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.

खण्ड—A / SECTION—A

1\. *(a)* वायु एक गैस टरबाइन संयंत्र के संपीडक में परिवेश दशा 100 kPa तथा 25 °C पर नगण्य वेग पर प्रवेश करती है एवं 1 MPa तथा 347 °C पर 90 m/s वेग पर बाहर निकलती है। संपीडक को 1500 kJ/min की दर से ठंडा करते हैं तथा संपीडक में शक्ति निवेश 250 kW होता है। संपीडक में से हवा की द्रव्यमान प्रवाह दर ज्ञात कीजिए। हवा के लिए $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K, $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg-K तथा $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K मान लीजिए।

Air enters the compressor of a gas turbine plant at ambient conditions of 100 kPa and 25 °C with negligible velocity, and exits at 1 MPa and 347 °C with a velocity of 90 m/s. The compressor is cooled at a rate of 1500 kJ/min and the power input to the compressor is 250 kW. Determine the mass flow rate of air through the compressor. For air, consider $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K, $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg-K and $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K. 10

(b) एक 800 W की घरेलू विद्युत् इस्तरी की आधार पट्टिका, जिसकी मोटाई $L = 0 \cdot 6$ cm, आधार क्षेत्रफल = 160 cm^2 तथा ऊष्मा चालिता $k = 60$ W/m-K है, पर विचार कीजिए। आधार पट्टिका के आन्तरिक पृष्ठ पर अन्दर लगे प्रतिरोध तापक से जनित समान ऊष्मा फ्लक्स लग रहा है। जब स्थायी प्रचालन अवस्थाएँ आ जाती हैं, तब पट्टिका के बाहरी पृष्ठ का तापमान 112 °C मापा जाता है। इस्तरी के ऊपरी भाग से किसी भी ऊष्मा-हानि का ध्यान न रखते हुए—

(i) पट्टिका में से अपरिवर्ती एक-विमीय ऊष्मा चालन के लिए अवकल समीकरण व परिसीमा प्रतिबन्ध व्यक्त कीजिए;

(ii) अवकल समीकरण को हल करते हुए आधार पट्टिका में तापमान परिवर्तन के लिए संबंध स्थापित कीजिए;

(iii) आन्तरिक पृष्ठ के तापमान का मूल्यांकन कीजिए।

Consider the base plate of an 800 W household electric iron with thickness of $L = 0 \cdot 6$ cm, base area = 160 cm^2 and thermal conductivity $k = 60$ W/m-K. The inner surface of the base plate is subjected to uniform heat flux generated by the resistance heater inside. When steady operating conditions are reached, the outer surface temperature of the plate is measured to be 112 °C. Disregarding any heat loss through the upper part of the iron—

(i) express the differential equation and boundary conditions for steady one-dimensional heat conduction through the plate;

(ii) obtain a relation for the variation of temperature in the base plate by solving the differential equation;

(iii) evaluate the inner surface temperature. 10

(c) एक उपयुक्त समीकरण व्युत्पन्न कीजिए, जो यह दर्शाता हो कि एक अपसारी वाहिनी एक पराध्वनिक नॉजल की भाँति कार्य करती है।

Derive an appropriate equation to show that a divergent duct acts as a supersonic nozzle. 10

(d) एक प्रतिक्रम्य इंजन तीन ऊष्माशयों A, B तथा C के बीच कार्य करता है। इंजन ऊष्माशयों A तथा B से, जो क्रमशः T_A और T_B तापमान पर रखे गए हैं, ऊष्मा की एकसमान मात्रा अवशोषित करता है तथा ऊष्माशय C को, जो T_C तापमान पर रखा गया है, ऊष्मा निरसित करता है। इंजन की दक्षता प्रतिक्रम्य इंजन की दक्षता की α गुनी है, जो कि दो ऊष्माशयों A तथा C के बीच कार्य करता है। सिद्ध कीजिए कि $\frac{T_A}{T_B} = (2\alpha - 1) + 2(1 - \alpha)\frac{T_A}{T_C}$.

A reversible engine works between three thermal reservoirs A, B and C. The engine absorbs an equal amount of heat from the thermal reservoirs A and B kept at temperatures T_A and T_B respectively, and rejects heat to the thermal reservoir C kept at temperature T_C. The efficiency of the engine is α times the efficiency of the reversible engine, which works between the two reservoirs A and C. Prove that $\frac{T_A}{T_B} = (2\alpha - 1) + 2(1-\alpha)\frac{T_A}{T_C}$. 10

(e) रैन्किन चक्र में भाप का पुनस्तापन कब आवश्यक हो जाता है? T-s आरेख की सहायता से रैन्किन चक्र के निर्गम तथा दक्षता पर पुनस्तापन के प्रभाव को समझाइए।

When does reheating of steam become necessary in Rankine cycle? With the help of T-s diagram, explain the effect of reheating on the Rankine cycle output and efficiency. 10

