A–BRL–M–NFFB

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 (क्यू॰ सी॰ ए॰) 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 meaning.

Attempts of questions shall be counted in chronological 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)* प्रतिवर्ती प्रक्रम वाले बद्ध निकाय में एन्ट्रॉपी (*S*) के लिए निम्न व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये :

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{\text{rev}}$$

Derive an expression for entropy (*S*) as given below

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{\text{rev}}$$

for a closed system undergoing a reversible process. 10

(b) बर्नूली के समीकरण तथा इसके वैध होने की शर्तों को लिखिये। बर्नूली समीकरण का अनुसरण करने वाले एक द्रव की एक बिन्दु पर तुंगता, वेग तथा दाब क्रमशः 30 m, 50 m/s तथा 50 bar है। यदि इसका घनत्व 1000 kg/m^3 हो, तो इस द्रव की प्रति इकाई मात्रा के लिए सम्पूर्ण ऊर्जा की गणना कीजिये।

Write Bernoulli's equation and the conditions for which it is valid. If a fluid obeying Bernoulli's equation has elevation, velocity and pressure at a point as 30 m, 50 m/s and 50 bar respectively, calculate the total energy per unit mass of this fluid if its density is 1000 kg/m^3. 10

(c) सम्पीड्यता पर माख संख्या का क्या प्रभाव होता है? माख संख्या से निबन्धित, दाब गुणांक के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये।

What is the effect of Mach number on the compressibility? Derive an expression for pressure coefficient in terms of Mach number. 10

(d) वीन के विस्थापन नियम की व्याख्या कीजिये। सूर्य को नियत सतह तापमान 5780 K वाली कृष्णिका मानते हुए उस तरंगदैर्घ्य की गणना कीजिये जिस पर इसकी स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन शक्ति अधिकतम होगी।

Explain Wien's displacement law. Assuming sun to be a blackbody with a constant surface temperature of 5780 K, calculate the wavelength at which it will have the maximum spectral emissive power. 10

(e) एक प्रामाणिक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र की विभिन्न प्रक्रियाओं की अंतिम दशाओं में प्रशीतक की विशिष्ट एन्थेल्पियाँ बढ़ते क्रम में 74·6 kJ/kg, 185·4 kJ/kg तथा 208·0 kJ/kg हैं। यदि प्रशीतक की मात्रा प्रवाह दर 30 kg/min हो, तो चक्र के शक्ति व्यय तथा निष्पादन गुणांक (COP) की गणना कीजिये।

In a standard vapour compression refrigeration cycle, the specific enthalpies of refrigerant at the end states of different processes in ascending order are 74·6 kJ/kg, 185·4 kJ/kg and 208·0 kJ/kg. If the mass flow rate of refrigerant is 30 kg/min, calculate power consumption and COP of the cycle. 10

2\. *(a)* सिद्ध कीजिये कि ऊष्मा संचरण तथा तापमान के अनुपात के चक्रीय समाकलन का मान किसी ऊष्मागतिकीय प्रक्रम में शून्य से कम या शून्य के बराबर होता है।

Prove that the cyclic integral of ratio between heat transfer and temperature of any thermodynamic process is less than or equal to zero. 20

(b) एक ऊर्ध्वाधर खड़े पाइप का आन्तरिक व्यास 15·4 cm तथा लम्बाई 3·2 m है। 10·2 cm आन्तरिक व्यास तथा 4·8 m लम्बाई वाले दूसरे पाइप का इस पाइप के शिखर पर वेल्डन किया गया है। कम व्यास वाले पाइप में 2·24 m गहराई तक 22 °C का पानी भरा है। पानी के ऊपर 242 kPa परम दाब पर वायु है। बड़े व्यास वाले पाइप की तली पर पड़ने वाले कुल बल को निकालिये।

