CS (Main) Exam,2019

SDF–B–MCHE

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र–II)

समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें)

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हैं।

उम्मीदवार को कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

प्रश्न संख्या **1** और **5** अनिवार्य हैं तथा बाकी प्रश्नों में से प्रत्येक खण्ड से कम-से-कम **एक** प्रश्न चुनकर **तीन** प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

प्रत्येक प्रश्न/भाग के लिए नियत अंक उसके सामने दिए गए हैं।

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू० सी० ए०) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

प्रश्नोत्तर लिखते समय यदि कोई पूर्वधारणा की जाए, उसको स्पष्टतया निर्दिष्ट किया जाना चाहिए।

जहाँ आवश्यक हो, आरेख/चित्र उत्तर के लिए दिए गए स्थान में ही दर्शाइए।

प्रतीकों और संकेतनों के प्रचलित अर्थ हैं, जब तक अन्यथा न कहा गया हो।

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जाएगी। आंशिक रूप से दिए गए प्रश्नों के उत्तर को भी मान्यता दी जाएगी यदि उसे काटा न गया हो। प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़े गए कोई पृष्ठ अथवा पृष्ठ के भाग को पूर्णतः काट दीजिए।

MECHANICAL ENGINEERING (PAPER–II)

Time Allowed : Three Hours

Maximum Marks : 250

QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

(Please read each of the following instructions carefully before attempting questions)

There are EIGHT questions divided in two Sections and printed both in HINDI and in ENGLISH.

Candidate has to attempt FIVE questions in all.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, THREE are to be attempted choosing at least ONE question from each Section.

The number of marks carried by a question/part is indicated against it.

Answers must be written in the medium authorized in the Admission Certificate which must be stated clearly on the cover of this Question-cum-Answer (QCA) Booklet in the space provided. No marks will be given for answers written in a medium other than the authorized one.

Wherever any assumptions are made for answering a question, they must be clearly indicated.

Diagrams/figures, wherever required, shall be drawn in the space provided for answering the question itself.

Unless otherwise mentioned, symbols and notations carry their usual standard meanings.

Attempts of questions shall be counted in sequential order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly. Any page or portion of the page left blank in the Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

खण्ड—A / SECTION—A

1. *(a)* एक बहुमंजिला भवन के तहखाने के हौज से खुली छत के हौज तक 20 kW मोटर से जल पम्प किया जाता है। खुली छत के हौज की मुक्त सतह, तहखाने के हौज से 45 m ऊँची है। यदि जल की प्रवाह दर $0{\cdot}03\ m^3/s$ हो, तो प्रक्रिया में घर्षण के प्रभाव के कारण तापीय ऊर्जा में बदलने वाली यांत्रिक शक्ति की गणना कीजिये। गणना में बनी मान्यताओं को लिखिये।

Water is pumped from the basement tank of a multistorey building to the terrace tank by a 20 kW motor. The free surface of the terrace tank is 45 m higher than the basement tank. If the flow rate of water is $0{\cdot}03\ m^3/s$, determine the mechanical power that is converted to thermal energy during the process due to friction effect. Write the assumptions made in the calculation. 10

(b) एक पराध्वनिक सम-एन्ट्रॉपिक प्रवाह के लिये दर्शाइये कि प्रवाह क्षेत्रफल में वृद्धि, प्रवाह गति में वृद्धि तथा दाब में ह्रास के साथ होती है।

Show that for a supersonic isentropic flow, an increase in flow area is accompanied by an increase in flow velocity and a decrease in pressure. 10

www.mpscmaterial.com

(c) एक आदर्श साधारण गैस टरबाइन चक्र का दाब अनुपात r तथा ताप अनुपात t है, जो कि चक्र के अधिकतम तापमान तथा चक्र के न्यूनतम तापमान का अनुपात होता है, तथा विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात γ है। दर्शाइये कि विशिष्ट कार्य उत्पादन अधिकतम तब होगा जब कि दाब अनुपात इस प्रकार का हो कि सम्पीडक निर्गम तथा टरबाइन निर्गम तापमान बराबर हों। दोनों दाब अनुपातों के व्यंजकों की t तथा γ के फलनों के रूप में व्युत्पत्ति भी कीजिये, जहाँ स्थिर तापमान अनुपात के लिये विशिष्ट उत्पादन शून्य हो जाता है। T-s आरेख खींचिये तथा विभिन्न अवयवों के विन्यास का एक रेखाचित्र बनाइये।

An ideal simple gas turbine cycle is having a pressure ratio of r and a temperature ratio, defined as the ratio of maximum temperature to minimum temperature in the cycle, of t, and the ratio of specific heats of γ. Show that the specific work output is maximum when the pressure ratio is such that the compressor outlet and turbine outlet temperatures are equal. Also, derive expressions for the two pressure ratios as functions of t and γ, where the specific output becomes zero for a constant temperature ratio. Draw the T-s diagram and a sketch of the layout of the components. 10

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(d) एक भट्टी की दीवार 200 mm की उच्चतापसह ईंट ($k = 1 \cdot 52$ W/m-K) की भीतरी सतह, 8 mm मोटी स्टील प्लेट ($k = 45$ W/m-K) तथा 100 mm मोटी ऊष्मारोधी ईंट ($k = 0 \cdot 138$ W/m-K) की बाह्य सतह से बनी है। भट्टी की भीतरी दीवार 1150 °C पर संपोषित है, जबकि ऊष्मारोधी ईंट की बाह्य दीवार 40 °C पर है। दीवार से होने वाले ऊष्मा अंतरण की गणना कीजिये। स्टील प्लेट तथा ऊष्मारोधी ईंट की बाह्य दीवार के संयुक्त बिन्दु का क्या तापमान है?