2. (a) 3 m व्यास की एक गोलाकार टंकी, जो प्रारम्भ में 1 atm तथा –196 °C पर द्रव नाइट्रोजन से भरी गयी है, पर विचार कीजिए। टंकी परिवेशी वायु, जो 15 °C पर सम्मिलित ऊष्मा संवहन तथा विकिरण अंतरण गुणांक 35 W/m²-K के साथ है, में अनावृत है। पतली कोश वाली गोलाकार टंकी का तापमान लगभग वही है जो अन्दर नाइट्रोजन का है। परिवेशी वायु से ऊष्मा अंतरण के कारण टंकी से द्रव नाइट्रोजन की वाष्पन दर का निर्धारण कीजिए, यदि टंकी *(i)* रोधित नहीं है, *(ii)* 5 cm मोटी फाइबरग्लास वूल रोधन ($k = 0.035$ W/m-K) से रोधित है तथा *(iii)* 2 cm मोटी अतिरोधन, जिसकी प्रभावी ऊष्मा चालिता 0·00005 W/m-K है, से रोधित है। द्रव नाइट्रोजन की वाष्पन ऊष्मा 198 kJ/kg तथा उसका 1 atm पर घनत्व 810 kg/m³ मान लीजिए।

Consider a 3 m diameter spherical tank that is initially filled with liquid nitrogen at 1 atm and –196 °C. The tank is exposed to ambient air at 15 °C with a combined convective and radiative heat transfer coefficient of 35 W/m²-K. The temperature of the thin-shelled spherical tank is observed to be almost the same as the temperature of the nitrogen inside. Determine the rate of evaporation of the liquid nitrogen in the tank as a result of the heat transfer from the ambient air if the tank is *(i)* not insulated, *(ii)* insulated with 5 cm thick fiberglass wool insulation ($k = 0.035$ W/m-K) and *(iii)* insulated with 2 cm thick superinsulation which has an effective thermal conductivity of 0·00005 W/m-K. Consider the heat of vaporization of liquid nitrogen as 198 kJ/kg and its density as 810 kg/m³ at 1 atm. 20

(b) एक पाइपलाइन में प्रवाहित भाप की द्रव्यमान प्रवाह दर का मापन एक सुरोधित वेन्चुरी मीटर द्वारा किया जाता है। शुष्क संतृप्त भाप 7·0 बार पर वेन्चुरी में प्रवेश करती है। वेन्चुरी के कंठ (थ्रोट) पर 3·6 बार का दाब मापा गया। वेन्चुरी के प्रवेश और कंठ के व्यास क्रमशः 538·5 mm तथा 75 mm हैं। वेन्चुरी के प्रवेश पर भाप का वेग 10 m/s है। घर्षण को नगण्य मानते हुए भाप की द्रव्यमान प्रवाह दर की गणना कीजिए। (भाप के गुण नीचे दी गयी भाप सारणी से लेने हैं) :

संतृप्त भाप के गुण

दाब, P (बार)	$t_{संतृप्त}$ (°C)	विशिष्ट आयतन (m^3/kg)		विशिष्ट एन्थैल्पी (kJ/kg)		विशिष्ट एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K)	
		v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
3·6	140·0	0·00108	0·511	588·6	2733·7	1·738	6·931
7·0	165·0	0·001108	0·273	697·2	2763·5	1·992	6·708

The mass flow rate of steam flowing in a pipeline is measured with the help of a well-insulated Venturi meter. Dry saturated steam at 7·0 bar enters the Venturi. The pressure at the throat of the Venturi is measured to be 3·6 bar. The inlet and throat diameters of the Venturi are 538·5 mm and 75 mm respectively. The velocity of steam at the inlet to the Venturi is 10 m/s. Calculate the mass flow rate of steam neglecting friction. (The properties of steam are to be taken from the steam table as given below) :

Properties of Saturated Steam

Pressure, *P* (bar)	t_{sat} (°C)	*Specific volume* (m^3 / kg)		*Specific enthalpy* (kJ/kg)		*Specific entropy* (kJ/kg-K)	
		v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
3·6	140·0	0·00108	0·511	588·6	2733·7	1·738	6·931
7·0	165·0	0·001108	0·273	697·2	2763·5	1·992	6·708

20

(c) एक संपीडक में वायु अपरिवर्ती प्रवाह के रूप में 140 kPa, 17 °C तथा 70 m/s पर प्रवेश करती है एवं 350 kPa, 127 °C तथा 110 m/s पर बाहर निकलती है। पर्यावरण 7 °C पर है। प्रति kg वायु की गणना कीजिए—*(i)* कार्य की वास्तविक आवश्यक मात्रा के लिए, *(ii)* न्यूनतम आवश्यक कार्य के लिए तथा *(iii)* प्रक्रम की अप्रतिक्रम्यता के लिए। वायु के लिए $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K तथा $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K लीजिए।

Air enters a compressor in steady flow at 140 kPa, 17 °C and 70 m/s and leaves it at 350 kPa, 127 °C and 110 m/s. The environment is at 7 °C. Calculate per kg of air for *(i)* the actual amount of work required, *(ii)* the minimum work required and *(iii)* the irreversibility of the process. For air, take $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K and $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K. 10

