CHAHAL ACADEMY
LEARN TODAY! LEAD TOMORROW!
96259-93995

M–ESC–D–MLE

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)

दो खण्डों में कुल **आठ** प्रश्न दिए गए हैं जो **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 प्रयासों 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 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)* कार्नो इंजन की दक्षता बढ़ाने के लिये इनमें से कौन-सा उपाय ज्यादा प्रभावी है—T_2 को स्थिर रखते हुए T_1 को बढ़ाना या कि T_1 को स्थिर रखते हुए T_2 को घटाना?

Which is the more effective way to increase the efficiency of a Carnot engine—to increase T_1 keeping T_2 constant or to decrease T_2 keeping T_1 constant? 10

(b) एक अपकेन्द्री सम्पीडक का दाब गुणांक क्या होता है? व्युत्पन्न कीजिये कि $\psi_p = 1 - \phi_2 \cot\beta_2$, जहाँ ϕ_2 = प्रवाह गुणांक।

What is the pressure coefficient of a centrifugal compressor? Derive that $\psi_p = 1 - \phi_2 \cot\beta_2$, where ϕ_2 = flow coefficient. 10

(c) ऊष्मा विनिमायक के विश्लेषण के संबंध में प्रभाविता, NTU तथा ऊष्मा धारिता अनुपात को परिभाषित कीजिये एवं प्रतिगामी-प्रवाह ऊष्मा विनिमायक के लिये इनमें आपसी संबंध स्थापित कीजिये।

Define effectiveness, NTU and heat capacity ratio in case of heat exchanger analysis, and also establish a relationship among them for counterflow heat exchanger. 10

(d) वीन के विस्थापन के नियम को विकिरण के प्लैंक के नियम से व्युत्पन्न कीजिये।

Derive Wien's displacement law from Planck's law of radiation. 10

(e) SI तथा CI इंजनों की अधिभरण सीमाएँ क्या हैं? एक अंतर्दहन (IC) इंजन के अधिभरण के लिये कौन-से रूपांतरों की सिफारिश की जाती है?

What are the supercharging limits of SI and CI engines? What are the modifications recommended for supercharging an IC engine? 10

2. *(a)* L लम्बाई की एक बेलनाकार छड़, जो अपने पार्श्विक सतह पर ऊष्मारोधित है, शुरू में T_1 ताप पर एक दीवार से एक छोर पर तथा दूसरे छोर पर निम्न ताप T_2 पर एक अन्य दीवार के सम्पर्क में है। आरंभ में छड़ का ताप स्थिति x के अनुरूप रैखिक रूप से इस प्रकार बदलता है कि $T(x) = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{L}x$. छड़ दोनों सिरों पर ऊष्मारोधित है तथा अन्ततः T_f तापमान की अन्तिम सन्तुलन अवस्था पर आ जाती है। T_1 तथा T_2 के रूप में T_f का मूल्यांकन कीजिये तथा दर्शाइये कि उत्पन्न एन्ट्रॉपी की मात्रा

$$S_{\text{gen}} = mc\left[1 + \ln T_f + \frac{T_2}{T_1 - T_2}\ln T_2 - \frac{T_1}{T_1 - T_2}\ln T_1\right]$$

है, जहाँ c छड़ की विशिष्ट ऊष्मा है।

A cylindrical rod of length L insulated on its lateral surface is initially in contact at one end with a wall at temperature T_1 and at the other end with a wall at lower temperature T_2. The temperature within the rod initially varies linearly with position x according to $T(x) = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{L} x$. The rod is insulated on its ends and eventually comes to a final equilibrium state where the temperature is T_f. Evaluate T_f in terms of T_1 and T_2, and show that the amount of entropy generated is

$$S_{\text{gen}} = mc\left[1 + \ln T_f + \frac{T_2}{T_1 - T_2}\ln T_2 - \frac{T_1}{T_1 - T_2}\ln T_1\right]$$

where c is the specific heat of the rod. 20

(b) वायु एक सतह पर प्रवाहित हो रही है, जिसकी लम्बाई 2 m है एवं पर्याप्त चौड़ाई है तथा प्रवाह की दिशा में अभिमुख है और 150 °C पर कायम है। दाब 1 atm तथा वायु का पुंज ताप 30 °C है। यदि वायु की गति 12 m/s हो, तो औसत ऊष्मा अंतरण गुणांक ज्ञात कीजिये।