A furnace wall consists of 200 mm inner layer of refractory brick ($k = 1 \cdot 52$ W/m-K), 8 mm thick steel plate ($k = 45$ W/m-K) and outer layer of 100 mm thick insulation brick ($k = 0 \cdot 138$ W/m-K). The inner wall of the furnace is maintained at 1150 °C, while the outer wall of the insulation brick is at 40 °C. Calculate the heat transfer through the wall. What is the temperature at the junction of steel plate and outer insulation brick wall? 10

(e) 20 mm व्यास की एक ताँबे की नलिका में 1·25 kg/s की दर से तरल पारा प्रवाहित होता है। पारा नलिका में 20 °C पर प्रवेश करता है तथा 30 °C पर निकलता है। दीवार पर, जिसे 40 °C के औसत तापमान पर संपोषित किया गया है, समान ऊष्मा फ्लक्स के लिये नलिका की लम्बाई की गणना कीजिये। नलिका में द्रवीय धातु के प्रवाह के लिये ऊष्मा अंतरण का आनुभविक सहसम्बन्ध $\overline{\mathrm{Nu}} = 7 + 0 \cdot 025 (\mathrm{Pe})^{0 \cdot 8}$ है, जहाँ Pe पिकलेट संख्या है, $\mathrm{Pe} = \mathrm{Pr} \cdot \mathrm{Re}$. 25 °C पर पारे के गुणधर्म निम्न हैं :

$$\rho = 13582 \text{ kg/m}^3$$
$$C_P = 140 \text{ J/kg-K}$$
$$k = 8 \cdot 69 \text{ W/m-K}$$
$$\nu = 1 \cdot 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$
$$\mathrm{Pr} = 0 \cdot 0248$$

Liquid mercury flows at a rate of 1·25 kg/s through a copper tube of diameter 20 mm. Mercury enters the tube at 20 °C and leaves the tube at 30 °C. Calculate the tube length for constant heat flux at the wall which is maintained at an average temperature of 40 °C. The empirical correlation for heat transfer for liquid metal flowing through a tube is given as $\overline{\mathrm{Nu}} = 7 + 0 \cdot 025 (\mathrm{Pe})^{0 \cdot 8}$, where Pe is Peclet number, $\mathrm{Pe} = \mathrm{Pr} \cdot \mathrm{Re}$. The properties of mercury at 25 °C are as follows :

$$\rho = 13582 \text{ kg/m}^3$$
$$C_P = 140 \text{ J/kg-K}$$
$$k = 8 \cdot 69 \text{ W/m-K}$$
$$\nu = 1 \cdot 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$
$$\mathrm{Pr} = 0 \cdot 0248$$

10

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

2. *(a)* *(i)* एक 40 लीटर की गर्म तैलयुक्त विद्युत् रेडियेटर (हीटर) को एक 50 m^3 कमरे में रखा है। कमरा तथा रेडियेटर का तैल दोनों प्रारम्भ में 10 °C तापमान पर हैं। अभी 2·4 kW रेटिंग वाला रेडियेटर चालू किया गया है। उसी समय, 0·35 kJ/s की औसत दर से गर्मी (ऊष्मा) कमरे से बाहर जा रही है। कुछ देर बाद कमरे की हवा का औसत तापमान 20 °C और रेडियेटर के तैल का तापमान 50 °C है। तैल का घनत्व तथा तैल की विशिष्ट ऊष्मा क्रमशः 950 kg / m^3 तथा 2·2 kJ/kg-K लीजिये। निर्धारण कीजिये कि हीटर कितने देर तक चालू रखा गया। यह मान लीजिये कि कमरा अच्छी तरह से सील किया हुआ है तथा वायुमण्डलीय दाब 1 bar है।

(ii) विशुद्ध पदार्थ के संतृप्त मिश्रण क्षेत्र में तापमान तथा दाब निर्भर गुणधर्म क्यों हैं? क्रान्तिक बिन्दु तथा त्रिक बिन्दु के बीच क्या अन्तर है?

(i) A 40 litres electrical radiator (heater) containing heating oil is placed in a 50 m^3 room. Both the room and the oil in the radiator are initially at 10 °C. The radiator with a rating of 2·4 kW is now turned on. At the same time, heat is lost from the room at an average rate of 0·35 kJ/s. After some time, the average temperature for air in the room is 20 °C and the oil in the radiator is 50 °C. Take the density and the specific heat of the oil to be 950 kg / m^3 and 2·2 kJ/kg-K respectively. Determine how long the heater is kept on. Assume the room is well-sealed and ambient pressure is 1 bar. 10

(ii) Why are the temperature and pressure dependent properties in the saturated mixture region of pure substance? What is the difference between critical point and triple point? 10

(b) क्षैतिज तल में एक 45° का अवकारक पाइप-मोड़, प्रवेश पर 600 mm व्यास से निकास पर 300 mm व्यास तक टेपर है। प्रवेश पर गेज़ दाब 140 kPa तथा मोड़ में जल-प्रवाह दर 0·425 m^3/s है। घर्षण को नगण्य मानते हुये, जल द्वारा मोड़ पर लगने वाले कुल परिणामी क्षैतिज बल की गणना कीजिये।