3. *(a)* एक पद, जिसमें एक 50 प्रतिशत प्रतिक्रिया अक्षीय प्रवाह भाप टरबाइन का एक जोड़ी ब्लेड वलय निहित है, का माध्य वलय व्यास 140 cm है। ब्लेड तथा भाप की चालों का अनुपात 0·7 है। घूर्णन चाल 3000 r.p.m. है। यदि निर्गम कोण 20° है, तो ब्लेड के लिए आवश्यक प्रवेश कोण ज्ञात कीजिए। प्रति सेकन्ड प्रति कि० ग्रा० प्रवाहित भाप के लिए कार्य और आरेख दक्षता का भी निर्धारण कीजिए। दी गयी भाप चाल व निर्गम कोण के लिए यदि ब्लेड इष्टतम प्रचालन अवस्था के लिए डिजाइन किए गए हैं तथा सर्वोत्तम सैद्धान्तिक चाल पर चलते हैं, तो आरेख दक्षता की प्रतिशतता वृद्धि की गणना कीजिए।

One stage comprising a pair of blade rings of a 50 percent reaction axial flow steam turbine has a mean ring diameter of 140 cm. The blade to steam speed ratio is 0·7. The speed of rotation is 3000 r.p.m. Determine the required entrance angle for the blading if the exit angle is 20°. Also, determine the work done per kg of steam flowing per second and the diagram efficiency. Calculate the percentage increase in diagram efficiency if the blades are designed for, and run at the best theoretical speed corresponding to the optimum operating condition, for the given steam speed and the exit angle. 20

(b) (i) प्रथम नियम दक्षता, द्वितीय नियम दक्षता तथा कार्नो दक्षता में संबंध स्थापित कीजिए।

(ii) एक प्रतिक्रम्य ऊष्मा इंजन दो ऊष्माशयों, जो 1000 °C तथा 40 °C पर हैं, के मध्य कार्य कर रहा है। इंजन एक प्रतिक्रम्य प्रशीतित्र, जो 40 °C तथा −10 °C के मध्य है, को संचालित कर रहा है। इंजन को ऊष्मा अंतरण की मात्रा 4000 kJ तथा 1000 kJ के शुद्ध निर्गम कार्य की मात्रा, संयोजित इंजन प्रशीतित्र प्रणाली से प्राप्त होती है। (1) प्रशीतित्र को ऊष्मा अंतरण की मात्रा तथा (2) 40 °C के ऊष्माशय को ऊष्मा अंतरण की शुद्ध मात्रा की गणना कीजिए।

(i) Establish the relation between 1st law efficiency, 2nd law efficiency and Carnot efficiency. 5

(ii) A reversible heat engine operates between two thermal reservoirs of 1000 °C and 40 °C. The engine drives a reversible refrigerator operating between 40 °C and −10 °C. The amount of heat transfer to the engine is 4000 kJ and a net amount of work output of 1000 kJ is obtained from the combined engine-refrigerator system. Determine (1) the amount of heat transfer to the refrigerator and (2) the net amount of heat transfer to 40 °C reservoir. 15

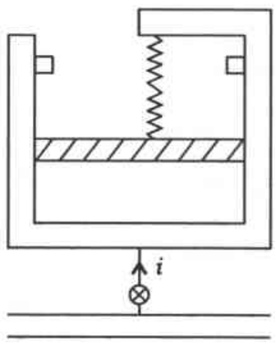
(c) 2 m × 3 m की एक चपटी पट्टिका एक कमरे में इस प्रकार लटक रही है कि उसके 3 m लम्बी भुजा के बराबर हवा उसके पृष्ठों के समानान्तर प्रवाहित हो रही है। मुक्त धारा का तापमान तथा हवा का वेग क्रमशः 20 °C और 7 m/s हैं। पट्टिका पर कार्यरत कुल विकर्ष बल मापन द्वारा 0·86 N पाया गया। पट्टिका के लिए औसत संवहन ऊष्मा अंतरण गुणांक ज्ञात कीजिए।

वायु के लिए 20 °C तथा 1 atm पर गुण हैं $\rho = 1{\cdot}204 \text{ kg/m}^3$, $C_p = 1{\cdot}007 \text{ kJ/kg-K}$, $\Pr = 0{\cdot}7309$.

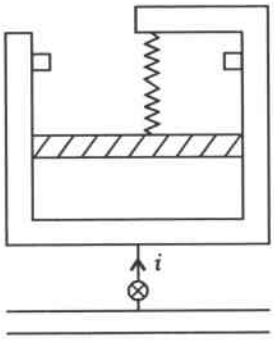
A 2 m × 3 m flat plate is suspended in a room and subjected to air flow parallel to its surfaces along its 3 m long side. The free stream temperature and velocity of air are 20 °C and 7 m/s respectively. The total drag force acting on the plate is measured to be 0·86 N. Determine the average convective heat transfer coefficient for the plate.