[फिल्म ताप, जो $(150+30)/2 = 90$ °C है, पर वायु के निम्नलिखित भौतिक गुणधर्मों को इस्तेमाल कीजिये :

$\rho = 0 \cdot 962$ kg/m^3, $\mu = 2 \cdot 131 \times 10^{-5}$ kg/m s

$k = 0 \cdot 031$ W/m K, $C_p = 1 \cdot 01$ kJ/kg K

$\text{Nu} = 0 \cdot 332\ \text{Re}^{1/2}\ \text{Pr}^{1/3}$, स्तरीय प्रवाह के लिये

$\text{Nu} = 0 \cdot 0296\ \text{Re}^{0 \cdot 8}\ \text{Pr}^{1/3}$, प्रक्षुब्ध प्रवाह के लिये]

Air flows over a surface, 2 m in length, oriented in the direction of flow and of sufficient breadth, maintained at 150 °C. The pressure is 1 atm and the bulk air temperature is 30 °C. If the air velocity is 12 m/s, find the average heat transfer coefficient.

[Use the following physical properties of air at film temperature, that is $(150+30)/2 = 90$ °C :

$\rho = 0 \cdot 962$ kg/m^3, $\mu = 2 \cdot 131 \times 10^{-5}$ kg/m s

$k = 0 \cdot 031$ W/m K, $C_p = 1 \cdot 01$ kJ/kg K

$\text{Nu} = 0 \cdot 332\ \text{Re}^{1/2}\ \text{Pr}^{1/3}$ for laminar flow

$\text{Nu} = 0 \cdot 0296\ \text{Re}^{0 \cdot 8}\ \text{Pr}^{1/3}$ for turbulent flow] 20

(c) SI इंजन के निम्नलिखित निष्पादन अभिलक्षणों पर वाष्पशीलता के प्रभाव का संक्षेप में वर्णन कीजिये :

(i) अतप्त प्रवर्तन

(ii) तप्त प्रवर्तन

(iii) वाष्प-पाश

(iv) वाष्पन-हानि

Briefly describe the effect of volatility on the following performance characteristics of SI engine : 10

(i) Cold starting

(ii) Hot starting

(iii) Vapour lock

(iv) Evaporation loss

3. (a) एक वाष्प नली (आन्तरिक व्यास = 150 mm तथा बाह्य व्यास = 160 mm), जिसकी ऊष्मीय चालकता 58 W/m K है, 30 mm तथा 50 mm मोटाई की ऊष्मारोधन की दो परतों, जिनकी ऊष्मीय चालकताएँ क्रमशः 0·18 W/m K तथा 0·09 W/m K हैं, से ढका हुआ है। वाष्प नली के आन्तरिक पृष्ठ का तापमान 320 °C तथा ऊष्मारोधन परतों के बाह्य पृष्ठ का तापमान 40 °C है।

(i) वाष्प नली की प्रति मीटर लम्बाई से ऊष्मा-हानि की मात्रा और परत के सम्पर्क ताप का निर्धारण कीजिये।

(ii) यदि वाष्प की अवस्था शुष्क तथा संतृप्त हो, तो प्रति मीटर नली से बाहर निकलने वाली वाष्प की गुणता को मालूम कीजिये यह मानकर कि प्रवाहमान वाष्प की मात्रा 0·32 kg/min है।

[इन आँकड़ों का प्रयोग कीजिये : 320 °C संतृप्त ताप पर
$h_f = 1463$ kJ/kg, $h_{fg} = 1240$ kJ/kg, $h_g = 2703$ kJ/kg]

A steam pipe (inner diameter = 150 mm and outer diameter = 160 mm) having thermal conductivity 58 W/m K is covered with two layers of insulation of thicknesses 30 mm and 50 mm respectively and thermal conductivities 0·18 W/m K and 0·09 W/m K respectively. The temperature of inner surface of the steam pipe is 320 °C and that of the outer surface of the insulation layers is 40 °C.

