CS(M) EXAM 2012

F-DTN-M-NFDB

MECHANICAL ENGINEERING

Paper II

Time Allowed : Three Hours

Maximum Marks : 300

INSTRUCTIONS

Each question is printed both in Hindi and in English.

Answers must be written in the medium specified in the Admission Certificate issued to you, which must be stated clearly on the cover of the answer-book in the space provided for the purpose. No marks will be given for the answers written in a medium other than that specified in the Admission Certificate.

Candidates should attempt Questions no. ***1*** *and* ***5*** *which are compulsory, and any* **three** *of the remaining questions selecting at least* **one** *question from each Section.*

The number of marks carried by each question is indicated at the end of the question.

If any data is considered insufficient, assume suitable value. ***Psychrometric chart is attached with this question paper.***

Wherever required, neat sketches/diagrams may be drawn on the answer-book itself.

IMPORTANT : Whenever a question is being attempted, all its parts/sub-parts must be attempted contiguously. This means that before moving on to the next question to be attempted, candidates must finish attempting all parts/sub-parts of the previous question attempted. This is to be strictly followed.

Pages left blank in the answer-book are to be clearly struck out in ink. Any answers that follow pages left blank may not be given credit.

ध्यान दें : अनुदेशों का हिन्दी रूपान्तर इस प्रश्न-पत्र के पिछले पृष्ठ पर छपा है ।

SECTION A

1\. (a) Air enters a steady flow adiabatic turbine at 1600 K and exhausts to atmosphere at 1000 K, P_{atm} = 1 bar. If the second law efficiency is 85%, what is the turbine inlet pressure ? What is irreversibility during expansion process ? Given, surrounding temperature is 25°C.

Properties of air

T, [K]	h, [kJ/kg]	s, [kJ/kg-K]
1000	1046	8·6905
1600	1757	8·1349

12

(b) A very long AISI 316 stainless steel (K = 14 W/m-K) rod 5 mm in diameter has one end maintained at 100°C. The surface of the rod is exposed to ambient air at 30°C with average convective heat transfer coefficient of 50 W/m^2-K. Neglecting radiation heat transfer, estimate how long the rod must be to treat it as "infinitely long" to yield a reasonable accurate estimation of heat loss. If the rod is made of copper (K = 350 W/m-K, will the length be different ? How much will it be and why ? Compare the heat transfer rates for both the rods. The analysis may be based on fin tip heat loss alone. 12

खण्ड क

1. (अ) एक अपरिवर्ती प्रवाह रुद्धोष्म टरबाइन में वायु 1600 K पर प्रवेश करती है तथा वायुमंडल में 1000 K पर रेचन करती है, $P_{\text{वायुमंडल}}$ = 1 bar । यदि द्वितीय नियम दक्षता 85% है, तब टरबाइन अंतर्गम दाब क्या है ? प्रसार प्रक्रम के दौरान क्या अप्रतिक्रम्यता है ? दिया गया है परिवेश का ताप 25°C है ।

वायु के गुणधर्म

T, [K]	h, [kJ/kg]	s, [kJ/kg-K]
1000	1046	8·6905
1600	1757	8·1349

12

(ब) एक बहुत लंबी AISI 316 जंगरोधी इस्पात (K = 14 W/m-K) छड़, जिसका व्यास 5 mm है, के एक सिरे का ताप 100°C पर बना रहता है । छड़ का पृष्ठ परिवेशी वायु, जिसका ताप 30°C तथा औसत संवहनी ऊष्मा अंतरण गुणांक 50 W/m^2-K है, को खुला है । विकिरण ऊष्मा अंतरण को नगण्य मानते हुए यह आकलन कीजिए कि एक युक्तिसंगत यथार्थ ऊष्मा हानि ज्ञात करने के लिए छड़ की लंबाई कितनी होनी चाहिए कि इसको "अनंत लंबाई" वाली माना जा सके ? यदि छड़ ताँबे (K = 350 W/m-K) की हो तब क्या लंबाई भिन्न होगी ? यह भिन्नता कितनी होगी तथा क्यों ? दोनों छड़ों के ऊष्मा अंतरण दरों की तुलना कीजिए । विश्लेषण केवल पंख अग्र ऊष्मा हानि पर आधारित हो सकता है । *12*

(c) (i) What is meant by firing order in internal combustion engines ? *2*

(ii) What are the firing orders used in 4 and 6 cylinder inline engines ? *4*

(iii) What are the three purposes of firing order in 'V' engines ? *6*

(d) A boiler receives a flow of 5000 kg/hr liquid water at 5 MPa, 20°C and it adds energy to the flow to exit state of 450°C, 4·5 MPa. Determine the necessary minimum pipe flow area for inlet and outlet pipes. The velocity of water is maintained under 20 m/s. If this boiler is to operate on Moon, discuss two major design changes in this type of boiler.