The properties of air at 20 °C and 1 atm are $\rho = 1{\cdot}204 \text{ kg/m}^3$, $C_p = 1{\cdot}007 \text{ kJ/kg-K}$, $\Pr = 0{\cdot}7309$. 10

4. (a) एक घर्षण-रहित पिस्टन/सिलिन्डर को एक रेखीय स्प्रिंग (नीचे चित्र में दर्शाए अनुसार) से भारित किया गया, जिसका स्प्रिंग स्थिरांक 100 kN/m है तथा पिस्टन का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल $0{\cdot}1 \text{ m}^2$ है। सिलिन्डर, जिसका प्रारम्भिक आयतन 20 L है, वायु को 200 kPa तथा परिवेशी ताप 300 K पर अंतर्विष्ट करता है। सिलिन्डर में एक स्टॉप लगा है जो इसका आयतन 50 L से ऊपर जाने पर रोकता है। एक वाल्व सिलिन्डर को एक वायु आपूर्ति लाइन से जोड़ता है जिसमें वायु 800 kPa, 325 K पर प्रवाहित हो रही है। वाल्व को अब खोल दिया गया है और वह वायु को तब तक अन्दर आने देता है जब तक कि सिलिन्डर का दाब तथा ताप क्रमशः 800 kPa और 350 K नहीं हो जाता है। इसके बाद वाल्व बन्द कर दिया जाता है तथा प्रक्रम की समाप्ति हो जाती है। अंतिम अवस्था में क्या पिस्टन स्टॉप पर पहुँचता है? प्रक्रम के दौरान ऊष्मा अन्तरण का निर्धारण कीजिए। वायु के लिए $C_p = 1{\cdot}005 \text{ kJ/kg-K}$ तथा $R = 0{\cdot}287 \text{ kJ/kg-K}$ लीजिए :



A frictionless piston/cylinder is loaded with a linear spring (as shown in the figure below) having a spring constant of 100 kN/m, and the piston cross-sectional area is $0 \cdot 1 \text{ m}^2$. The cylinder having an initial volume of 20 L contains air at 200 kPa and ambient temperature 300 K. There exists a stop in the cylinder which prevents its volume from exceeding 50 L. A valve connects the cylinder to an air supply line flowing air at 800 kPa, 325 K. The valve is now opened, allowing air to flow in until the cylinder pressure and temperature reach 800 kPa and 350 K respectively. The valve is then closed and the process ends. At the final state does the piston reach the stop? Calculate the heat transfer during the process. Take $C_p = 1 \cdot 005$ kJ /kg-K and $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K for air :



20

(b) एक प्रति-प्रवाह द्वि-नली ऊष्मा विनिमयित्र को 1·2 kg/s की दर से जल को 20 °C से 80 °C तक गर्म करना है। तापन को भू-ऊष्मीय जल, जो 160 °C तथा 2 kg/s द्रव्यमान प्रवाह दर पर उपलब्ध है, से प्राप्त करना है। आन्तरिक ट्यूब पतली दीवार वाली और 1·5 cm व्यास की है। यदि ऊष्मा विनिमयित्र का संपूर्ण ऊष्मा अंतरण गुणांक 640 W /m^2-K हो, तो वांछित तापन को प्राप्त करने के लिए ऊष्मा विनिमयित्र की आवश्यक लम्बाई ज्ञात कीजिए। जल तथा भू-ऊष्मीय तरल की विशिष्ट ऊष्माओं को क्रमशः 4·18 kJ/kg-K और 4·31 kJ/kg-K लीजिए।

A counter-flow double-pipe heat exchanger is to heat water from 20 °C to 80 °C at a rate of 1·2 kg/s. The heating is to be accomplished by geothermal water available at 160 °C at a mass flow rate of 2 kg/s. The inner tube is thin-walled and has a diameter of 1·5 cm. If the overall heat transfer coefficient of the heat exchanger is 640 W /m^2-K, determine the length of the heat exchanger required to achieve the desired heating. Take specific heat of water and geothermal fluid as 4·18 kJ/kg-K and 4·31 kJ/kg-K respectively. 20

(c) एक भाप शक्ति संयंत्र में वेग त्रिभुजों की सहायता से समझाइए कि अपकेन्द्री पंखे जिनमें पश्च-वक्र ब्लेड होते हैं उनका प्रणोदित प्रवात पंखे के रूप में तथा अपकेन्द्री पंखे जिनमें अग्र-वक्र ब्लेड होते हैं उनका प्रेरित प्रवात पंखे के रूप में क्यों प्रयोग होता है।

Explain, with the help of velocity triangles, why centrifugal fans with backward-curved blading are used for forced draught fans, and centrifugal fans with forward-curved blading are used for induced draught fans in a steam power plant. 10

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* वांछित रूप से उच्च या निम्न होने वाले विभिन्न घटकों को तुलनात्मक कथन के रूप में एक सारणी के आकार में दीजिए, जो एस० आइ० तथा सी० आइ० इंजनों में अपस्फोटन को कम करता है।

क्रम संख्या	*घटक*	*एस० आइ० इंजन (उच्च/निम्न)*	*सी० आइ० इंजन (उच्च/निम्न)*

Give a comparative statement in the form of a table of the various factors desired to be high or low which tend to reduce knock in SI and CI engines.