(i) Determine the quantity of heat lost per metre length of the steam pipe and layer contact temperature.

(ii) If the condition of the steam is dry and saturated, find the quality of the steam coming out of one metre pipe assuming that the quantity of steam flowing is 0·32 kg/min.

[Use the data : At 320 °C saturation temperature
$h_f = 1463$ kJ/kg, $h_{fg} = 1240$ kJ/kg, $h_g = 2703$ kJ/kg] 20

(b) एकल प्रधार (जेट) कार्ब्यूरेटर वाला एक इंजन 6·0 kg/h ईंधन का उपयोग करता है। ईंधन का घनत्व 750 kg/m^3 है। जब इंजन नहीं चल रहा होता है, तब प्लव कक्ष का तल प्रधार के शीर्ष से 3 mm नीचे होता है। परिवेश दशाएँ हैं दाब = 1·013 bar तथा ताप = 21 °C.

प्रधार का व्यास 1·2 mm तथा निस्सरण गुणांक 0·65 है। वायु का निस्सरण गुणांक 0·80 है। वायु/ईंधन अनुपात 15·3 : 1 है। निर्धारण कीजिये—

(i) क्रान्तिक वायु वेग;

(ii) कंठ पर अवनमन, H_2O के mm के रूप में;

(iii) प्रभावी कंठ व्यास।

वायु की सम्पीड्यता को उपेक्षित कीजिये।

An engine having a single-jet carburettor consumes 6·0 kg/h of fuel. The density of fuel is 750 kg/m^3. The level in the float chamber is 3 mm below the top of the jet when the engine is not running. The ambient conditions are :

Pressure = 1·013 bar and Temperature = 21 °C

The jet diameter is 1·2 mm and its discharge coefficient is 0·65. The discharge coefficient of air is 0·80. The air/fuel ratio is 15·3 : 1. Determine—

(i) critical air velocity;

(ii) depression at the throat in mm of H_2O;

(iii) effective throat diameter.

Neglect the compressibility of air. 20

(c) अपकेन्द्री सम्पीडक में प्रोत्कर्षण तथा अवरोधन की परिघटना को समझाइये।

Explain the phenomenon of surging and choking in a centrifugal compressor. 10

4. (a) प्रवाहमापी क्या होता है? इसे कहाँ उपयोग में लाते हैं? स्वच्छ चित्र की सहायता से एक प्रवाहमापी की कार्यप्रणाली को समझाइये।

What is a current meter? Where is it used? Explain with the help of a neat sketch the functioning of a current meter. 10

(b) एक द्विपार्श्वीय अपकेन्द्री सम्पीडक के लिये निम्नलिखित आँकड़ें दिये गये हैं :

प्रणोदक (इम्पेलर) का समग्र व्यास = 50 cm

नाका नोक व्यास = 30 cm

नाका आधार व्यास = 15 cm

आर० पी० एम० = 15000

कुल द्रव्यमान प्रवाह = 18 kg/s

प्रवेश सम्पूर्ण शीर्ष ताप = 295 K

सम्पूर्ण शीर्ष समएन्ट्रॉपिक दक्षता = 78%

शक्ति निवेश गुणक = 1·04

सर्पण गुणक = 0·9

मान लीजिये कि प्रवेश पर वायु का वेग 150 m/s है एवं यह अक्षीय है तथा नाका वलय के पार तक एकसमान बना रहता है।