A pipe having 15·4 cm inside diameter and 3·2 m length stands vertically. Another pipe having 10·2 cm inside diameter and 4·8 m length is welded on top of this pipe. Water at 22 °C fills the smaller diameter pipe to a depth of 2·24 m. Above the water is air under an absolute pressure of 242 kPa. Determine the total force on the bottom of the larger diameter pipe. 15

(c) एक गैस टरबाइन के फलकों पर गर्म गैसें 550 m/s की गति से प्रवेश करती हैं तथा 120 m/s की गति से बाहर निकलती हैं। गैसों की 5·1 kJ/kg तक की मात्रा की एन्थेल्पी की वृद्धि फलकों के पथ में हो जाती है। यदि गैस प्रवाह दर 98 kg/min हो, तो शक्ति उत्पादन निकालिये।

Hot gases enter the blades of a gas turbine with a velocity of 550 m/s and leave with a velocity of 120 m/s. There is an increase in the enthalpy of the gases in the blade passages to the extent of 5·1 kJ/kg. The rate of gas flow is 98 kg/min. Determine the power produced. 15

3. (a) एक तुंड में होने वाले अभिलम्ब प्रघात तरंग के लिए एन्ट्रॉपी परिवर्तन के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये। प्रघात के पूर्व माख संख्या के साथ (एक आरेख के रूप में) इस एन्ट्रॉपी परिवर्तन की प्रवृत्ति (उपनति) दर्शाइये।

Derive an expression for entropy change across a normal shock wave occurring in a nozzle. Show the trend of this entropy change (in the form of a diagram), with respect to the Mach number value before the shock. 15

(b) एक आबद्ध तथा अपरिवर्ती प्रवाह निकाय के लिए प्राप्यता को परिभाषित कीजिये। 100 kPa, 27 °C से 500 kPa, 117 °C तक वायुमण्डलीय वायु अपरिवर्तनीय रूप से एक सम्पीडक द्वारा सम्पीडित की जा रही है, जो कि वायुमण्डलीय वायु द्वारा ही ठंडी की जाती है। गतिज ऊर्जा में परिवर्तन को नगण्य मानते हुए, प्रति किलोग्राम सम्पीडित वायु के लिए आवश्यक न्यूनतम कार्य की गणना कीजिये।

Define availability of a closed and steady-flow system. Atmospheric air is compressed steadily from 100 kPa, 27 °C to 500 kPa, 117 °C, by a compressor that is cooled only by atmospheric air. Neglecting kinetic energy changes, determine the minimum work required per kg of air compressed. 15

(c) एक सन्तुलित प्रतिप्रवाही ऊष्मा विनिमयक में, जहाँ $\dot{m}_c C_{p,c} = \dot{m}_h C_{p,h}$ है, प्रदर्शित कीजिये कि—

In a balanced counterflow heat exchanger, where $\dot{m}_c C_{p,c} = \dot{m}_h C_{p,h}$, show that—

(i) किसी परिच्छेद के लिए $\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T$;

$\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T$ at any section;

(ii) दोनों तरलों के लिए तापमान प्रोफाइल समानान्तर एवं रेखीय हैं।

the temperature profiles of two fluids are parallel and linear. 20

4. *(a)* एक द्विनलिका ऊष्मा विनिमयक में $\dot{m}_h C_{p,h} = 0 \cdot 5 \dot{m}_c C_{p,c}$ है। गर्म और शीतल तरलों का अंतर्गम तापमान क्रमशः $T_{h,i}$ तथा $T_{c,i}$ है। $T_{h,i}$, $T_{c,i}$ तथा $T_{h,o}$ के रूप में प्रतिप्रवाही तथा समानान्तर प्रवाही ऊष्मा विनिमयकों के क्षेत्रफलों के अनुपात का व्यंजक ज्ञात कीजिये जो कि उनके निर्गम पर गर्म तरल का समान तापमान $T_{h,o}$ दे। यदि $T_{h,i} = 150\,°\text{C}$, $T_{c,i} = 30\,°\text{C}$ तथा $T_{h,o} = 90\,°\text{C}$ हों, तो उस अनुपात की गणना कीजिये।