Sl. No.	*Factor*	*SI engine (High/Low)*	*CI engine (High/Low)*

10

(b) एक सामान्य वाष्प संशोषण प्रशीतन तंत्र के प्रचालन तापमान हैं—जनरेटर 100 °C; संघनित्र तथा अवशोषक 45 °C; वाष्पित्र 2 °C. तंत्र की प्रशीतन क्षमता 125 kW तथा तंत्र में ऊष्मा निवेश 180 kW है। घुलन पम्प का कार्य नगण्य है।

(i) तंत्र का निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०) तथा कुल ऊष्मा त्याज्य दर ज्ञात कीजिए।

(ii) एक आविष्कारक दावा करता है कि उपर्युक्त तंत्र के सभी अवयवों में सुधार करके वह ऊष्मा निवेश को 90 kW तक कम कर देगा, जबकि प्रशीतन क्षमता तथा प्रचालन तापमान पूर्व की भाँति ही रहेंगे। दावे की सत्यता की जाँच कीजिए।

The operating temperatures of a simple vapour absorption refrigeration system are—generator 100 °C; condenser and absorber 45 °C; evaporator 2 °C. The system has refrigeration capacity of 125 kW and heat input to the system is 180 kW. The solution pump work is negligible.

(i) Find the COP of the system and total heat rejection rate from the system.

(ii) An inventor claims that by improving the design of all the components of the above system, he could reduce the heat input to the system by 90 kW, while keeping the refrigeration capacity and operating temperature same as before. Examine the validity of the claim. 10

(c) एक अक्षीय प्रवाह पंखा 1200 r.p.m. पर कार्य करता है। ब्लेड के अग्र भाग का व्यास 1·1 m तथा नाभि (हब) का व्यास 0·8 m है। घूर्णन तल के सापेक्ष ब्लेड के अन्तर्गम तथा निर्गम कोण क्रमशः 30° तथा 60° हैं। अन्तर्गम निर्देशक वेन रोटर को प्रवेश पर घूर्णन तल के सापेक्ष 60° के कोण पर निरपेक्ष प्रवाह देता है। रोटर के आर-पार वेग के अक्षीय अवयव में कोई बदलाव नहीं होता है। *(i)* पंखे में से आयतन प्रवाह दर तथा *(ii)* पंखे को संचालित करने के लिए न्यूनतम बल-आघूर्ण तथा शक्ति का निर्धारण कीजिए। वायु के घनत्व को $1{\cdot}225\ \text{kg}/\text{m}^3$ लीजिए।

An axial flow fan operates at 1200 r.p.m. The blade tip diameter is 1·1 m and hub diameter is 0·8 m. The blade inlet and exit angles are 30° and 60° respectively with respect to the plane of rotation. Inlet guide vanes give the absolute flow entering the rotor at an angle of 60° with the plane of rotation. There is no change in the axial component of velocity across the rotor. Determine *(i)* the volume flow rate through the fan and *(ii)* the minimum torque and power needed to drive the fan. Take the density of air as $1{\cdot}225\ \text{kg}/\text{m}^3$. 10

(d) 1-D समएन्ट्रॉपी प्रवाह के आधार पर, दर्शाइए कि एक परिवर्तनीय क्षेत्रफल वाली वाहिनी के किसी परिच्छेद पर मैक संख्या M, परिच्छेद के क्षेत्रफल A से निम्नवत् संबंधित है :

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M}\left[\frac{2}{\gamma+1}\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)\right]^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}$$

जहाँ A^* वाहिनी का क्षेत्रफल है तथा M = 1 से मेल खाता है।

On the basis of 1-D isentropic flow, show that in a duct of varying area, the Mach number M at any section is related to the area A of the section by

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M}\left[\frac{2}{\gamma+1}\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)\right]^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}$$

where A^* is the area of the duct corresponds to M = 1. 10

(e) संक्षेप में समझाइए कि घरेलू प्रशीतित्र में केशिका नली को अन्य उपरोधी साधनों के सापेक्ष क्यों अधिक उपयुक्त समझा जाता है।

Explain in brief as to why capillary tube is preferred to other throttling devices in household refrigerator. 10

6. (a) एक तेल इंजन, जो वायु-मानक द्वि-चक्र पर कार्यरत है, का सिलिन्डर बोर 250 mm और स्ट्रोक की लम्बाई 300 mm है। संपीडन व प्रसार अनुपात क्रमशः 10 व 6 हैं। वायु का संपीडन के पहले प्रारम्भिक दाब व ताप क्रमशः 1·0 बार व 27 °C हैं। स्थिर दाब पर दी गयी ऊष्मा, स्थिर आयतन पर दी गयी ऊष्मा की दुगुनी है। चक्र में सभी प्रमुख बिन्दुओं पर दाब और ताप का निर्धारण कीजिए तथा चक्र की वायु-मानक दक्षता ज्ञात कीजिए। इंजन के अवकाश आयतन की भी गणना कीजिए। चक्र का *P-V* आरेख खींचिए। वायु के लिए $\gamma = 1{\cdot}4$ तथा $C_p = 1{\cdot}005$ kJ/kg-K लीजिए।

