.7	D
1.5MPa	150°C	E	F
0.25MPa	500°C	G	H

**(30 markah)**

- (c). Stim pada 0.6 MPa, 200 °C memasuki sebuah muncung tertebat dengan halaju 50 m/s. Stim meninggalkan pada 0.15 MPa dan halaju 600 m/s. Kirakan suhu akhir jika stim adalah panas lampau pada keadaan akhir, dan pecahan kekeringan jika ianya adalah tepu (Abaikan perubahan tenaga keupayaan).

**(40 markah)**

3. (a). Terangkan pernyataan Clausius dan Kelvin-Planck dengan bantuan gambarajah dan tunjukkan kedua-dua pernyataan mereka bagi hukum keduanya adalah setara.

**(30 markah)**

- (b). Sebuah syarikat pembekal kemudahan bercadang menggunakan air panas di bawah tanah daripada sumber mata air panas bagi membekalkan kuasa kepada sebuah enjin haba. Jika suhu air di bawah tanah ialah pada 95 °C, kirakan kuasa maksimum jika kadar aliran jisim air ialah 0.2 kg/s. Anggapkan suhu atmosfera ialah 20 °C.

**(30 markah)**



- (c). Sebuah turbin dibekalkan dengan stim pada 400 kPa, 400 °C yang mengembang melalui turbin pada kadar aliran mantap ke salur keluar pada tekanan 20 kPa, dengan pecahan kekeringan 0.93. Halaju di salur masuk boleh diabaikan tetapi stim meninggalkan turbin dengan halaju tinggi melalui saluran berkeratan rentas 0.14 m<sup>2</sup>. Jika kadar aliran jisim ialah 3 kg/s dan kecekapan mekanikal 90 %, kirakan kuasa keluaran bagi turbin. Tunjukkan juga bahawa proses ini adalah tak boleh-balik dan kirakan perubahan entropi (abaikan kehilangan haba daripada turbin).

**(40 markah)**

4. (a). Apakah **TIGA**(3) mekanisma pemindahan haba? Bagaimana mekanisma ini berlainan di antara satu sama lain?

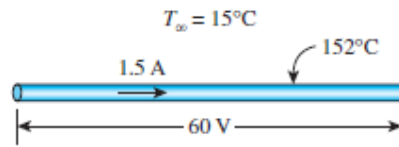
**(15 markah)**

- (b). Tuliskan persamaan **TIGA**(3) hukum fizikal yang mengawal setiap mekanisma pemindahan haba, dan tentukan pemboleh ubah yang terlibat dalam setiap perhubungan.

**(15 markah)**

- (c). Satu wayar elektrik sepanjang 2 m dan berdiameter 0.3 cm merintang sebuah bilik dengan suhu 15 °C, seperti yang ditunjukkan oleh **Rajah S4(c)**. Haba yang dijanakan di dalam wayar disebabkan oleh pemanasan rintangan dan ukuran suhu permukaan luar wayar adalah 152 °C dengan operasi berkekalan. Juga penurunan voltan dan arus elektrik melalui wayar berkenaan telah diukur dengan bacaan 60 V dan 1.5 A. Abaikan pemindahan haba secara radiasi, tentukan pekali pemindahan haba perolakan di antara permukaan luar wayar dan udara di dalam bilik tersebut.

**(30 markah)**



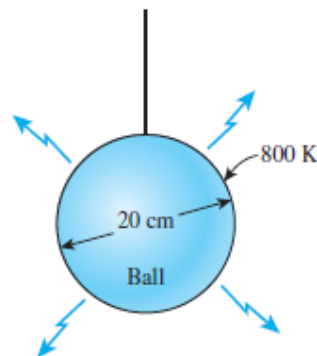
Rajah S4(c)

(d). Pertimbangkan satu sfera berdiameter 20 cm pada suhu 800 K tergantung di udara seperti yang ditunjukkan oleh **Rajah S4(d)**. Anggapkan bola tersebut adalah menghampiri keseluruhan sifat jasad hitam, tentukan

- (i). Kuasa pancaran jasad hitam keseluruhannya.
- (ii). Jumlah keseluruhan pancaran radiasi oleh bola tersebut selama 5 minit.