A 45° reducing pipe-bend in a horizontal plane, tapers from 600 mm diameter at inlet to 300 mm diameter at outlet. The gauge pressure at inlet is 140 kPa and the rate of flow of water through the bend is 0·425 m^3/s. Neglecting friction, calculate the net resultant horizontal force exerted by the water on the bend. 20

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(c) एक 1 mm व्यास का विद्युत् तार, 2 mm मोटी रोधी ($k = 0{\cdot}5$ W/m-K) परत से ढका है। तार के चारों ओर की वायु 25 °C पर है तथा $h = 10$ W/m^2-K है। तार का तापमान 100 °C है। रोधी तार से होने वाली ऊष्मा के क्षय की दर प्रति इकाई लम्बाई मालूम कीजिये। रोधी की सम्बद्ध क्रान्तिक मोटाई के लिये अधिकतम ऊष्मा का क्षय प्रति इकाई लम्बाई भी मालूम कीजिये।

A 1 mm diameter electric wire is covered with 2 mm thick layer of insulation ($k = 0{\cdot}5$ W/m-K). Air surrounding the wire is at 25 °C and $h = 10$ W/m^2-K. The wire temperature is 100 °C. Find the rate of heat dissipation from the insulated wire per unit length. Also, find the maximum value of heat dissipation per unit length for the corresponding critical thickness of insulation. 10

3. (a) एक औद्योगिक गैस टरबाइन संयंत्र में, एक एकल-पार्श्व अपकेन्द्री सम्पीडक से निकली वायु ज्वलन कोष्ठ में प्रवेश करती है। ज्वलन कोष्ठ से निकली गर्म गैसें एक एकल-चरण गैस टरबाइन में प्रसारित होती हैं। सम्पीडक से 14 kg प्रति सेकण्ड वायु निर्गम की अपेक्षा है, जबकि यह 4 : 1 (सम्पूर्ण से सम्पूर्ण) दाब अनुपात तथा 12000 r.p.m. की गति से कार्य कर रहा है। सम्पूर्ण शीर्ष अंतर्गम (प्रवेश) दशायें 25 °C तथा 1·0 bar ली जा सकती हैं। 0·9 का सर्पण गुणांक, 1·04 का शक्ति निवेश गुणांक तथा 80% की सम-एन्ट्रॉपिक दक्षता (सम्पूर्ण शीर्ष पर आधारित) मानते हुये इम्पेलर का समग्र व्यास निकालिये। पूर्व-भँवर नहीं मानें। यदि इम्पेलर टिप पर मैक संख्या इकाई से अधिक न हो तथा 50% हानियाँ इम्पेलर में हो रही मानते हुये विसारक की न्यूनतम संभावित गहराई मालूम कीजिये। स्पष्ट रूप से इम्पेलर तथा विसारक को दर्शाते हुये सम्पीडक का एक रेखाचित्र भी खींचिये। सम्बद्ध T-s आरेख भी अंकित कीजिये।

In an industrial gas turbine plant, the air leaving a single-sided centrifugal compressor enters the combustion chamber. The hot gases leaving the combustion chamber undergo expansion in a single-stage gas turbine. The compressor is required to deliver 14 kg of air per second, when operating at a (total to total) pressure ratio of 4 : 1 and a speed of 12000 r.p.m. The total head inlet conditions may be taken as 25 °C and 1·0 bar. Assuming a slip factor of 0·9, a power input factor of 1·04 and an isentropic efficiency (based on total head) of 80%, estimate the overall diameter of the impeller. Assume no pre-whirl. If the Mach number at the impeller tip is not to exceed unity and 50% of the losses are assumed to occur in the impeller, find the minimum possible depth of the diffuser. Also, draw a sketch of the compressor, clearly showing the impeller and the diffuser. Draw the corresponding T-s diagram also. 20

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(b) एक प्रतिप्रवाही युग्म-पाइप ऊष्मा विनिमयक ग्लिसरीन को 20 °C से 50 °C तक गर्म पानी से गर्म करने हेतु प्रयुक्त होता है, जो कि पतली दीवार वाली 2 cm व्यास की नलिकाओं में 80 °C पर प्रवेश करता है तथा 40 °C पर निष्कासित होता है। ऊष्मा विनिमयक की कुल लम्बाई 60 m है। ग्लिसरीन की ओर (वलय में) संवहन ऊष्मा अंतरण गुणांक 25 W/m^2-K है तथा जल की ओर (अन्दर की नलिका में) 160 W/m^2-K है। ऊष्मा विनिमयक में ऊष्मा अंतरण दर निकालिये *(i)* किसी परिदूषण के पूर्व एवं *(ii)* परिदूषण के बाद जबकि अन्दर की नलिका में ग्लिसरीन की ओर परिदूषण गुणांक 0·0006 m^2-K/W हो जाता है। अन्दर की नलिका का तापीय प्रतिरोध नगण्य है।