Given properties of water :

$$v_{inlet} = 0{\cdot}001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_{exit} = 0{\cdot}0716 \text{ m}^3/\text{kg}$$ *12*

(e) Nitrogen flows in a pipe with velocity 300 m/s at 500 kPa, 300°C. What is availability with respect to an ambient at 100 kPa and 20°C ? *12*

2. (a) (i) Explain briefly the design and off-design characteristics of an axial flow compressor. *10*

(ii) Explain the phenomena of surge and choking in centrifugal compressors. *10*

(स) (i) अंतर्दहन इंजनों में ज्वलन क्रम का क्या तात्पर्य है ? 2

(ii) 4 तथा 6 सिलिंडर संरेखी इंजनों के ज्वलन क्रम क्या होते हैं ? 4

(iii) 'V' इंजनों के ज्वलन क्रम के तीन कार्य कौनसे हैं ? 6

(द) एक बॉयलर 5000 kg/hr के तरल जल का प्रवाह 5 MPa, 20°C पर प्राप्त करता है तथा यह बाहर जाने वाले प्रवाह को ऊर्जा 450°C तथा 4·5 MPa की स्थिति में प्रदान करता है । अंतर्गम तथा बहिर्गम पाइपों का न्यूनतम आवश्यक प्रवाह क्षेत्रफल ज्ञात कीजिए । जल का वेग 20 m/s बना रहता है । यदि इस बॉयलर का प्रचालन चंद्रमा पर किया जाना हो, तब इसमें कौन-से दो प्रमुख अभिकल्प परिवर्तन करने होंगे, व्याख्या कीजिए ।

जल के दिए गए गुणधर्म :

$v_{\text{अंतर्गम}} = 0{\cdot}001 \ m^3/kg$

$v_{\text{बहिर्गम}} = 0{\cdot}0716 \ m^3/kg$ 12

(य) एक पाइप में नाइट्रोजन 300 m/s वेग, 500 kPa तथा 300°C पर प्रवाहित होती है । परिवेश 100 kPa और 20°C के सापेक्ष प्राप्यता क्या है ? 12

2. (अ) (i) एक अक्षीय प्रवाह संपीडित्र के अभिकल्प तथा अभिकल्प-इतर अभिलक्षणों को संक्षेप में स्पष्ट कीजिए । 10

(ii) अपकेन्द्री संपीडित्रों में प्रोत्कर्ष तथा अवरोध क्रियाओं को स्पष्ट कीजिए । 10

(b) The volumetric heat generation rate in a cylindrical nuclear reactor fuel rod of 5 cm diameter is 5×10^7 W/m^3. Under steady state operating condition, the temperature distribution in the rod is $t = 800 - 4{\cdot}167 \times 10^5 r^2$. Density, specific heat and thermal conductivity of rod material are 1100 kg/m^3, 800 J/kg-K and 30 W/m-K respectively.

(i) What are the rates of heat transfer per unit length of the rod at the centre line (axis) and at the rod surface ?

(ii) If the reactor power level is suddenly increased to 10^8 W/m^3, what are the initial time rate of change of temperature at the centre line and at the surface ? *20*

(c) A stream of air flows in an insulated tube of constant cross-sectional area of 0·9 m^2. At a section 1, the pressure is 0·6 bar, temperature is 22°C and mass velocity is 150 kg/s-m^2. The pressure in space in which tube exhausts is so low that choking condition prevails.

Determine,

(i) Mach no. at section 1.

(ii) Mach no., temperature and pressure at the exit of tube.

(iii) Total force exerted in axial direction which must be exerted to hold the tube stationary.

Given, R = 287 J/kg-K

$\gamma = 1{\cdot}4$

(ब) एक बेलनाकार न्यूक्लीय रिएक्टर की ईंधन छड़ में, जिसका व्यास 5 cm है, आयतनिक ऊष्मा जनन दर 5×10^7 W/m^3 है । अपरिवर्ती प्रचालन स्थिति में, छड़ में ताप बंटन है $t = 800 - 4{\cdot}167 \times 10^5\, r^2$ । छड़ पदार्थ का घनत्व, विशिष्ट ऊष्मा तथा ताप चालकता क्रमशः 1100 kg/m^3, 800 J/kg-K तथा 30 W/m-K है ।

(i) छड़ के प्रति एकांक लंबाई में उसकी केंद्र रेखा (अक्ष) पर तथा पृष्ठ पर ऊष्मा अंतरण दर कितनी है ?

(ii) यदि रिएक्टर शक्ति दर को 10^8 W/m^3 तक सहसा बढ़ा दिया जाए तब छड़ के केंद्र रेखा तथा पृष्ठ पर ताप परिवर्तन की काल-दर कितनी होगी ? *20*

(स) एकसमान अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल 0·9 m^2 की एक तापरोधी नलिका में वायु धारा प्रवाह करती है । इसके परिच्छेद 1 पर दाब 0·6 bar, ताप 22°C तथा द्रव्यमान वेग 150 kg/s-m^2 है । जिस अवकाश में नलिका रेचन करती है वहाँ दाब इतना कम है कि वहाँ अवरोधी स्थिति विद्यमान है ।

ज्ञात कीजिए :

(i) परिच्छेद 1 पर माख अंक ।

(ii) नलिका के बहिर्गम पर माख अंक, ताप तथा दाब ।

(iii) नलिका को स्थिर बनाए रखने के लिए अक्षीय दिशा में लगाया जाने वाला कुल बल ।

दिया गया है :

