



First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019/January 2020

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)** pages appendix and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUABELAS (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].

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 the following types of Thermodynamics Processes:

- (i). Cyclic process
- (ii). Reversible process
- (iii). Irreversible process

(30 marks)

(b). Sketch a pressure –volume diagram for steam. On the diagram mark and label the **pressure, specific volume** and **temperature**:

- (i). $p = 20 \text{ bar}$, $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$
- (ii). $t = 212.4 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 0.09957 \text{ m}^3/\text{kg}$
- (iii). $p = 10 \text{ bar}$, $h = 2650 \text{ kJ/kg}$
- (iv). $p = 6 \text{ bar}$, $h = 3166 \text{ kJ/kg}$

(20 marks)

(c). A perfect gas has a molar mass of 26 kg/kmol and a value of $\gamma = 1.26$. Calculate the heat rejected for the following two conditions:

- (i). When unit mass of the gas is contained in a rigid vessel at 3 bar and $315 \text{ }^\circ\text{C}$, and is then cooled until the pressure falls to 1.5 bar .
- (ii). When unit mass flow rate of the gas enters a pipeline at $280 \text{ }^\circ\text{C}$, and flows steadily to the end of the pipe where the temperature is $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Neglect changes in velocity of the gas in the pipeline.

(50 marks)

2. (a). With the help of diagrams, explain briefly on the First Law of Thermodynamics, its governing equations and one example of engineering practices related to the First Law of Thermodynamics.

(20 marks)

- (b). 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 engineering practice.

(30 marks)

- (c). Steam enters the condenser of a steam power plant at 20 kPa and a quality of 95 % with a mass flow rate of 20000 kg/h. It is to be cooled by water from a nearby river by recirculating the water through the tubes within the condenser. If the steam is to leave the condenser as saturated liquid at 20 kPa, determine the amount of heat transferred to the cooling water. (Neglect the change of kinetic and potential energy).

(50 marks)

3. (a). With the help of diagrams, explain the Clausius and Kelvin-Planck statements and show that both statements of The Second Law of Thermodynamics are equivalent.

(20 marks)

- (b). Air enters an adiabatic compressor steadily at 100 kPa and 17 °C at a volume flow rate of 1.2 m³/s and exits at 257 °C. Neglecting the changes in kinetic and potential energies, determine the exit pressure of air and the power required to drive the compressor.

(40 marks)

- (c). Two Carnot engine operate in series between two reservoirs maintained at 600 °C and 100 °C, respectively. The energy rejected by the first engine is input into the second engine. If the first engine's efficiency is 20 percent greater than that of the second engine's efficiency, calculate the intermediate temperature.

(40 marks)

4. (a). Briefly discuss on:

- (i). State **THREE** mechanisms of heat transfer and how they are different from each other?
- (ii). How is natural convection different from forced convection?
- (iii). A black surface in radiation heat transfer process.

(30 marks)

- (b). Consider a 1.2 m high and 2 m wide glass window whose thickness is 6 mm and thermal conductivity is $k = 0.78 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$. Take the convection heat transfer coefficients on the inner and outer surfaces of the window to be $h_1 = 10 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ and $h_2 = 25 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ respectively. Disregard any heat transfer by radiation.

- (i). Determine the steady rate of heat transfer through this glass window.
- (ii). Calculate the temperature of its inner surface for a day during which the room is maintained at 24 °C while the temperature of the outdoor is -5 °C.

(40 marks)

- (c). Consider a 20 cm diameter spherical ball at 800 K suspended in air as shown in **Figure 4(c)**. Assuming the ball closely approximates a blackbody, determine:
- The emissive power of the ball
 - The total amount of radiation emitted by the ball in 5 min.

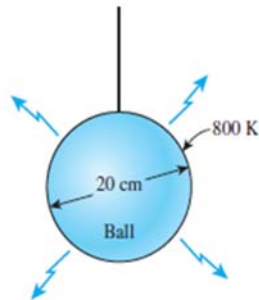


Figure 4(c)

(30 marks)

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

(15 marks)

- (b). A double-pipe parallel-flow heat exchanger is used to heat cold tap water with hot water. Hot water ($c_p = 4.25 \text{ kJ/kgK}$) enters the tube at $85 \text{ }^\circ\text{C}$ at a rate of 1.4 kg/s and leaves at $50 \text{ }^\circ\text{C}$. 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. If the overall heat transfer coefficient and the surface area of the heat exchanger is $1150 \text{ W/m}^2\text{K}$ and 4 m^2 , respectively, determine:

- The rate of heat transfer to the cold water
- The log mean temperature difference for this heat exchanger

(30 marks)