In a double-pipe heat exchanger, $\dot{m}_h C_{p,h} = 0 \cdot 5 \dot{m}_c C_{p,c}$. The inlet temperatures of hot and cold fluids are $T_{h,i}$ and $T_{c,i}$. Determine an expression, in terms of $T_{h,i}$, $T_{c,i}$ and $T_{h,o}$, for the ratio of area of counterflow heat exchanger to that of parallel-flow heat exchanger, which will give same hot fluid outlet temperature $T_{h,o}$. Also find out the ratio, if $T_{h,i} = 150\,°\text{C}$, $T_{c,i} = 30\,°\text{C}$ and $T_{h,o} = 90\,°\text{C}$. 25

(b) 100 cm ऊँचाई तथा 25 cm चौड़ाई की एक तप्त प्लेट को 25 °C वाली वायुमण्डलीय वायु में उच्छादित (exposed) किया गया है। प्लेट की सतह का तापमान 95 °C है। प्लेट की दोनों सतहों से होने वाली ऊष्मा हानि को निकालिये। यदि प्लेट की ऊँचाई 50 cm घटा दी जाय तथा चौड़ाई बढ़ाकर 40 cm कर दी जाय, तो ऊष्मा हानि में परिवर्तन की गणना कीजिये।

निम्न सम्बन्धों का उपयोग कीजिये :

$$\text{Nu} = 0 \cdot 59\,(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{0 \cdot 25} \quad \text{यदि} \quad \text{Gr} \cdot \text{Pr} < 10^9$$
$$= 0 \cdot 10\,(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{0 \cdot 33} \quad \text{यदि} \quad \text{Gr} \cdot \text{Pr} > 10^9$$

वायु के गुणधर्म हैं :

$\rho = 1 \cdot 06 \text{ kg / m}^3$

$C_p = 1004 \text{ J / kg-K}$

$k = 0 \cdot 029 \text{ W / m-K}$

$\nu = 18 \cdot 97 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ / sec}$

A hot plate of 100 cm height and 25 cm wide is exposed to atmospheric air at 25 °C. The surface temperature of the plate is 95 °C. Find the heat loss from both the surfaces of the plate. Also find the change in heat loss if the height of the plate is reduced to 50 cm and the width is increased to 40 cm.

Use the following relations :

$$\text{Nu} = 0 \cdot 59\,(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{0 \cdot 25} \quad \text{if} \quad \text{Gr} \cdot \text{Pr} < 10^9$$
$$= 0 \cdot 10\,(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^{0 \cdot 33} \quad \text{if} \quad \text{Gr} \cdot \text{Pr} > 10^9$$

The properties of air are :

$\rho = 1 \cdot 06 \text{ kg / m}^3$

$C_p = 1004 \text{ J / kg-K}$

$k = 0 \cdot 029 \text{ W / m-K}$ 15

$\nu = 18 \cdot 97 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ / sec}$

(c) क्या आप सोचते हैं कि वेग सीमा परत तथा ऊष्मीय सीमा परत प्रांड्‌ल नम्बर पर निर्भर करते हैं? यदि हाँ, तब उचित रूप से समझाइये। स्वच्छ रेखाचित्रों की सहायता से वेग सीमा परत तथा ऊष्मीय सीमा परत की आपेक्षिक मोटाई की सार्थकता को निम्न के लिए समझाइये :

Do you think that velocity boundary layer and thermal boundary layer depend on Prandtl number? If yes, explain properly. Also explain, with the help of neat sketches, the significance of relative thickness of velocity boundary layer and thermal boundary layer for the following :

(i) तरल धातु / Liquid metals

(ii) तेल / Oils

10

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) ऊष्मागतिकी के द्वितीय नियम के केल्विन-प्लेंक तथा क्लासियस कथनों की व्याख्या कीजिये तथा सिद्ध कीजिये कि दोनों कथन समानार्थक हैं।

Explain Kelvin-Planck and Clausius statements of the second law of thermodynamics and prove that both the statements are equivalent. 10

(b) SI इंजन के ज्वलन में अपस्फोटन पर निम्न प्राचलों का क्या प्रभाव होता है?