$R = 287$ J/kg-K

$\gamma = 1{\cdot}4$

Fanno line (Adiabatic constant area flow with friction) table $\gamma = 1\cdot4$

M	$\frac{T}{T^*}$	$\frac{e}{e^*}$	$\frac{p}{p^*}$	$\frac{p_0}{p_0^*}$	$\frac{I}{I^*}$	$\frac{4f L_{max}}{D}$
0·58	1·124	0·615	1·828	1·213	1·121	0·576
0·60	1·119	0·635	1·763	1·188	1·105	0·491
0·62	1·114	0·654	1·703	1·166	1·091	0·417
0·64	1·109	0·674	1·646	1·145	1·079	0·353

20

3. (a) A small power plant produces 25 kg/s steam at 3 MPa, 600°C in the boiler. It cools the condenser with ocean water coming in at 12°C and returned at 15°C. Condenser exit is 45°C. Find

(i) net power output.

(ii) required mass of ocean flow water.

Given : $h_{x=0}^{45°C} = 188 \cdot 4$

$V_1 = 0 \cdot 001 \text{ m}^3/\text{kg}$

$P_{sat}^{45°C} = 9 \cdot 59 \text{ kPa}$

$h_{3MPa}^{600°C} = 3682$

$S_{3MPa}^{600°C} = 7 \cdot 50 \text{ kJ/kg-K}$ *20*

(b) (i) A closed cylindrical vessel 0·2 m in diameter and 1·2 m long is filled with water upto a height of 0·8 m from the bottom. Find the speed of the vessel about its vertical axis, when the axial depth of water is zero. *10*

फैनो लाइन (घर्षण सहित रुद्धोष्म स्थिर क्षेत्रफल प्रवाह) तालिका $\gamma = 1 \cdot 4$

M	$\frac{T}{T^*}$	$\frac{c}{c^*}$	$\frac{p}{p^*}$	$\frac{p_0}{p_0^*}$	$\frac{I}{I^*}$	$\frac{4f\,L_{max}}{D}$
0·58	1·124	0·615	1·828	1·213	1·121	0·576
0·60	1·119	0·635	1·763	1·188	1·105	0·491
0·62	1·114	0·654	1·703	1·166	1·091	0·417
0·64	1·109	0·674	1·646	1·145	1·079	0·353

20

3. (अ) बॉयलर में एक छोटा शक्ति संयंत्र 25 kg/s भाप 3 MPa, 600°C पर उत्पन्न करता है । वह संघनित्र को समुद्र जल से शीतित करता है जो 12°C पर अंदर जाकर 15°C पर वापस जाता है । संघनित्र से बहिर्गम 45°C है । ज्ञात कीजिए :

(i) नेट शक्ति निर्गम ।

(ii) समुद्र जल प्रवाह का आवश्यक द्रव्यमान ।

दिया गया है :

$$h_{x=0}^{45°C} = 188 \cdot 4$$

$$V_1 = 0 \cdot 001 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P_{\text{सं.ताप}}^{45°C} = 9 \cdot 59 \text{ kPa}$$

$$h_{3MPa}^{600°C} = 3682$$

$$S_{3MPa}^{600°C} = 7 \cdot 50 \text{ kJ/kg-K}$$

20

(ब) (i) एक संवृत्त बेलनाकार भांड, जिसका व्यास 0·2 m तथा लंबाई 1·2 m है, तली से 0·8 m की ऊँचाई तक जल से भरा है । भांड की अपने ऊर्ध्वाधर अक्ष के सापेक्ष घूर्णन चाल ज्ञात कीजिए जब जल की अक्षीय गहराई शून्य है । 10

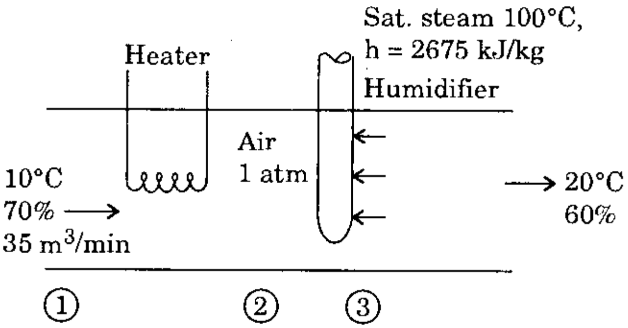
(ii) How would you define the strength of shock wave ? What do you mean by weak shock ? Also find the expression for the strength of shock in terms of density ratio. *10*

(c) An air-conditioning system (see figure) operates at a total pressure of 1 atm. It consists of a heating section and a humidifier that supplies wet steam (saturated) at 100°C. Air enters the heating section at 10°C and 70 percent relative humidity at the rate of 35 m^3/min. It leaves at 20°C and 60% relative humidity. Determine

(i) temperature and relative humidity of air when it leaves the heating section,

(ii) the rate of heat transfer to the heating section, and

(iii) the rate at which water is added to the air in the humidifying section.