मालूम कीजिये *(i)* सम्पूर्ण शीर्ष दाब अनुपात, *(ii)* सम्पीडक को चलाने के लिये आवश्यक शक्ति तथा *(iii)* प्रणोदक नाका की जड़ और नोक पर फलकों के प्रवेश कोण। *T-s* आरेख तथा वेग त्रिकोणों के रेखाचित्र बनाइये।

In a double-sided centrifugal compressor, the following data are given :

Overall diameter of impeller = 50 cm

Eye tip diameter = 30 cm

Eye root diameter = 15 cm

RPM = 15000

Total mass flow = 18 kg/s

Inlet total head temperature = 295 K

Total head isentropic efficiency = 78%

Power input factor = 1·04

Slip factor = 0·9

Assume that the velocity of air at inlet is 150 m/s and is axial, and remains constant across the eye annulus.

Find *(i)* the total head pressure ratio, *(ii)* the power required to drive the compressor and *(iii)* the inlet angles of the vanes at the root and tip of impeller eye. Draw the *T-s* diagram and velocity triangles. 20

(c) एक बृहत् वाष्प शक्ति संयंत्र में, कोश और नली प्रकार के एक संघनित्र का इस्तेमाल हो रहा है, जिसके निम्न आँकड़ें हैं :

ऊष्मा विनिमय डाटा = 2100 MW
कोश पासों की संख्या = 1
नलियों की संख्या = 31500
नली पासों की संख्या = 2
प्रत्येक नली का व्यास = 25 mm
संघनन ताप = 50 °C
शीतन जल की द्रव्यमान प्रवाह दर = $3 \cdot 4 \times 10^4$ kg/s
वाष्प की ओर ऊष्मा अंतरण गुणांक = 11400 W/m^2 K
अंतर्गम जल तापमान = 20 °C
जल की ओर ऊष्मा अंतरण गुणांक = 8018 W/m^2 K

केवल ε-NTU विधि का प्रयोग करते हुए परिकलन कीजिये—

(i) शीतन जल का निर्गत ताप;

(ii) नली पास की लम्बाई।

[27 °C पर जल के गुणधर्म हैं :

$$C_p = 4 \cdot 18 \text{ kJ/kg K}, \mu = 855 \times 10^{-6} \text{ N s/m}^2, k = 0 \cdot 613 \text{ W/m K}$$

एवं $\Pr = 5 \cdot 83$]

नली भित्ति के कारण तापीय प्रतिरोध की उपेक्षा कीजिये।

In a large steam power plant, a shell and tube type condenser is used which has the following data :

Heat exchange data = 2100 MW
Number of shell passes = 1
Number of tubes = 31500
Number of tube passes = 2
Diameter of each tube = 25 mm
Condensation temperature = 50 °C
Mass flow rate of cooling water = $3 \cdot 4 \times 10^4$ kg/s
Heat transfer coefficient on the steam side = 11400 W/m^2 K
Inlet water temperature = 20 °C
Heat transfer coefficient on the water side = 8018 W/m^2 K

Using only ε-NTU method, calculate—

(i) the outlet temperature of cooling water;

(ii) the length of tube pass.

[Properties of water at 27 °C are :

$$C_p = 4 \cdot 18 \text{ kJ/kg K}, \mu = 855 \times 10^{-6} \text{ N s/m}^2, k = 0 \cdot 613 \text{ W/m K}$$

and $\Pr = 5 \cdot 83$]

Neglect the thermal resistance due to tube wall. 20

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* सीमान्त परत पृथक्करण से आपका क्या तात्पर्य है? सीमान्त परत पृथक्करण के नियंत्रण की विभिन्न विधियों को संक्षेप में समझाइये।

What do you mean by boundary layer separation? Briefly explain the various methods of controlling of boundary layer separation. 10