(c). A shell-and-tube heat exchanger is used for heating 10 kg/s of oil ($c_p = 2.0$ kJ/kgK) from 25 °C to 46 °C. The heat exchanger has 1-shell pass and 6-tube passes. Water enters the shell side at 80 °C and leaves at 60 °C. The overall heat transfer coefficient is estimated to be 1000 W/m²K. Calculate:

(i). The rate of heat transfer

(ii). The heat transfer area

(55 marks)

1. (a). Terangkan dengan ringkas jenis-jenis proses termodinamik berbantuan gambarajah:

- (i). Proses berkitar
- (ii). Proses boleh-balik
- (iii). Proses tidak boleh-balik

(30 markah)

(b). Lakarkan satu gambarajah Tekanan-Isipadu untuk stim. Di atas gambarajah tersebut tanda dan label **tekanan, isipadu tentu** dan **suhu**:

- (i). $p = 20 \text{ bar}$, $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$
- (ii). $t = 212.4 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 0.09957 \text{ m}^3/\text{kg}$
- (iii). $p = 10 \text{ bar}$, $h = 2650 \text{ kJ/kg}$
- (iv). $p = 6 \text{ bar}$, $h = 3166 \text{ kJ/kg}$

(20 markah)

(c). Satu gas sempurna dengan jisim molar 26 kg/kmol dan nilai $\gamma = 1.26$. Tentukan haba yang dikeluarkan untuk dua keadaan berikut:

- (i). Bila unit jisim gas dikekalkan dalam sebuah tangki tegar pada 3 bar dan $315 \text{ }^\circ\text{C}$ dan disejukkan sehingga tekanan jatuh kepada 1.5 bar .
- (ii). Bila kadar unit aliran jisim gas memasuki satu paip pada $280 \text{ }^\circ\text{C}$ dan mengalir secara malar ke hujung paip dengan suhu $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Abaikan perubahan halaju gas dalam saluran paip.

(50 markah)

2. (a). Berbantuan gambarajah, terangkan secara ringkas Hukum Pertama Termodinamik, persamaan-persamaan yang terlibat dan satu contoh praktikal kejuruteraan yang berdasarkan Hukum Pertama Termodinamik.

(20 markah)

- (b). Terangkan istilah stim tepu, stim panas lampau dan pecahan kekeringan. Terangkan dengan ringkas pentingnya mengekalkan stim kering dan terangkan bagaimana ianya boleh dicapai secara praktikal kejuruteraan.

(30 markah)

- (c). Stim memasuki pemeluap bagi sebuah loji kuasa pada 20 kPa dan berkualiti 95 peratus dengan kadar aliran jisim 20000 kg/jam. Ia disejukkan dengan air daripada sebatang sungai berdekatan dengan mengalirkan air melalui tiub dalam pemeluap. Jika stim meninggalkan pemeluap sebagai cecair tepu pada 20 kPa, tentukan jumlah haba berpindah kepada air penyejuk. (Abaikan perubahan tenaga kinetik dan keupayaan).

(50 markah)

3. (a). Terangkan pernyataan Claiusius dan Kelvin-Plank dengan bantuan gambarajah dan tunjukkan kedua-dua pernyataan mereka bagi hukum kedua termodinamik kedua-duanya adalah setara.

(20 markah)

- (b). Udara memasuki sebuah pamampat adiabatik secara mantap pada 100 kPa dan 17 °C pada kadar isipadu 1.2 m³/s dan keluar pada 257 °C. Abaikan perubahan tenaga kinetik dan keupayaan, tentukan tekanan di salur keluar dan kuasa yang dikehendaki untuk memandu pamampat.

(40 markah)

- (c). Dua buah enjin Carnot beroperasi dalam keadaan siri diantara dua takungan tetap masing-masing pada $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tenaga yang dibuang oleh enjin pertama adalah sebagai tenaga masukan kepada enjin kedua. Jika kecekapan enjin pertama adalah 20 peratus tinggi daripada kecekapan enjin kedua, kirakan suhu diantaranya.

(40 markah)

4. (a). Secara ringkas bincangkan:

- (i). Apakah **TIGA** mekanisma pemindahan haba dan bagaimana mekanisma ini berlainan di antara satu sama lain?
- (ii). Bagaimana perolakan semulajadi berbeza dengan perolakan paksaan?
- (iii). Satu permukaan hitam dalam proses pemindahan haba secara sinaran.

(30 markah)

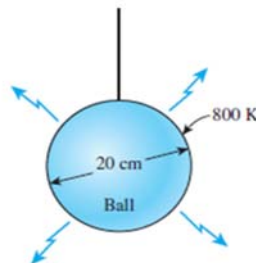
- (b). Pertimbangkan satu tingkap kaca dengan ketinggian 1.2 m , kelebaran 2 m dan ketebalan 6 mm mempunyai pekali keboleh aliran terma $k = 0.78\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$. Nilai pekali pemindahan panas perolakan pada permukaan dalam dan luar tingkap adalah $h_1 = 10\text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ and $h_2 = 25\text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$. Abaikan pemindahan panas secara sinaran.