(40 markah)

Diberikan,  $\alpha = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$



Rajah S4(d)

5. (a). *Klasifikasikan **TIGA**(3) jenis penukar haba berdasarkan jenis aliran dan bincangkan ciri-ciri untuk setiap jenis.*

**(15 markah)**

- (b). *Apa peranan sesekat di dalam penukar haba kelompok? Bagaimana dengan terpasangnya sesekat memberikan kesan terhadap haba. Bincangkan.*

**(15 markah)**

- (c). *Satu penukar haba jenis aliran selari dua-paip digunakan untuk memanaskan air sejuk dengan menggunakan air panas. Air panas ( $c_p = 4.25 \text{ kJ/kgK}$ ) memasuki tiub pada  $85^\circ\text{C}$  pada kadar  $1.4 \text{ kg/s}$  dan keluar pada suhu  $50^\circ\text{C}$ . Penukar haba ini tidak ditebat sepenuhnya dan dijangkakan 3 peratus daripada haba yang diberikan oleh bendalir panas berlaku kehilangan. Jika pekali keseluruhan penukar haba adalah  $1150 \text{ W/m}^2\text{K}$  dan luas permukaan penukaran haba adalah  $4\text{m}^2$ , tentukan,*

- (i). *kadar pemindahan haba kepada air yang sejuk*

**(10 markah)**

- (ii). *log purata perbezaan suhu untuk penukar haba ini.*

**(10 markah)**

- (d). *Satu penukar haba kelompok digunakan untuk memanaskan  $10 \text{ kg/s}$  minyak ( $c_p = 2.0 \text{ kJ/kgK}$ ) daripada suhu  $25^\circ\text{C}$  kepada suhu  $46^\circ\text{C}$ . Penukar haba mempunyai 1 kelompok dan 6 saluran tiub. Air memasuki kelompok pada suhu  $80^\circ\text{C}$  dan keluar pada suhu  $60^\circ\text{C}$ . Pekali keseluruhan penukar haba adalah  $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tentukan,*

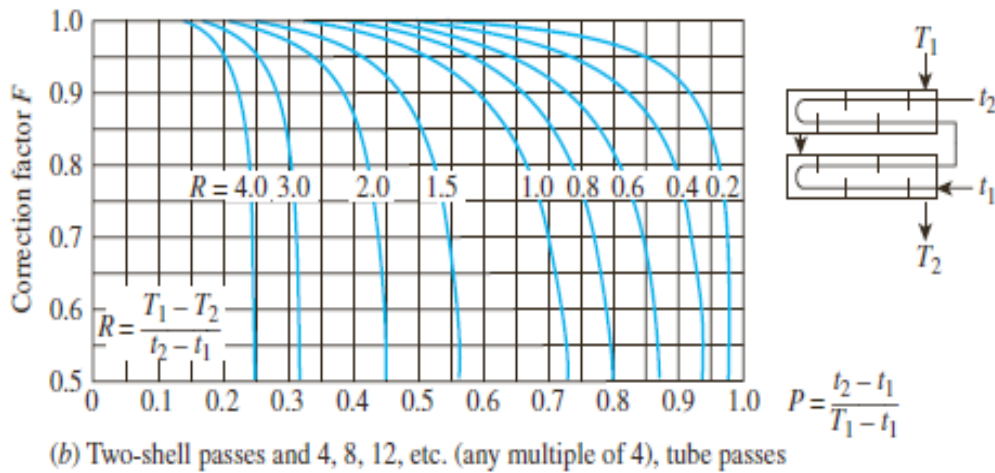
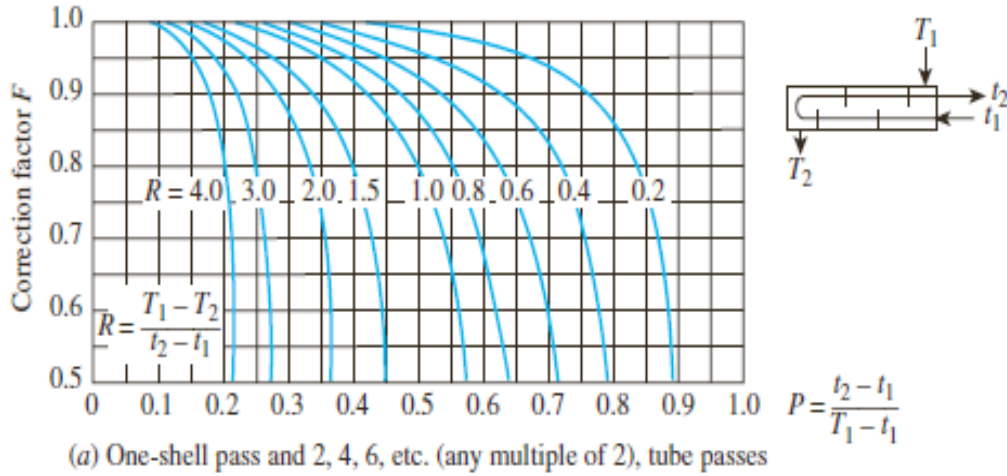
- (i) *Kadar pemindahan haba*

**(15 markah)**

- (ii). *Keluasan kawasan pemindahan haba*

**(35 markah)**

APPENDIX 1/LAMPIRAN 1



Correction Factor Charts

- 000000 -