An oil engine operating on air-standard dual cycle has cylinder bore of 250 mm and stroke length of 300 mm. The compression and expansion ratios are 10 and 6 respectively. The initial pressure and temperature of air before compression are 1·0 bar and 27 °C respectively. The heat added at constant pressure is twice the heat added at constant volume. Determine the pressure and temperature at all the salient points in the cycle, and the air-standard efficiency of the cycle. Also, calculate the clearance volume of the engine. Draw the *P-V* diagram of the cycle. Take, for air, $\gamma = 1{\cdot}4$ and $C_p = 1{\cdot}005$ kJ/kg-K. 20

(b) एक खाद्य भंडारण चैम्बर को एक 12 TR क्षमता के प्रशीतन निकाय, जिसमें वाष्पित्र का संतृप्त ताप −8 °C तथा संघनित्र का तापमान 30 °C हो, की आवश्यकता है। प्रशीतक R-12 का उपरोधी वाल्व में प्रवेश के पहले 5 °C उपशीतन तथा वाष्प को संपीडक में प्रवेश के पहले वाष्पित्र में 6 °C अतितापित किया जाता है। यदि द्रव तथा वाष्प की विशिष्ट ऊष्माएँ क्रमशः 1·235 kJ/kg-K तथा 0·733 kJ/kg-K हों, तो *(i)* प्रति कि० ग्रा० प्रशीतन प्रभाव, *(ii)* प्रति मिनट प्रसारित प्रशीतक का द्रव्यमान तथा *(iii)* निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०) ज्ञात कीजिए। R-12 प्रशीतक के आवश्यक गुण निम्नवत् हैं :

संतृप्त ताप (°C)	एन्थैल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K)	
	द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
−8	28·70	184·06	0·1148	0·7007
30	64·59	199·62	0·2400	0·6853

A food storage chamber requires a refrigeration system of 12 TR capacity with an evaporator saturation temperature of – 8 °C and condenser temperature of 30 °C. The refrigerant R-12 is sub-cooled by 5 °C before entering the throttle valve, and the vapour is superheated inside the evaporator by 6 °C before entering the compressor. If the liquid and vapour specific heats are 1·235 kJ/kg-K and 0·733 kJ/kg-K respectively, find the *(i)* refrigerating effect per kg, *(ii)* mass of refrigerant circulated per minute and *(iii)* COP. The relevant properties of the refrigerant R-12 are given below :

Saturation temperature (°C)	*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* (kJ/kg-K)	
	Liquid	*Vapour*	*Liquid*	*Vapour*
– 8	28·70	184·06	0·1148	0·7007
30	64·59	199·62	0·2400	0·6853

20

(c) 50% प्रतिक्रिया मात्रा वाले एक अक्षीय प्रवाह संपीडक पद के रोटर तथा स्टेटर ब्लेडों में निम्नलिखित प्रवाह चर किस प्रकार बदलते हैं (बढ़ते हैं/घटते हैं/स्थिर रहते हैं), इसको एक सारणी के रूप में दर्शाइए :

(i) स्थैतिक तापमान

(ii) स्थैतिक दाब

(iii) स्तब्ध तापमान

(iv) स्तब्ध दाब

(v) आपेक्षिक वेग

(vi) निरपेक्ष वेग

संबंधित *T-s* आरेख भी खींचिए।

Show, in the form of a table, how the following flow parameters change (increase/decrease/remain constant) in the rotor and stator blades of an axial flow compressor stage with 50% degree of reaction :