A counterflow double-pipe heat exchanger is used to heat glycerin from 20 °C to 50 °C by hot water, which enters the thin-walled 2 cm diameter tubes at 80 °C and leaves at 40 °C. The total length of the heat exchanger is 60 m. The convection heat transfer coefficient is 25 W/m^2-K on the glycerin side (in the annulus) and 160 W/m^2-K on the water side (in the inner tube). Determine the rate of heat transfer in the heat exchanger *(i)* before any fouling and *(ii)* after fouling with a fouling factor of 0·0006 m^2-K/W occurred on the glycerin side of the inner tube. The thermal resistance of the inner tube is negligible. 20

(c) एक कार्नो प्रशीतन चक्र न्यूनतम और अधिकतम तापमानों क्रमशः –8 °C तथा 20 °C के बीच कार्यरत है। चक्र में उपयोग में आने वाला प्रशीतक R-134a है तथा चक्र संतृप्त द्रव-वाष्प क्षेत्र में कार्यरत है। प्रशीतक की मात्रा 0·8 kg है तथा प्रशीतक ऊष्मा बहिष्करण प्रक्रिया के अन्त में संतृप्त द्रव है। चक्र का कुल कार्य निवेश 15 kJ है। ऊष्मा संयोजन प्रक्रिया में वाष्पित होने वाली प्रशीतक की मात्रा के अंश का निर्धारण कीजिये। दिया है

www.mpscmaterial.com

–8 °C पर h_{fg} = 204·59 kJ/kg

20 °C पर h_{fg} = 180·33 kJ/kg

A Carnot refrigeration cycle is operating between the minimum and maximum temperatures of –8 °C and 20 °C respectively. The refrigerant used in the cycle is R-134a and the cycle is operating in the saturated liquid-vapour region. The mass of the refrigerant is 0·8 kg and the refrigerant is saturated liquid at the end of heat rejection process. The net work input to the cycle is 15 kJ. Determine the fraction of the mass of the refrigerant that vaporizes during the heat addition process. Given

h_{fg} at –8 °C = 204·59 kJ/kg

h_{fg} at 20 °C = 180·33 kJ/kg 10

4. *(a)* सांतत्य, संवेग तथा ऊर्जा समीकरणों की सहायता से अभिलम्बीय प्रघात के बाद मैक संख्या का, प्रघात के पूर्व की मैक संख्या के रूप में व्यंजक निकालिये।

With the help of continuity, momentum and energy equations, obtain an expression for Mach number after a normal shock in terms of the Mach number before the shock. 20

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(b) किसी अक्षीय प्रवाह सम्पीडक के एक चरण की प्रतिक्रिया-मात्रा को परिभाषित कीजिये तथा द्रव कोणों एवं फलक कोणों के रूप में इसके व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये। जब प्रतिक्रिया-मात्रा 50% है, तो दर्शाइये कि वेग त्रिभुज सममित हैं। एक अक्षीय प्रवाह सम्पीडक के किसी चरण को लीजिये, जिसकी प्रतिक्रिया-मात्रा 50% के बराबर है तथा सम-एन्ट्रॉपिक दक्षता (सम्पूर्ण शीर्ष पर आधारित) रोटर एवं स्टेटर दोनों के फलकों में 100% से कम है। इस चरण के लिये T-s आरेख तथा वेग त्रिभुज खींचिये। एक सारणी के रूप में दर्शाइये कि इस चरण में रोटर तथा स्टेटर में निम्न प्रवाह प्राचलें किस प्रकार बदलते हैं :

(i) निरपेक्ष गति

(ii) सापेक्ष गति

(iii) स्तब्ध दाब

(iv) स्थैतिक दाब

(v) स्तब्ध तापमान

(vi) स्थैतिक तापमान

Define degree of reaction for a stage of an axial flow compressor and derive an expression for the same in terms of the fluid angles and the blade angles. Show that when the degree of reaction is 50%, the velocity triangles are symmetrical. Consider a stage of an axial flow compressor with degree of reaction equal to 50% and isentropic efficiency (based on total head) is less than 100% in both the rotor and the stator blades. Draw the T-s diagram and velocity triangles for this stage. Show in the form of a table, how the following flow parameters change in the rotor and the stator of the stage :

(i) Absolute velocity

(ii) Relative velocity

(iii) Stagnation pressure

(iv) Static pressure

(v) Stagnation temperature

(vi) Static temperature 20

(c) दिन का प्रकाश तथा तापदीप्ति प्रकाश क्रमशः 5800 K तथा 2800 K के प्रभावी सतही तापमान के कृष्णिका उत्सर्जन के सन्निकट माने जा सकते हैं। विकिरण के सिद्धान्तों द्वारा यह दर्शाइये कि 0·40 μm से 0·76 μm के दृश्य स्पेक्ट्रम तरंगदैर्घ्य परास में तापदीप्ति प्रकाश बल्ब अक्षम प्रकाश स्रोत हैं। λT (μm-K) के फलन के रूप में कृष्णिका विकिरण फलन, f_λ दी हुई सारणी से काम में लिया जा सकता है। कृष्णिका विकिरण फलन, f_λ कृष्णिका द्वारा तापमान T पर $\lambda = 0$ से λ तक तरंगदैर्घ्य पट्ट में उत्सर्जित विकिरण एवं कृष्णिका द्वारा तरंगदैर्घ्य परास 0 से ∞ में उत्सर्जित कुल विकिरण ऊर्जा के अंश को प्रदर्शित करता है।

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

Daylight and incandescent light may be approximated as blackbody emissions at the effective surface temperatures of 5800 K and 2800 K, respectively. From the principles of radiation, show that incandescent lightbulbs are inefficient as light sources in the visible spectrum wavelength range of 0·40 μm to 0·76 μm. The blackbody radiation function, f_λ as a function of λT (μm-K) given in the table may be used. The blackbody radiation function, f_λ represents the fraction of radiation emitted from a blackbody at temperature T in the wavelength band from $\lambda = 0$ to λ, to the total radiation energy emitted by the blackbody in the wavelength range 0 to ∞.