(b) ऊष्मीय शक्ति संयंत्र में एक मितोपयोजित्र का क्या प्रकार्य होता है? मितोपयोजित्र नलिकाओं पर बहुधा पंख (फिन) गैस की तरफ क्यों लगाये जाते हैं? समझाइये।

What is the function of an economiser in a thermal power plant? Why are the economiser tubes often provided with fins on the gas side? Explain. 10

(c) रैंकिन चक्र आधारित ऊष्मा इंजन संयंत्र में कार्यकारी पदार्थ के रूप में इस्तेमाल करने के लिये तरल के वांछित गुणधर्म क्या होते हैं? *T-s* आरेख की सहायता से विवेचना कीजिये।

What are the desirable properties of a fluid for use as a working substance in Rankine cycle based heat engine plant? Discuss with the help of *T-s* diagram. 10

(d) एक आदर्श प्रशीतक के किन्हीं चार ऊष्मागतिकीय वांछित गुणधर्मों की विवेचना कीजिये।

Discuss any four thermodynamic desirable properties of an ideal refrigerant. 10

(e) रुद्धोष्म संतृप्तिकरण प्रक्रम क्या होता है? इस प्रक्रम में वायु-वाष्प मिश्रण की एन्थैल्पी क्यों स्थिर बनी रहती है?

What is an adiabatic saturation process? Why does the enthalpy of an air-vapour mixture remain constant during this process? 10

6. *(a)* स्पष्ट कीजिये कि फैनो प्रवाह से आपका क्या तात्पर्य है। फैनो प्रवाह में किये जाने वाले अभिगृहीतों और उससे संबद्ध नियंत्रक समीकरण का स्पष्ट रूप से उल्लेख कीजिये।

Explain what you mean by Fanno flow. Clearly mention the assumptions made and governing equations involved in the Fanno flow. 10

(b) एक अभिसारी-अपसारी तुण्ड 5·0 bar, 200 °C पर भाप प्राप्त करता है तथा समएन्ट्रॉपिक रूप से 2·0 bar पर दिक्स्थान में विस्तारित करता है। अंतर्गम वेग की उपेक्षा करते हुए निम्नलिखित मामलों में 0·3 kg/s के द्रव्यमान प्रवाह के लिये आवश्यक निर्गत क्षेत्रफल का परिकलन कीजिये :

(i) जब प्रवाह शुरू से अंत तक साम्यावस्था में हो

(ii) जब प्रवाह $PV^{1 \cdot 3}$ = स्थिरांक के साथ अतिसंतृप्त हो

इस अतिसंतृप्त प्रवाह के लिये अतिकूलन की कोटि तथा अतिसंतृप्तिकरण की कोटि का परिकलन भी कीजिये।

भाप के गुणधर्म :

5·0 bar एवं 200 °C पर, $h = 2855 \cdot 4$ kJ/kg, $s = 7 \cdot 0592$ kJ/kg K, $v = 0 \cdot 4249\ m^3/kg$

2·0 bar एवं $T_{sat} = 120 \cdot 23$ °C पर, $h_f = 504 \cdot 7$ kJ/kg, $h_g = 2706 \cdot 7$ kJ/kg, $s_f = 1 \cdot 5301$ kJ/kg K, $s_g = 7 \cdot 1271$ kJ/kg K, $v_f = 0 \cdot 001061\ m^3/kg$, $v_g = 0 \cdot 8857\ m^3/kg$

A convergent-divergent nozzle receives steam at 5·0 bar, 200 °C and expands isentropically into a space at 2·0 bar. Neglecting the inlet velocity, calculate the exit area required for a mass flow of 0·3 kg/s in the following cases :

(i) When the flow is in equilibrium throughout

(ii) When the flow is supersaturated with $PV^{1 \cdot 3}$= constant

Calculate also for this supersaturated flow, the degree of supercooling and the degree of supersaturation.