Also draw skeleton Psychrometric chart represention showing the process. *20*

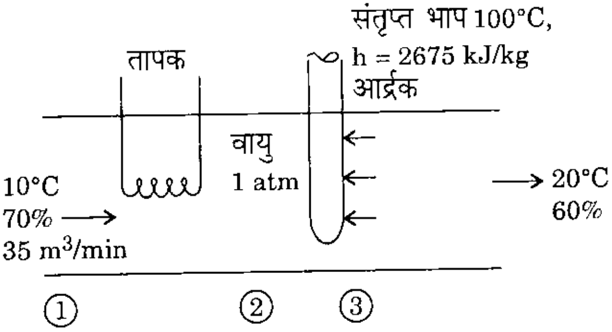
(ii) प्रघात तरंग के सामर्थ्य को आप कैसे परिभाषित करेंगे ? कमज़ोर प्रघात से आपका क्या तात्पर्य है ? घनत्व अनुपात के पदों में प्रघात सामर्थ्य का व्यंजक भी प्राप्त कीजिए । *10*

(स) एक वातानुकूलन तंत्र (चित्र देखिए) 1 atm के सकल दाब पर कार्य करता है । इसमें एक तापन तंत्र तथा आर्द्रक है जो आर्द्र भाप (संतृप्त) 100°C पर प्रदान करता है । वायु तापन तंत्र में 10°C तथा 70 प्रतिशत सापेक्ष आर्द्रता से 35 m^3/min की दर से प्रवेश करती है । यह 20°C पर तथा 60% सापेक्ष आर्द्रता छोड़ती है । ज्ञात कीजिए :

(i) तापन तंत्र से बाहर निकलते समय वायु का ताप तथा सापेक्ष आर्द्रता,

(ii) तापक कक्ष को ऊष्मा अंतरण की दर, तथा

(iii) आर्द्रण कक्ष में वायु को जल प्रदान करने की दर ।



प्रक्रम को दर्शाते हुए एक साइक्रोमीटरी चार्ट का ढांचा भी खींचिए । *20*

4. (a) A steel strip emerges from hot roll section of a steel mill at a constant speed of 0·1 m/s and a temperature of 500°C. The length, width and thickness of the steel strip are 10 m, 1 m and 0·003 m respectively. Air at a mean velocity and free stream temperature of 20 m/s and 20°C respectively flows transversely over the strip. Density, specific heat and emissivity of steel strip, respectively, are 7850 kg/m^3, 620 J/kg and 0·7. The thermal conductivity, kinematic viscosity and Prandtl number for air at 20°C are respectively 0·044 W/m-K, $4·5 \times 10^{-5}$ m^2/s and 0·68. Neglect the variation in strip temperature across its width and thickness.

(i) Write the governing equation for the temperature distribution along the length of the strip.

(ii) Neglecting radiation from the steel strip, derive an expression for the temperature of steel strip.

(iii) Neglecting radiation from the steel strip, calculate the steel strip temperature at the trailing edge.

The following correlation for convection heat transfer may be used :

$$\overline{\text{Nu}} = 0{\cdot}037\, \text{Re}_{x\text{-}l}^{0{\cdot}8}\, \text{Pr}^{1/3}$$

Symbols have the usual meaning. *20*

4. (अ) किसी इस्पात मिल के तप्त वेल्लन कक्ष में एक इस्पात की पट्टी 0·1 m/s के स्थिर वेग से 500°C ताप पर निकलती है । इस्पात पट्टी की लंबाई, चौड़ाई तथा मोटाई क्रमशः 10 m, 1 m तथा 0·003 m है । पट्टी के अनुप्रस्थ दिशा में उसके ऊपर वायु 20 m/s के माध्य वेग तथा 20°C के मुक्त धारा ताप से प्रवाह करती है । इस्पात पट्टी के घनत्व, विशिष्ट ऊष्मा तथा उत्सर्जकता क्रमशः 7850 kg/m^3, 620 J/kg तथा 0·7 है । ऊष्मा चालकता, शुद्धगतिक श्यानता तथा प्रांड्ल संख्या वायु के लिए 20°C पर क्रमशः 0·044 W/m-K, $4{\cdot}5 \times 10^{-5}$ m^2/s तथा 0·68 है । पट्टी के चौड़ाई तथा मोटाई की दिशा में ताप विचलन को नगण्य मानिए ।

(i) पट्टी की लंबाई की दिशा में ताप-बंटन नियंत्रण समीकरण को लिखिए ।

(ii) इस्पात पट्टी से विकिरण को नगण्य मानते हुए उसके ताप के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

(iii) इस्पात पट्टी से विकिरण को नगण्य मानते हुए, इसके अनुगामी किनारे का ताप ज्ञात कीजिए ।

संवहनी ऊष्मा अंतरण के लिए निम्नलिखित सहसम्बन्ध प्रयोग किए जा सकते हैं :

$$\overline{\mathrm{Nu}} = 0{\cdot}037\, \mathrm{Re}_{x-l}^{0{\cdot}8}\, \mathrm{Pr}^{1/3}$$

संकेताक्षरों का सामान्य अर्थ है । *20*

(b) A designer is given the job of designing a steam based power plant to compete with a nuclear power plant. Sketch five cycles (all versions of Rankine cycle) that may qualify for such a job.