कृष्णिका विकिरण फलन, f_λ Blackbody radiation function, f_λ			
λT (μm-K)	f_λ	λT (μm-K)	f_λ
200	0·000000	6200	0·754140
400	0·000000	6400	0·769234
600	0·000000	6600	0·783199
800	0·000016	6800	0·796129
1000	0·000321	7000	0·808109
1200	0·002134	7200	0·819217
1400	0·007790	7400	0·829527
1600	0·019718	7600	0·839102
1800	0·039341	7800	0·848005
2000	0·066728	8000	0·856288
2200	0·100888	8500	0·874608
2400	0·140256	9000	0·890029
2600	0·183120	9500	0·903085
2800	0·227897	10000	0·914199
3000	0·273232	10500	0·923710
3200	0·318102	11000	0·931890
3400	0·361735	11500	0·939959
3600	0·403607	12000	0·945098
3800	0·443382	13000	0·955139
4000	0·480877	14000	0·962898
4200	0·516014	15000	0·969981
4400	0·548796	16000	0·973814
4600	0·579280	18000	0·980860
4800	0·607559	20000	0·985602
5000	0·633747	25000	0·992215
5200	0·658970	30000	0·995340
5400	0·680360	40000	0·997967
5600	0·701046	50000	0·998953
5800	0·720158	75000	0·999713
6000	0·737818	100000	0·999905

10

www.mpscmaterial.com

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* अन्तर्दहन इंजनों में उपयोगी स्नेहकों के वांछित गुणधर्म क्या हैं? विभिन्न योज्यों की सहायता से इन वांछित गुणधर्मों को कैसे प्राप्त किया जाता है?

What are the desired properties of lubricants used in IC engines? How do different additives help to achieve these desired properties? 6+4=10

(b) जल के 20 mm के स्थैतिक प्रवात (ड्रॉट) उत्पन्न करने के लिये चिमनी की ऊँचाई निर्धारित कीजिये। चिमनी में तप्त गैस का औसत तापमान 270 °C तथा वायुमण्डलीय हवा का तापमान 20 °C है। वायुमण्डलीय दाब 0·101325 MPa लीजिये। हवा के लिये अभिलाक्षणिक गैस स्थिरांक 287 J/kg-K तथा चिमनी गैस के लिये 255 J/kg-K है।

Determine the height of a chimney to produce a static draught of 20 mm of water. The mean hot gas temperature in the chimney is 270 °C and the atmospheric air temperature is 20 °C. Take atmospheric pressure as 0·101325 MPa. The characteristic gas constant for air is 287 J/kg-K and for chimney gas, it is 255 J/kg-K. 10

(c) *(i)* वाष्प अवशोषण प्रशीतन तंत्र के लिये प्रशीतक-अवशोषक युगलों के वांछित गुणधर्मों की परिगणना कीजिये।

(ii) एक जलीय-अमोनिया अवशोषण प्रशीतन तंत्र के वाष्पित्र तथा संघनित्र में जलवाष्प की उपस्थिति की क्या त्रुटियाँ (हानियाँ) हैं?

(i) Enumerate the desirable properties of refrigerant-absorbent pairs for vapour absorption refrigeration system. 5

(ii) What are the drawbacks of presence of water vapour in the evaporator and condenser of an aqua-ammonia absorption refrigeration system? 5

(d) एस॰ आइ॰ इंजनों में वैकल्पिक ईंधन के रूप में अल्कोहॉल के उपयोग की विभिन्न विधियों को संक्षेप में समझाइये। अल्कोहॉल के ईंधन के रूप की अच्छाइयों तथा बुराइयों को भी लिखिये।

Briefly explain different methods for the use of alcohols as alternate fuel in SI engines. Also, write the merits and demerits of alcohol as fuel. 10

(e) 1·033 bar तथा 35 °C DBT एवं 60% RH की वायुमण्डलीय वायु एक साइक्रोमीट्रिक प्रक्रिया से गुजर रही है। प्रक्रिया में, वायु की विशिष्ट आर्द्रता 5 gm/kg शुष्क वायु से कम हो जाती है तथा वायु का DBT 25 °C तक कम हो जाता है, जबकि दाब समान रखा गया है। अन्तिम अवस्था में वायु की आपेक्षिक आर्द्रता तथा ओसांक निकालिये। प्रश्न को सिर्फ साइक्रोमीट्रिक सम्बन्धों के उपयोग से हल कीजिये।

संतृप्त जल-तापमान सारणी

तापमान T (°C)	*संतृप्त दाब* P_{sat} (kPa)
0·01	0·6117
5	0·8725
10	1·2281
15	1·7057
20	2·3392
25	3·1698
30	4·2469
35	5·6291
40	7·3851
45	9·5953

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

Atmospheric air at 1·033 bar and 35 °C DBT and 60% RH is undergoing a psychrometric process. During the process, the specific humidity of air is reduced by 5 gm/kg of dry air and the DBT of air is reduced to 25 °C, while the pressure is maintained constant. Determine the relative humidity and dew-point temperature of air in the final condition. Solve the problem using only psychrometric relations.