- (i). Kirakan kadar pemindahan panas melalui tingkap.
- (ii). Tentukan suhu permukaan dalam tingkap pada hari dimana suhu bilik adalah $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan suhu luar adalah $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

(40 markah)

(c). Pertimbangkan satu sfera berdiameter 20 cm pada suhu 800 K tergantung di udara seperti yang ditunjukkan oleh **Gambarajah 4(c)**. Anggapkan bola tersebut adalah menghampiri keseluruhan sifat jasad hitam, tentukan:

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



Gambarajah 4(c)

(30 markah)

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

(15 markah)

(b). 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 $85 \text{ }^\circ\text{C}$ pada kadar 1.4 kg/s dan keluar pada suhu $50 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 4m^2 , tentukan:

- (i). Kadar pemindahan haba kepada air yang sejuk.
- (ii). Log purata perbezaan suhu untuk penukar haba ini.

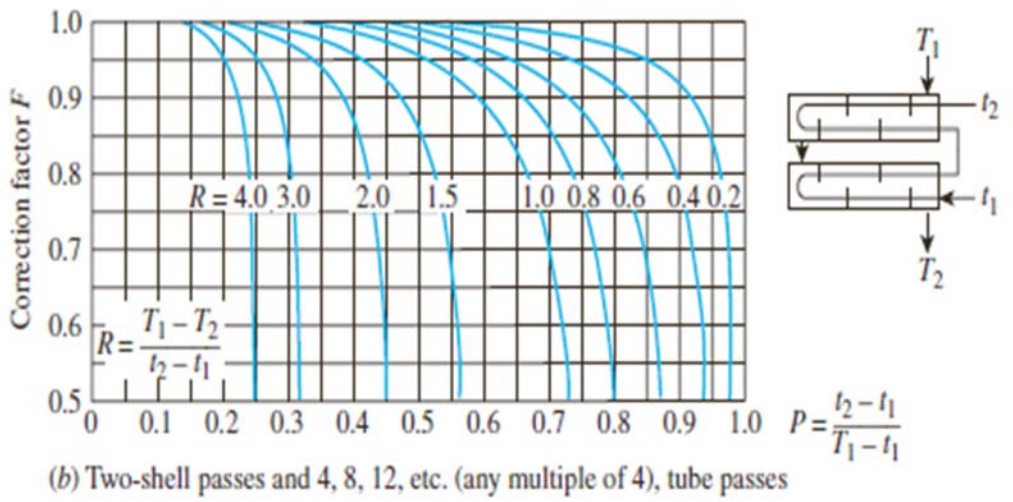
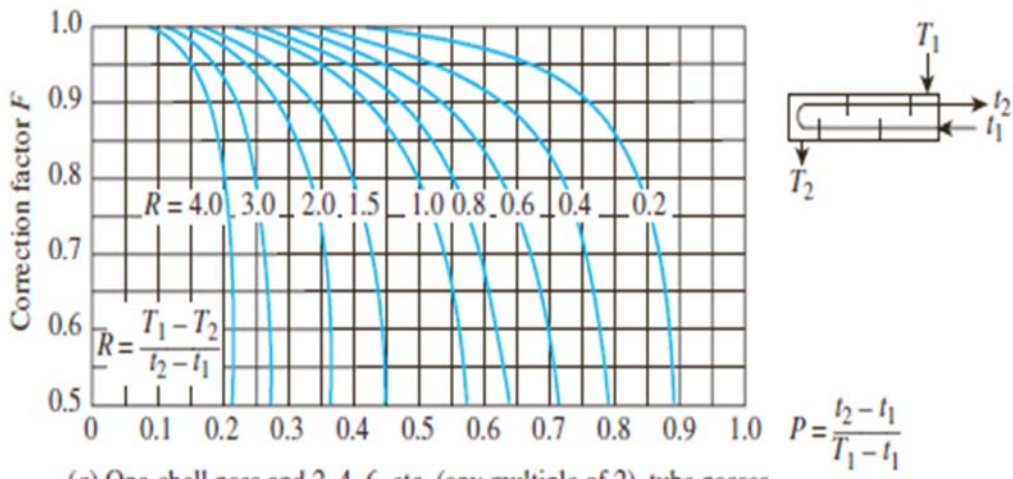
(30 markah)

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

- (i) Kadar pemindahan haba.
- (ii) Keluasan kawasan pemindahan haba.

(55 markah)

APPENDIX 1/LAMPIRAN 1



Correction Factor Chart

- 000000 -