Justify your answer with the notion that nuclear power is cheaper under the given steam-water conditions. *20*

(c) (i) What are the effects of the following additives that are added to petrol to improve its combustion and other characteristics ?

1. Antioxidant
2. Corrosion inhibitor
3. Anti icing agent
4. Antiknock agent
5. Metal deactivator *10*

(ii) What are the measures required for the reduction of the following emissions from diesel engine ?

1. Particulate Emission
2. Smoke Emission
3. NO_x Emissions
4. HC Emissions
5. SO_x Emissions *10*

(ब) एक डिजाइनर को भाप आधारित शक्ति संयंत्र डिज़ाइन करने का कार्य सौंपा गया है जो एक नाभिकीय शक्ति संयंत्र से स्पर्धा कर सके । पाँच चक्रों को चित्रित कीजिए (रैंकिन चक्र के सभी प्ररूप) जो इस कार्य में सफल हों ।
अपने उत्तर को इस धारणा से उचित ठहराइए कि नाभिकीय शक्ति दी गई भाप-जल परिस्थितियों में सस्ती है । *20*

(स) (i) निम्नलिखित योजकों का क्या प्रभाव होता है जो पेट्रोल में उसके दहन तथा अन्य अभिलक्षणों में सुधार के लिए मिलाए जाते हैं ?

1. अनाक्सीकारक
2. संक्षारण निरोधक
3. निर्हिमान कारक
4. अपस्फोट रोधी कारक
5. धातु निष्क्रियक *10*

(ii) डीज़ल इंजन से निकलने वाले निम्नलिखित उत्सर्जनों को कम करने के लिए आवश्यक उपाय क्या हैं ?

1. कणिका उत्सर्जन
2. धूम्र उत्सर्जन
3. NO_x उत्सर्जन
4. HC उत्सर्जन
5. SO_x उत्सर्जन *10*

SECTION B

5\. (a) With the help of a neat sketch explain the concept of a flow net. Clearly mention the various assumptions made. Also explain the uses of flow net. *12*

(b) The average friction coefficient, when an incompressible fluid flows over a stationary flat surface with free stream velocity of 10 m/s, is 0·008. The average temperature of the plate and free stream fluid temperature are respectively at 120°C and 20°C respectively. Fluid properties known : density = 0·88 kg/m^3 and specific heat = 1001 J/kg-K, Pr = 0·65.

Estimate the average rate of heat transfer per unit area of the plate. Flow over the plate is laminar. *12*

(c) (i) Draw the actual p – v diagram of a four stroke Otto cycle engine and indicate the pumping loss by hatching. *4*

(ii) Explain four deviations of the actual p – v diagram from the hypothetical p – v diagram of four stroke Otto cycle engine. *8*

(d) In the event of failure of heaters in a spacecraft, heat is lost by radiation at the rate of 100 kJ/hr while electronic instruments generate 75 kJ/hr inside the spacecraft. Initially the air inside the spacecraft is at 1 bar, 25°C with a volume of 10 m^3. How long it will take to reach air temperature of 0°C ? *12*

खण्ड ख

5. (अ) एक स्वच्छ रेखाचित्र की सहायता से प्रवाह जालक संकल्पना को स्पष्ट कीजिए । विभिन्न कल्पनाओं का स्पष्ट उल्लेख कीजिए । प्रवाह जालक के अनुप्रयोगों को भी स्पष्ट कीजिए । 12

(ब) एक स्थिर सपाट पृष्ठ पर जब असंपीड्य तरल मुक्त धारा वेग 10 m/s से प्रवाह करता है तब घर्षण गुणांक का औसत मान 0·008 है । प्लेट का औसत ताप तथा मुक्त धारा तरल का ताप क्रमशः 120°C एवं 20°C है । तरल गुणधर्म दिए हैं : घनत्व = 0·88 kg/m^3 तथा विशिष्ट ऊष्मा = 1001 J/kg-K, Pr = 0·65.

प्लेट के प्रति एकांक क्षेत्रफल से औसत ऊष्मा अंतरण दर ज्ञात कीजिए । प्लेट के ऊपर प्रवाह स्तरीय है । 12

(स) (i) चार स्ट्रोक ऑटो चक्र इंजन के लिए वास्तविक p – v आरेख खींचिए तथा पंपन हानि को छाया रेखांकित कीजिए । 4

(ii) चार स्ट्रोक ऑटो चक्र इंजन के वास्तविक p – v आरेख के सैद्धांतिक p – v आरेख से कौन-से चार विचलन हैं, स्पष्ट कीजिए । 8

(द) अंतरिक्ष यान में तापकों के निष्क्रिय होने पर ताप हानि विकिरण द्वारा 100 kJ/hr के दर से होती है जब कि इलेक्ट्रॉनिक उपकरण अंतरिक्ष यान के भीतर 75 kJ/hr के दर से ताप उत्पन्न करते हैं । आरंभ में अंतरिक्ष यान के भीतर वायु 1 bar, 25°C एवं 10 m^3 आयतन की होती है । वायु का ताप 0°C प्राप्त होने में कितना समय लगेगा ? 12