(i) Static temperature

(ii) Static pressure

(iii) Stagnation temperature

(iv) Stagnation pressure

(v) Relative velocity

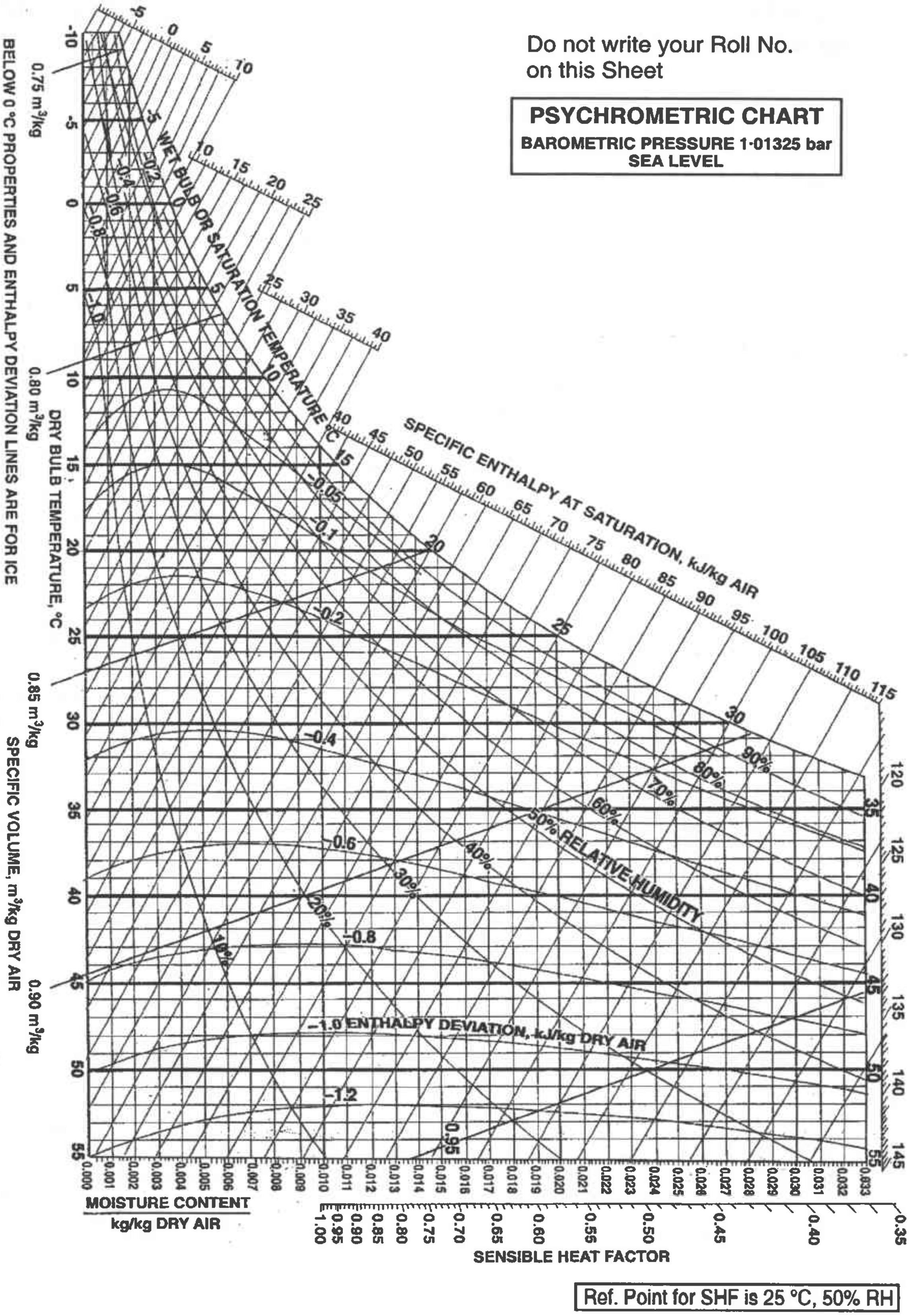
(vi) Absolute velocity

Also, draw the corresponding *T-s* diagram. 10

7. *(a)* पुनःसंचारित कमरे की वायु तथा बाहरी वायु का 39·6 m^3/min मिश्रण एक शीतन कुंडली, जो 31 °C शुष्क बल्ब तापमान और 18·5 °C आर्द्र बल्ब तापमान पर है, में प्रवेश करती है। कुंडली के उपकरण का ओसांक तापमान 4·4 °C है। कुंडली के पृष्ठ का क्षेत्रफल इस प्रकार है कि वह वायु को दी गयी प्रवेश अवस्था में 12·5 kW का प्रशीतन देगी। कुंडली से निकलने वाली वायु का शुष्क बल्ब व आर्द्र बल्ब तापमान तथा उपमार्ग गुणक ज्ञात कीजिए। (साइक्रोमीट्री चार्ट पृष्ठ सं० 10 में दिया गया है)

39·6 m^3/min of a mixture of recirculated room air and outdoor air enters a cooling coil at 31 °C dry-bulb temperature and 18·5 °C wet-bulb temperature. The apparatus dew-point temperature of the coil is 4·4 °C. The surface area of the coil is such that it would give 12·5 kW of refrigeration with the given entering air state. Determine the dry-bulb and wet-bulb temperatures of air leaving the coil, and the bypass factor. (Psychrometric Chart is given in Page No. 10) 20

Do not write your Roll No.
on this Sheet



(b) एक प्रवाह क्षेत्र के किसी बिन्दु पर अभिलक्षण मैक संख्या (M*) और वास्तविक मैक संख्या (M) के बीच निम्नलिखित संबंध स्थापित कीजिए :

$$M^{*2} = \frac{(\gamma+1)M^2}{2+(\gamma-1)M^2}$$

एक वाहिनी में एक अभिलम्ब प्रघात है। तरल वायु है, जिसको एक आदर्श गैस माना जा सकता है। प्रघात के प्रतिप्रवाह पर गुण हैं $T_1 = 5\,°C$, $p_1 = 65$ kPa तथा $V_1 = 668$ m/s. प्रघात के अनुप्रवाह पर स्थैतिक तापमान, स्थैतिक दाब तथा स्तब्ध तापमान ज्ञात कीजिए। वायु के लिए $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K तथा $\gamma = 1 \cdot 4$ लीजिए।