Properties of steam :

At 5·0 bar and 200 °C, $h = 2855 \cdot 4$ kJ/kg, $s = 7 \cdot 0592$ kJ/kg K, $v = 0 \cdot 4249\ m^3/kg$

At 2·0 bar and $T_{sat} = 120 \cdot 23$ °C, $h_f = 504 \cdot 7$ kJ/kg, $h_g = 2706 \cdot 7$ kJ/kg, $s_f = 1 \cdot 5301$ kJ/kg K, $s_g = 7 \cdot 1271$ kJ/kg K, $v_f = 0 \cdot 001061\ m^3/kg$, $v_g = 0 \cdot 8857\ m^3/kg$

20

(c) स्वच्छ रेखाचित्रों की सहायता से प्रशीतन के लिये वाष्प अवशोषण चक्र को स्पष्ट कीजिये तथा साथ ही इसके आदर्श निष्पादन गुणांक (COP) का परिकलन करने के लिये एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिये।

Explain, with the help of neat sketches, vapour absorption cycle for refrigeration and also derive an expression to calculate ideal COP of it. 20

7. *(a)* एक अभिसारी-अपसारी तुण्ड की अवकाश-परिकल्प (ऑफ डिज़ाइन) निष्पादन अभिलक्षणों पर एक टिप्पणी लिखिये। विभिन्न पृष्ठ दाबों के लिये तुण्ड के अक्ष के साथ-साथ दाब वितरण को अंकित कीजिये।

Write a note on the off-design performance characteristics of a convergent-divergent nozzle. Plot the pressure distribution along the axis of the nozzle for different back pressures. 20

(b) एक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र 10 bar और 3 bar की दाब सीमाओं के बीच कार्य करता है। सम्पीडन के अंत में कार्यकारी तरल शुष्क रहता है और प्रसार वाल्व के पहले कोई अवशीतन नहीं होता है। अगर प्रशीतक की प्रवाह दर 10 kg/min हो, तो ज्ञात कीजिये—

(i) COP;

(ii) प्रशीतित्र की क्षमता।

प्रशीतक के गुणधर्मों के लिये तालिका निम्नानुसार है :

दाब (bar)	*संतृप्तिकरण ताप* (°C)	*तरल ऊष्मा* (kJ/kg)	*गुप्त ऊष्मा* (kJ/kg)	*तरल एन्ट्रॉपी* (kJ/kg K)	*वाष्प एन्ट्रॉपी* (kJ/kg K)
10	25	298·9	1166·94	1·1242	5·0391
3	−10	135·37	1297·68	0·5443	5·4770

A vapour compression refrigeration cycle works between pressure limits 10 bar and 3 bar. The working fluid is dry at the end of compression and there is no undercooling before the expansion valve. If refrigerant flow rate is 10 kg/min, determine—

(i) the COP;

(ii) the capacity of the refrigerator.

Table for properties of the refrigerant is as under :

Pressure (bar)	*Saturation temperature* (°C)	*Liquid heat* (kJ/kg)	*Latent heat* (kJ/kg)	*Liquid entropy* (kJ/kg K)	*Vapour entropy* (kJ/kg K)
10	25	298·9	1166·94	1·1242	5·0391
3	−10	135·37	1297·68	0·5443	5·4770

20

(c) भाप टरबाइन में अधिनियंत्रक का क्या प्रकार्य होता है? एक स्वच्छ चित्र की सहायता से उपरोधी अधिनियंत्रण कार्य की व्याख्या कीजिये। प्रक्रम को *h-s* आरेख पर दर्शाइये।

What is the function of a governor in a steam turbine? With the help of a neat sketch, explain the working of throttle governing. Show the process on *h-s* diagram. 10

8. *(a)* 30 °C के शुष्क-बल्ब ताप तथा 60% आपेक्षिक आर्द्रता वाली वायु एक शीतलन कॉइल में 250 m^3/min की दर से प्रविष्ट होती है।