Saturated Water-Temperature Table

Temperature T (°C)	*Saturated Pressure* P_{sat} (kPa)
0·01	0·6117
5	0·8725
10	1·2281
15	1·7057
20	2·3392
25	3·1698
30	4·2469
35	5·6291
40	7·3851
45	9·5953

10

6. *(a)* एक पार्सन टरबाइन 400 r.p.m. पर चल रही है तथा यह प्रति सेकण्ड भाप प्रवाह की प्रति इकाई मात्रा पर 75 kW की शक्ति का उत्पादन करती है। फलकों (ब्लेडों) का निकास कोण 20° तथा भाप की गति, फलक की गति से 1·4 गुना है। फलक की गति तथा प्रवेश पर फलक कोण को मालूम कीजिये।

www.mpscmaterial.com

A Parson's turbine runs at 400 r.p.m. and it develops 75 kW of power per unit mass of steam flow per second. The exit angle of the blades is 20° and the steam velocity is 1·4 times the blade velocity. Find the blade velocity and the inlet angle of the blades. 20

(b) एक चार-सिलिन्डर, चार-आघात वाले एस० आइ० इंजन का उत्पादन 3000 r.p.m. पर 80 kW है। एक मोर्स परीक्षण कार्यान्वित किया गया है तथा ब्रेक बलाघूर्ण पाठ्यांक क्रमशः 175 N-m, 170 N-m, 174 N-m तथा 172 N-m हैं। इस इंजन की गति पर साधारण संचालन के लिये विशिष्ट ईंधन खपत 0·385 kg/kWh है। ईंधन का कैलोरी मान 44000 kJ/kg है। इंजन की यांत्रिक तथा ब्रेक तापीय दक्षताओं की गणना कीजिये।

A four-cylinder, four-stroke SI engine has an output of 80 kW at 3000 r.p.m. A Morse test is carried out and the brake torque readings are 175 N-m, 170 N-m, 174 N-m and 172 N-m, respectively. The specific fuel consumption for normal running at this engine speed is 0·385 kg/kWh. The calorific value of fuel is 44000 kJ/kg. Calculate the mechanical and brake thermal efficiencies of the engine. 20

(c) समझाइये कि एक साधारण केशनलिका, वाष्प सम्पीडन प्रशीतन प्रणाली में, किस प्रकार एक विस्तार उपकरण की तरह कार्य करती है। केशनलिका के विस्तार उपकरण के रूप में क्या लाभ तथा हानियाँ हैं?

Explain how a simple capillary tube works as an expansion device in vapour compression refrigeration system. What are the advantages and disadvantages of capillary tube as an expansion device? 10

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

7. *(a)* एक सभा-भवन 24 °C DBT तथा 60% RH पर रखा गया है, जबकि निम्न आँकड़े दिये जाते हैं :

बाहर की परिस्थितियाँ : 38 °C DBT तथा 28 °C WBT
कमरे में संवेदी ऊष्मा भार : 160000 kJ/hr
कमरे में गुप्त ऊष्मा भार : 40000 kJ/hr
कुल अंतःस्यन्दिक वायु : 1200 m^3/hr
उपकरण ओसांक : 10 °C

सभा-भवन से पुनःपरिचालित वायु की मात्रा कुल की 60% है। यदि पुनःपरिचालित वायु, शीतलन कुण्डली से निकली वातानुकूलित वायु से मिश्रित की जाती है, तब निम्न को ज्ञात कीजिये :

(i) शीतलन कुण्डली से निकलने के बाद तथा पुनःपरिचालित वायु से मिश्रण के पूर्व वायु की अवस्था

(ii) सभा-भवन में प्रवेश करने के पूर्व वायु की अवस्था

(iii) शीतलन कुण्डली में प्रविष्ट होने वाली वायु की मात्रा

(iv) शीतलन कुण्डली का बाई-पास फैक्टर (गुणांक)

(v) सभा-भवन में भेजी गई कुल वायु की मात्रा

(vi) TR में शीतलन कुण्डली का प्रशीतन भार

अभिन्यास (विन्यास) का एक आरेख खींचिये तथा अभिलक्षक साइक्रोमीट्रिक नक्शे पर प्रक्रिया को दर्शाइये। साइक्रोमीट्रिक चार्ट के आँकड़ों के प्रयोग की अनुमति है।

A hall is to be maintained at 24 °C DBT and 60% RH, when the following data are given :

Outdoor conditions : 38 °C DBT and 28 °C WBT
Sensible heat load in the room : 160000 kJ/hr
Latent heat load in the room : 40000 kJ/hr
Total infiltrated air : 1200 m^3/hr
Apparatus dew-point temperature : 10 °C

The quantity of recirculated air from the hall is 60% of total. If the recirculated air is mixed with the conditioned air after the cooling coil, then find the following :

(i) The condition of air leaving the cooling coil and before mixing with the recirculated air