(e) A small expander (turbine with heat transfer) has 0·05 kg/s helium entering at 1000 kPa, 300 K. The power output on shaft is measured at 55 kW. Find the rate of heat transfer neglecting kinetic energy. $C_{p,\,He} = 5{\cdot}193$ kJ/kg-K *12*

6. (a) Derive

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial v}{\partial S}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial S}{\partial v}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$$

from the first principles. Explain any assumptions needed here. *20*

(b) A tubular gas heater heats air flowing at the rate of 5·5 kg/s from 20°C to 75°C using saturated steam condensing at 1·3 bar (saturation temperature, t_{sat} = 107°C). It is proposed to double the flow rate of air to heat the same for the same rise in temperature in the same gas heater. One way of doing this is to increase the condensing pressure of saturated steam. What should be the pressure needed if the overall heat transfer coefficient remains the same for both the operating conditions ? Specific heat of air = 1·005 kJ/kg-K.

For steam, the following pressure and the corresponding saturation temperature are known :

p (bar)	2	3	4	5	6	7	8	9
t_{sat}(°C)	120·2	133·5	143·6	151·8	158·8	165·0	170·4	175·4

20

(य) एक छोटे प्रसारक (ऊष्मा अंतरण वाली टरबाइन) में 0·05 kg/s से हीलियम 1000 kPa, 300 K पर प्रवेश करती है। शैफ्ट पर बहिर्गम शक्ति 55 kW नापी गई है। गतिज ऊर्जा को नगण्य मानते हुए ऊष्मा अंतरण दर ज्ञात कीजिए।

$C_{p, He} = 5{\cdot}193$ kJ/kg-K *12*

6. (अ) प्रथम सिद्धांत से व्युत्पन्न कीजिए :

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial v}{\partial S}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial S}{\partial v}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$$

यहाँ आवश्यक किन्हीं कल्पनाओं को स्पष्ट कीजिए। *20*

(ब) एक नलिका गैस तापक संतृप्त भाप, जो 1·3 bar पर संघनन करती है (संतृप्तन ताप $t_{\text{संतृप्त}} = 107°C$) का प्रयोग करते हुए 5·5 kg/s प्रवाहित होने वाली गैस को 20°C से 75°C तक तापन करता है। यह प्रस्ताव किया गया है कि उसी तापक में उसी ताप तक तापन करने के लिए गैस प्रवाह दुगुना कर दिया जाए। ऐसा करने के लिए एक तरीका यह है कि संतृप्त भाप के संघनन दाब में वृद्धि कर दी जाए। आवश्यक दाब कितना होगा यदि सर्वत्र ऊष्मा अंतरण गुणांक दोनों प्रचालन स्थितियों में एकसमान रहता है ? वायु की विशिष्ट ऊष्मा = 1·005 kJ/kg-K.

भाप के लिए दाब तथा तदनुरूपी संतृप्तन ताप नीचे ज्ञात हैं :

p (bar)	2	3	4	5	6	7	8	9
t_{sat}(°C)	120·2	133·5	143·6	151·8	158·8	165·0	170·4	175·4

20

(c) (i) What is the purpose of shrouding the inlet valve in compression ignition engines ? *4*

(ii) With the help of cross-section figures and schematics show the shrouded inlet valve and masked cylinder head for producing net in-cylinder angular momentum viz., swirl in compression ignition engine. *12*

(iii) Give two disadvantages and their effects of open combustion chambers. *4*

7. (a) Draw the schematic arrangement of a simple cycle with intercooled and heat exchanger and explain briefly the working principle. Also draw the P – V and T – S diagrams of the cycle. Further, derive expressions for specific work output and the efficiency of a simple cycle with intercooled and heat exchanger. Draw their trends as a function of pressure ratio. *20*

(b) Explain how the Diesel Fuel is rated by the following with their salient features :

(i) Critical Compression Ratio Method – CCR *8*

(ii) Calculated Cetane Index – CCI *4*

(iii) Diesel Index *8*

(स) (i) संपीडन प्रज्वलन इंजनों के अंतर्गम वाल्व के परिच्छादन का क्या उद्देश्य है ? 4

(ii) संपीडन प्रज्वलन इंजन में सिलिंडर के भीतर नेट कोणीय संवेग प्राप्त करने अर्थात् भँवर उत्पन्न करने के लिए परिच्छादित अंतर्गम वाल्व एवं प्रच्छादित सिलिंडर शीर्ष का प्रयोग होता है, इसको सांकेतिक रेखाचित्र एवं परिच्छेदित चित्र बनाकर स्पष्ट कीजिए । 12

(iii) विवृत्त दहन कक्षों की दो हानियाँ एवं उनके प्रभावों का उल्लेख कीजिए । 4

7. (अ) एक साधारण चक्र का, जिसमें अंतराशीतक तथा ऊष्मा विनिमयित्र हो, व्यवस्था चित्र बनाकर संक्षेप में क्रियाविधि को स्पष्ट कीजिए तथा कार्यकारी सिद्धांत बताइए । चक्र के लिए P – V तथा T – S आरेख भी खींचिए । इसके अतिरिक्त इस साधारण चक्र के लिए विशिष्ट बहिर्गम कार्य तथा दक्षता के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । दाब अनुपात के फलन के सापेक्ष उनकी दिशा भी दर्शाइए । 20