Obtain the following relationship between the characteristic Mach number (M*) and actual Mach number (M) at a point in a flow field :

$$M^{*2} = \frac{(\gamma+1)M^2}{2+(\gamma-1)M^2}$$

A normal shock stands in a duct. The fluid is air, which can be considered as an ideal gas. Properties at upstream of the shock are $T_1 = 5\,°C$, $p_1 = 65$ kPa and $V_1 = 668$ m/s. Determine the static temperature, static pressure and stagnation temperature downstream of the shock. For air, take $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K and $\gamma = 1 \cdot 4$. 20

(c) समझाइए कि क्यों अधिकांशतः मध्यम आमाप वाले ऑटोमोबाइल इंजन लगभग वर्गाकार आकृति के होते हैं जिनमें सिलिन्डर बोर का व्यास लगभग स्ट्रोक की लम्बाई के बराबर होता है।

Explain why most of the medium-sized automobile engines are close to square shape with the cylinder bore diameter approximately equal to the stroke length. 10

8. *(a)* एक गैस टरबाइन संयंत्र में 85% समएन्ट्रॉपी दक्षता वाले संपीडक में वायु 1·0 बार तथा 27 °C से 6·0 बार दाब तक संपीडित की जाती है। तत्पश्चात् वायु दहन कक्ष से गुजरती है जहाँ ईंधन मिलाया जाता है। गर्म गैसें टरबाइन में 90% समएन्ट्रॉपी दक्षता पर प्रसरित होती हैं। चक्र में अधिकतम तापमान 1300 °C है। ईंधन का ऊष्मीय मान 44 MJ/kg है। यदि शुद्ध निर्गम शक्ति 3·0 MW है, तो निम्नलिखित की गणना कीजिए :

(i) चक्र दक्षता, *(ii)* कार्य अनुपात, *(iii)* वायु की द्रव्यमान प्रवाह दर, *(iv)* ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत (kg/kWh)

मानिए कि कार्यकारी तरल के गुण पूरे चक्र के दौरान वायु के गुणों के समान हैं। मानिए $\text{in}_{\text{वायु}} \simeq \text{in}_{\text{गैस}}$. अन्य सभी हानियों को नगण्य मानिए। वायु के लिए, $\gamma = 1 \cdot 4$ तथा $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K लीजिए। चक्र का *T-s* आरेख भी खींचिए।

In a gas turbine plant, air at 1·0 bar and 27 °C is compressed to a pressure of 6·0 bar in a compressor with isentropic efficiency of 85%. The air then passes through the combustion chamber where fuel is added. The hot gases expand in the turbine with an isentropic efficiency of 90%. The maximum temperature in the cycle is 1300 °C. The calorific value of the fuel is 44 MJ/kg. If the net power output is 3·0 MW, calculate the following :

(i) Cycle efficiency, *(ii)* Work ratio, *(iii)* Mass flow rate of air, *(iv)* Brake-specific fuel consumption (kg/kWh)

Consider the working fluid to have the properties of air throughout the cycle. Assume $in_{air} \simeq in_{gases}$. Neglect all other losses. For air, $\gamma = 1 \cdot 4$ and $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K. Also, draw the *T-s* diagram of the cycle. 20

(b) एक छह-सिलिन्डर चार-स्ट्रोक एस० आइ० इंजन, जो 4500 r.p.m. पर चल रहा है, से 190 kW शक्ति विकसित करने की अपेक्षा है। ब्रेक ऊष्मीय दक्षता 32% है। वायु/ईंधन अनुपात 12·5 : 1 तथा इस चाल पर आयतनिक दक्षता 68% है। यदि स्ट्रोक/बोर अनुपात 0·8 है, तो आवश्यक इंजन विस्थापन तथा बोर व स्ट्रोक की विमाओं का निर्धारण कीजिए। ईंधन का ऊष्मीय मान 44200 kJ/kg तथा मुक्त वायु अवस्थाएँ 1·013 बार तथा 15 °C हैं। यदि यांत्रिक दक्षता 80% है, तो ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत तथा सूचित ऊष्मीय दक्षता की गणना कीजिए। $R_{\text{वायु}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K.

A six-cylinder four-stroke SI engine is required to develop 190 kW of power running at 4500 r.p.m. The brake thermal efficiency is 32%. The air/fuel ratio is 12·5 : 1 and the volumetric efficiency at this speed is 68%. If the stroke/bore ratio is 0·8, determine the engine displacement required and the dimensions of bore and stroke. The calorific value of the fuel is 44200 kJ/kg and the free air conditions are 1·013 bar and 15 °C. If the mechanical efficiency is 80%, calculate the brake-specific fuel consumption and the indicated thermal efficiency. $R_{air} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K. 20

(c) एक आदर्श प्रशीतक के पर्यावरणीय और सुरक्षा गुण क्या हैं?

What are the environmental and safety properties of an ideal refrigerant? 10

★ ★ ★