(ii) Condition of air before entering the hall

(iii) The mass of air entering the cooling coil

(iv) Bypass factor of the cooling coil

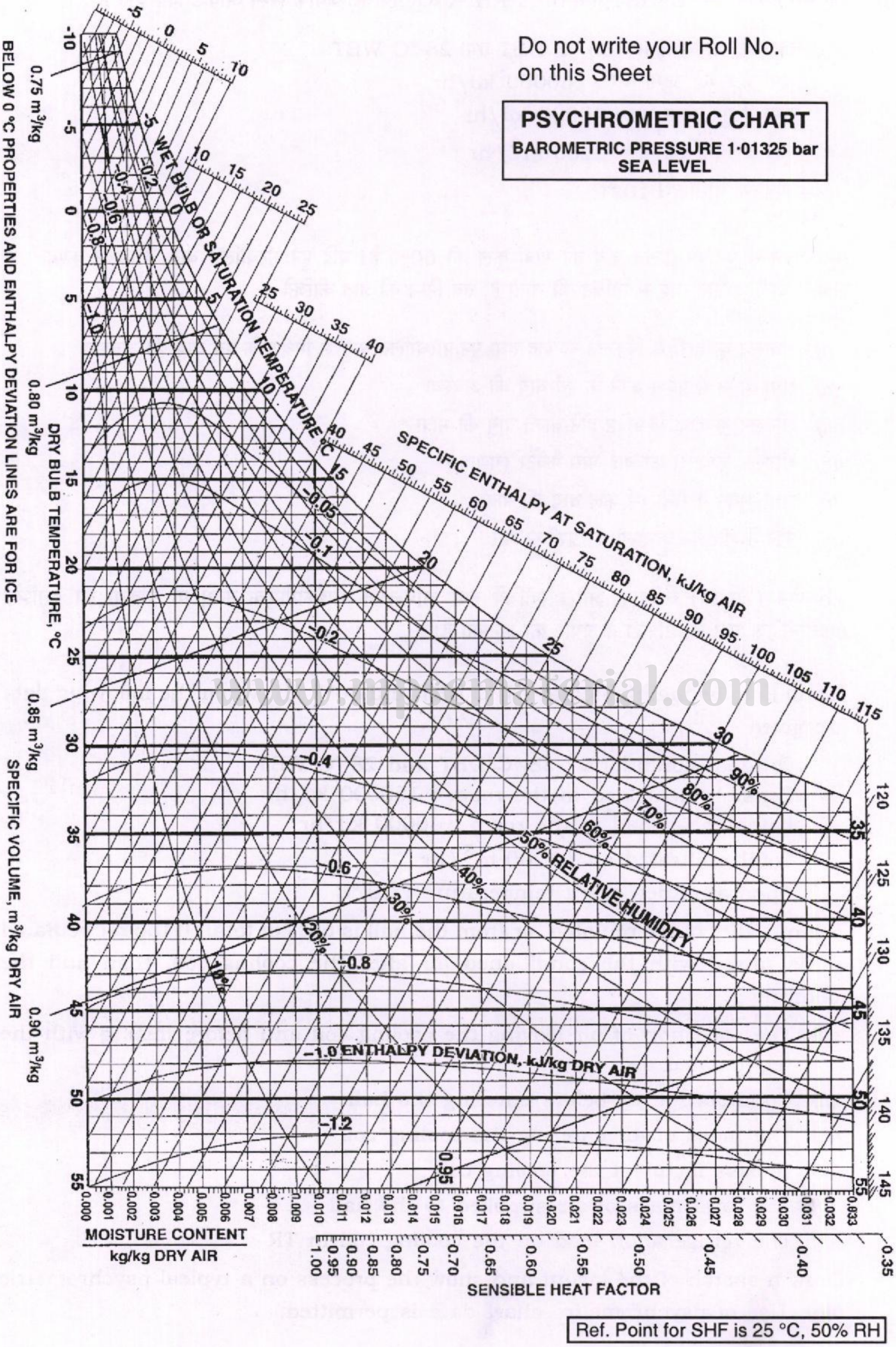
(v) The total mass of air supplied to the hall

(vi) The refrigeration load on the cooling coil in TR

Draw a sketch of the layout and show the process on a typical psychrometric plot. Use of psychrometirc chart data is permitted. 20

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

Do not write your Roll No.
on this Sheet



www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(b) (i) मिश्रित गैस तथा जलवाष्प टरबाइन शक्ति संयंत्रों के प्रमुख लाभ तथा हानियाँ लिखिये।

(ii) निम्न आँकड़े वाले दो वाष्पित्रों की तापीय दक्षताओं की तुलना कीजिये :

वाष्पित्र 1 (कोयला ज्वलित)	:	भाप दाब—1·4 MPa भाप उत्पादन प्रति किलो कोयला ज्वलन—10 kg भाप की गुणवत्ता—0·9 भरण जल का तापमान—27 °C कोयले का कैलोरी मान—34000 kJ/kg
वाष्पित्र 2 (तैल ज्वलित)	:	भाप दाब—1·4 MPa भाप उत्पादन प्रति किलो तैल ज्वलन—14 kg भाप की अवस्था (अतितप्त)—240 °C भरण जल का तापमान—27 °C तैल का कैलोरी मान—46000 kJ/kg

निम्न आँकड़ों का उपयोग कीजिये :

1·4 MPa पर भाप के लिये—

$h_{\text{अतितप्त}}$ = 2903 kJ/kg, 240 °C पर

h_f = 830 kJ/kg

h_{fg} = 1958 kJ/kg

भरण जल की विशिष्ट ऊष्मा = 4·1868 kJ/kg-K

(i) State the major advantages and disadvantages of combined gas and steam turbine power plants. 10