(ब) यह स्पष्ट कीजिए कि निम्नलिखित द्वारा डीज़ल ईंधन की गुणता कैसे ज्ञात की जाती है तथा उनके मुख्य लक्षणों का भी उल्लेख कीजिए :

(i) क्रांतिक संपीडन दाब अनुपात विधि — सी सी आर 8

(ii) गणना किया गया सीटेन सूचकांक — सी सी आई 4

(iii) डीज़ल सूचकांक 8

(c) A commercial refrigerator with refrigerant 134a as the working fluid keeps a space cooled at – 30°C. It rejects heat to cooling water that enters the condenser at 18°C and at the rate of 0·25 kg/s and it leaves at 26°C. The refrigerant enters the condenser at 1·2 MPa and 65°C and it leaves at 42°C. The inlet state of compressor is 60 kPa and – 34°C. It gains a net heat of 450 W from the surroundings. Sketch T – S diagram and determine,

(i) refrigeration load

(ii) COP

(iii) theoretical maximum refrigerant load for the same power input to the compressor.

Given properties :

$h_{-34^\circ C}^{60\ kPa} = 230{\cdot}03$ kJ/kg

$h_{65^\circ C}^{1200\ kPa} = 295{\cdot}16$ kJ/kg

$h_{42^\circ C}^{1200\ kPa} = 111{\cdot}23$ kJ/kg

$x_{111{\cdot}23\ kJ/kg}^{60\ kPa} = 0{\cdot}47$

$h_{water,\ 18^\circ C} = 75{\cdot}4$ kJ/kg

$h_{water,\ 26^\circ C} = 108{\cdot}9$ kJ/kg *20*

(स) एक व्यावसायिक प्रशीतित्र कार्यकारी तरल के रूप में प्रशीतक 134a का प्रयोग करता है तथा स्थान को – 30°C पर शीतित बनाए रखता है । यह शीतलन जल को ऊष्मा परित्यक्त करता है जो संघनित्र में 18°C पर 0·25 kg/s की दर से प्रवेश करता है तथा 26°C पर बाहर निकलता है । प्रशीतक संघनित्र में 1·2 MPa तथा 65°C पर प्रवेश करता है तथा 42°C पर निकलता है । संपीडित्र के अंतर्गम पर दशा 60 kPa तथा – 34°C है । परिवेश से यह 450 W की नेट ऊष्मा प्राप्त करता है । इसका T – S आरेख बनाइए तथा ज्ञात कीजिए :

(i) प्रशीतन लोड

(ii) सी.ओ.पी.

(iii) संपीडित्र के उसी अंतर्गम शक्ति के लिए, सैद्धांतिक अधिकतम प्रशीतक लोड ।

दिए गए गुणधर्म :

$h_{-34°C}^{60\ kPa} = 230{\cdot}03$ kJ/kg

$h_{65°C}^{1200\ kPa} = 295{\cdot}16$ kJ/kg

$h_{42°C}^{1200\ kPa} = 111{\cdot}23$ kJ/kg

$x_{111{\cdot}23\ kJ/kg}^{60\ kPa} = 0{\cdot}47$

$h_{water,\ 18°C} = 75{\cdot}4$ kJ/kg

$h_{water,\ 26°C} = 108{\cdot}9$ kJ/kg *20*

8. (a) An electric furnace consisting of two flat surface heaters, top and bottom, is used to heat treat a coating that is applied to both surfaces of a thin metal plate inserted midway between the heaters. The heaters and the plate are 2 m × 2 m on a side, and each heater is separated from the plate by a distance of 0·5 m. Each heater is well insulated on its back side and has an emissivity of 0·9 at its exposed surface. The plate and side walls have emissivities of 0·6 and 0·3 respectively. Under steady operating conditions, both heaters are at 800 K while the side walls are at 400 K. View factor between the heaters and the plate is 0·62.

(i) Sketch the system and its equivalent thermal network and label all pertinent resistances and potentials.

(ii) Calculate the associated resistances and driving potentials.

(iii) Calculate the required electrical power. *20*

(b) A low temperature power plant operates with a refrigerant maintaining – 20°C in the condenser, a pressure of 3 MPa and superheat of 80°C. There is one open feedwater heater operating at 800 kPa with an exit as saturated liquid at 0°C.

(i) Sketch the schematic of this plant.

(ii) Sketch the corresponding T – S diagram.