(i) कॉइल ताप 23 °C तक वायु के ताप को लाने के लिये टन में आवश्यक प्रशीतन तथा इस अवस्था में उसकी आपेक्षिक आर्द्रता ज्ञात कीजिये।

(ii) अगर शीतलन कॉइल या ए० डी० पी० का प्रभावी पृष्ठीय ताप 12 °C हो तथा बाइ-पास कारक 0·1 हो, तो टन में आवश्यक प्रशीतन तथा शीतलन कॉइल पर प्रति मिनट संघनित होने वाले जल की मात्रा ज्ञात कीजिये। कॉइल के बीच प्रक्रम के लिये संवेद्य ऊष्मा कारक भी ज्ञात कीजिये।

Air at dry-bulb temperature of 30 °C and 60% relative humidity enters a cooling coil at the rate of 250 m^3/min.

(i) Determine the refrigeration in ton needed to bring the temperature of the air to the coil temperature of 23 °C and also the relative humidity at that condition.

(ii) If the effective surface temperature of the cooling coil or ADP is 12 °C and the by-pass factor is 0·1, determine the refrigeration in ton needed and the mass of water condensed out at the cooling coil per minute. Determine also the sensible heat factor for the process through the coil. 20

(b) विरूपित मॉडल को परिभाषित कीजिये। नदियों तथा बन्दरगाहों के मॉडलों को विरूपित मॉडलों के रूप में क्यों बनाया जाता है? समझाइये। विरूपित मॉडलों के गुणों तथा अवगुणों को लिखिये।

Define distorted model. Explain why models of rivers and harbours are made as distorted models. Write down the merits and demerits of distorted models. 10

(c) टरबाइन अंतर्गम पर 360 °C के भाप ताप तथा निष्कासन दाब 0·08 bar के लिये एक चक्रीय भाप शक्ति संयंत्र का डिज़ाइन किया जाना है। टरबाइन में भाप के समएन्ट्रॉपिक विस्तारण के बाद टरबाइन के निष्कासन पर आर्द्रता की मात्रा 15% से अधिक नहीं होनी चाहिये। टरबाइन अंतर्गम पर सबसे ज्यादा स्वीकार्य भाप दाब को निर्धारित कीजिये तथा इन भाप अवस्थाओं में रैंकिन चक्र दक्षता का परिकलन कीजिये। साथ ही ऊष्मा संकलन के औसत ताप को भी ज्ञात कीजिये। ऊष्मा संकलन के औसत ताप तथा संघनन ताप के बीच में संक्रिया करते हुए रैंकिन और कार्नो चक्रों की दक्षता की तुलना कीजिये। पम्प कार्य निवेश की उपेक्षा कीजिये।

भाप के गुणधर्म :

$P = 0 \cdot 08$ bar एवं $T_{sat} = 41$ °C पर, $h_f = 173 \cdot 88$ kJ/kg, $s_f = 0 \cdot 5926$ kJ/kg K,

$h_{fg} = 2403 \cdot 1$ kJ/kg, $s_{fg} = 7 \cdot 6361$ kJ/kg K

A cyclic steam power plant is to be designed for a steam temperature at turbine inlet of 360 °C and an exhaust pressure of 0·08 bar. After isentropic expansion of steam in the turbine, the moisture content at the turbine exhaust is not to exceed 15%. Determine the greatest allowable steam pressure at the turbine inlet, and calculate the Rankine cycle efficiency for these steam conditions. Estimate also the mean temperature of heat addition. Compare the Rankine cycle efficiency with the Carnot cycle efficiency operating between the mean temperature of heat addition and the condenser temperature. Neglect the pump work input.

Properties of steam :

At $P = 0 \cdot 08$ bar and $T_{sat} = 41$ °C, $h_f = 173 \cdot 88$ kJ/kg,

$s_f = 0 \cdot 5926$ kJ/kg K, $h_{fg} = 2403 \cdot 1$ kJ/kg, $s_{fg} = 7 \cdot 6361$ kJ/kg K

20

★★★