(ii) Compare the thermal efficiencies of two boilers having the following data :

Boiler 1 (Coal-fired)	:	Steam pressure—1·4 MPa Steam produced/kg of coal fired—10 kg Quality of steam—0·9 Feed water temperature—27 °C Calorific value of coal—34000 kJ/kg
Boiler 2 (Oil-fired)	:	Steam pressure—1·4 MPa Steam produced/kg of oil fired—14 kg Condition of steam (superheated)—240 °C Feed water temperature—27 °C Calorific value of oil—46000 kJ/kg

Use the following data :

At 1·4 MPa for steam—

$h_{\text{superheated}}$ = 2903 kJ/kg at 240 °C

h_f = 830 kJ/kg

h_{fg} = 1958 kJ/kg

Specific heat of feed water = 4·1868 kJ/kg-K 10

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(c) (i) p-θ आरेख की सहायता से एस० आइ० इंजनों में अपस्फोटन को समझाइये।

(ii) एस० आइ० इंजनों में अपस्फोटन पर सम्पीडन अनुपात तथा अंतर्गम गैस तापमान के प्रभाव की चर्चा कीजिये।

(i) Explain knocking in SI engines with the help of a p-θ diagram. 6

(ii) Discuss the effect of compression ratio and inlet gas temperature on knocking in SI engines. 4

8. (a) 100 TR भार के लिये फ्रिऑन 22 को उपयोग में लाने वाले एक सामान्य वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र की अभिकल्पना की गई है। वाष्पित्र तथा संघनित्र में संतृप्त तापमान क्रमशः 5 °C तथा 40 °C हैं। प्रशीतक, वाष्पित्र से निकल कर सम्पीडक में संतृप्त वाष्प के रूप में प्रविष्ट होता है। प्रशीतक, संघनित्र से निकल कर प्रसारण उपकरण में अवशीतल द्रव के रूप में, 5 °C के अवशीतलन के साथ, प्रविष्ट होता है। प्रशीतक के लिये वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा 0·65 kJ/kg-K तथा द्रव की विशिष्ट ऊष्मा 1·1 kJ/kg-K है। गणना कीजिये (i) प्रशीतक की मात्रा प्रवाह दर (kg/s), (ii) निष्पादन गुणांक (COP) तथा सम-एन्ट्रॉपिक सम्पीडक शक्ति एवं (iii) संघनित्र में त्यागी गई ऊष्मा। निम्न आँकड़ों का उपयोग कीजिये :

T_{sat} (°C)	P_{sat} (bar)	h_f (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)	s_f (kJ/kg-K)	s_g (kJ/kg-K)	v_g (m^3/kg)
5	5·836	205·9	407·1	1·02115	1·7447	0·0404
40	15·331	249·53	416·4	1·16659	1·69953	—

A simple vapour compression refrigeration cycle using Freon 22 is designed for a load of 100 TR. The saturation temperatures in the evaporator and condenser are 5 °C and 40 °C respectively. The refrigerant leaves the evaporator and enters the compressor as saturated vapour. The refrigerant leaves the condenser and enters the expansion device as subcooled liquid with a subcooling of 5 °C. The specific heat of the vapour is 0·65 kJ/kg-K and the specific heat of the liquid is 1·1 kJ/kg-K for the refrigerant. Calculate (i) the mass flow rate (kg/s) of the refrigerant, (ii) the COP and isentropic compressor power and (iii) the heat rejected in the condenser. Use the following data :

T_{sat} (°C)	P_{sat} (bar)	h_f (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)	s_f (kJ/kg-K)	s_g (kJ/kg-K)	v_g (m^3/kg)
5	5·836	205·9	407·1	1·02115	1·7447	0·0404
40	15·331	249·53	416·4	1·16659	1·69953	—

20

(b) (i) एक अभिसारी-अपसारी तुंड, जो अभिकल्पित दाब अनुपात के परे काम कर रहा है, के अक्षीय दाब परिवर्तन को समझाइये।

(ii) स्पष्ट आरेखों की सहायता से एक भाप टरबाइन के उपमार्ग अधिनियंत्रण सिद्धान्त की चर्चा कीजिये।

(i) Explain the variation of pressure along the axis of a convergent-divergent nozzle operating off the design pressure ratio. 10

(ii) Discuss the principle of bypass governing in a steam turbine with neat sketches. 10

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

(c) आदर्श डीजल चक्र पर कार्यरत एक इंजन का सम्पीडन अनुपात 15 : 1 है। सम्पीडन घात के आरम्भ में वायु का तापमान 27 °C है तथा उपयोग में आये वायु-ईंधन का अनुपात 35 : 1 है। चक्र की वायु-मानक दक्षता ज्ञात कीजिये। ईंधन का कैलोरी मान 42000 kJ/kg है।

An engine working on ideal diesel cycle has a compression ratio of 15 : 1. The temperature of air at the beginning of the compression stroke is 27 °C and the air-fuel ratio used is 35 : 1. Find the air-standard efficiency of the cycle. The calorific value of the fuel is 42000 kJ/kg. 10

★ ★ ★

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial

www.mpscmaterial.com

www.mpscmaterial.com follow us @mpscmaterial on FB, INSTA and t.me/mpscmaterial