8. (अ) एक वैद्युत तापक में दो सपाट पृष्ठ तापक ऊपर तथा नीचे लगे हैं । इसको एक पतली धातु पट्टी, जिसके दोनों पृष्ठों पर आस्तरण किया गया है, के ऊष्मा उपचार के लिए प्रयोग किया जाता है । धातु पट्टी को दोनों तापक पृष्ठों के ठीक मध्य में स्थित किया गया है । तापक तथा पट्टी एक पार्श्व में 2 m × 2 m हैं तथा प्रत्येक तापक पट्टी से 0·5 m की दूरी पर है । प्रत्येक तापक का पीछे का पृष्ठ अच्छे प्रकार से तापरोधित है तथा इसके खुले पार्श्व की उत्सर्जकता 0·9 है । पट्टी तथा पार्श्व दीवारों की उत्सर्जकता क्रमशः 0·6 और 0·3 है । अपरिवर्ती प्रचालन दशाओं में दोनों तापक 800 K पर हैं जब पार्श्व की दीवारें 400 K पर हैं । तापक तथा पट्टी के मध्य दृश्य गुणक 0·62 है ।

(i) इस तंत्र को तथा तुल्यमान ऊष्मीय जालक का चित्र बनाइए तथा सभी आवश्यक प्रतिरोधों एवं विभवों को नामांकित कीजिए ।

(ii) संबंधित प्रतिरोधों तथा चालक विभवों की गणना कीजिए ।

(iii) आवश्यक विद्युत् शक्ति की गणना कीजिए । *20*

(ब) एक निम्न ताप शक्ति संयंत्र का प्रचालन प्रशीतक से होता है जो संघनित्र में – 20°C ताप, 3 MPa दाब तथा 80°C अतिताप बनाए रखता है । इसमें एक विवृत्त प्रभरण जल तापक जो 800 kPa पर प्रचालित होता है तथा बहिर्गम पर 0°C पर संतृप्त द्रव के रूप में छोड़ता है ।

(i) इस संयंत्र का व्यवस्था रेखाचित्र बनाइए ।

(ii) तदनुरूपी T – S आरेख बनाइए ।

(iii) Set up equations only to compute extraction fraction of the flow out of turbine and the turbine work per unit mass flowing through boiler.

(iv) Indicate in your answer which refrigerant properties are needed. *20*

(c) Discuss briefly how the following alternate fuels considered for Compression Ignition Engines i.e., Diesel Engines compare with respect to introduction into the engine, calorific value, part load and full load operation and safety aspect :

(i) Biogas produced from cow dung, water hyacinth, algae and municipal wastes

(ii) Hydrogen Gas

(iii) Ethyl Alcohol

(iv) Cashewnut Shell Liquid (CNSL) *4×5=20*

(iii) टरबाइन से बाहर निकालने वाले प्रवाह के अंश तथा प्रति एकांक द्रव्यमान का बॉयलर में प्रवाह के लिए टरबाइन कार्य की गणना के लिए केवल समीकरण स्थापित कीजिए ।

(iv) अपने उत्तर में यह दर्शाइए कि प्रशीतक के किस गुणधर्म की आवश्यकता है । *20*

(स) संक्षेप में व्याख्या कीजिए कि निम्नलिखित वैकल्पिक ईंधन, संपीडन प्रज्वलन इंजन अर्थात् डीज़ल इंजन में, सिलिंडर के भीतर पहुँचाने, ऊष्मीय मान, आंशिक तथा पूर्ण लोड प्रचालन एवं सुरक्षा की दृष्टि से कितने उपयुक्त हैं :

(i) बायोगैस जो गोबर, जलकुंभी, एल्गी तथा नगर पालिका अवशिष्टों से उत्पन्न की गई हो

(ii) हाइड्रोजन गैस

(iii) एथिल ऐल्कोहॉल

(iv) काजू खोल द्रव (सी.एन.एस.एल.) *4×5=20*

F-DTN-M-NFDB

यांत्रिक इन्जीनियरी

प्रश्न-पत्र II

समय : तीन घण्टे

पूर्णांक : 300

अनुदेश

प्रत्येक प्रश्न हिन्दी और अंग्रेजी दोनों में छपा है ।

प्रश्नों के उत्तर उसी माध्यम में लिखे जाने चाहिए जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख उत्तर-पुस्तिका के मुख पृष्ठ पर अंकित निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । प्रवेश-पत्र पर उल्लिखित माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे ।

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

प्रत्येक प्रश्न के लिए नियत अंक प्रश्न के अन्त में दिये गए हैं ।

*यदि कुछ आँकड़े अपर्याप्त प्रतीत हों, तो उचित मान स्वयं स्थापित कर लीजिए । **आर्द्रतामितीय चार्ट (Psychrometric chart) इस प्रश्न पत्र के साथ संलग्न है ।***

जहाँ स्वच्छ रेखाचित्र/आरेख दिए जाते हैं, वह केवल उत्तर-पुस्तिका पर ही आलेखित कीजिए ।

महत्त्वपूर्ण : यह आवश्यक है कि जब भी किसी प्रश्न का उत्तर दे रहे हों, तब उस प्रश्न के सभी भागों/उप-भागों के उत्तर साथ-साथ दें । इसका अर्थ यह है कि अगले प्रश्न का उत्तर लिखने के लिए आगे बढ़ने से पूर्व पिछले प्रश्न के सभी भागों/उप-भागों के उत्तर समाप्त हो जाएँ । इस बात का कड़ाई से अनुसरण कीजिए ।

उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़े हुए पृष्ठों को स्याही में स्पष्ट रूप से काट दें । खाली छूटे हुए पृष्ठों के बाद लिखे हुए उत्तरों के अंक न दिए जाएँ, ऐसा हो सकता है ।

Note : *English version of the Instructions is printed on the front cover of this question paper.*