How do the following parameters influence knocking in SI engine combustion?

(i) ईंधन का स्व-प्रज्वलन तापमान

Self-ignition temperature of the fuel

(ii) वायु-ईंधन अनुपात

Air-fuel ratio

(iii) अवशिष्ट गैस की तनुता

Dilution by residual gas

(iv) परिच्छादित अंतर्गम वाल्व

Shrouded inlet valve

(v) ज्वलन कोष्ठ अभिकल्प

Combustion chamber design

10

(c) एक चिमनी में तप्त गैसें 430 °C पर हैं तथा चिमनी की ऊँचाई 32 m है। बाह्य वायु का तापमान 28 °C है। भट्टी को भेजी जाने वाली वायु प्रति किलोग्राम जले हुए कोयले हेतु 17 kg है। गणना कीजिये—

Hot gases inside a chimney are at 430 °C and the chimney height is 32 metres. The temperature of outside air is 28 °C. The furnace is supplied with 17 kg of air per kg of coal burnt. Calculate—

(i) जल प्रवाह, mm में;

draught in mm of water;

(ii) तप्त गैसों की प्रवाह ऊँचाई, m में।

draught height in metres of hot gases.

10

(d) उप-पथ गुणक (बी० पी० एफ०) की क्या सार्थकता है? एक तप्त कुण्डली के लिए उप-पथ गुणक के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये। तप्त कुण्डली की दक्षता के व्यंजक को भी ज्ञात कीजिये।

What is the significance of by-pass factor? For a heating coil, derive an expression of by-pass factor. Find the expression for efficiency also for heating coil. 10

(e) एक गोलीय कवच की आंतरिक एवं बाह्य सतहें क्रमशः T_i तथा T_o तापमानों पर इस तरह संधारित हैं कि $T_i > T_o$. यदि कवच के आंतरिक एवं बाह्य अर्द्धव्यास r_i तथा r_o हों, तथा ऊष्मा चालकता k हो, तो कवच में होने वाले ऊष्मा चालन की दर के लिए व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये। स्थायी दशा तथा कवच में शून्य ऊष्मा उत्पादन की कल्पना कीजिये।

Inner and outer surfaces of a spherical shell are maintained at temperatures T_i and T_o respectively such that $T_i > T_o$. If inner and outer radii of the shell are r_i and r_o and its conductivity is k, derive an expression for the rate of heat conduction through the shell. Assume steady state and no heat generation within the shell. 10

6. (a) एक 4-स्ट्रोक, 2-सिलिण्डर डीज़ल इंजन के लिए निम्न आँकड़ा एकत्रित किया गया :

पिस्टन स्ट्रोक (घात) = 60 cm
सिलिण्डर का व्यास = 40 cm
इंजन की गति = 250 r.p.m.
सूचित माध्य प्रभावी दाब = 8 bar
इंजन की ब्रेक शक्ति = 220 kW
ईंधन की खपत = 80 kg/hr
प्रयुक्त ईंधन का ऊष्मा मान = 43000 kJ/kg
ईंधन का हाइड्रोजन अंश = 13% तथा शेष कार्बन
वायु खपत = 30 kg/min
शीतन जल संचारण = 90 kg/min
शीतन जल के तापमान में वृद्धि = 38 °C
पिस्टन शीतन के लिए प्रयुक्त तेल = 45 kg/min
शीतन तेल के तापमान में वृद्धि = 23 °C
जल की C_p = 4·18 kJ/kg-K
शीतन तेल की C_p = 2·2 kJ/kg-K
रेचन गैसों की C_p = 1·1 kJ/kg-K
अतितप्त जलवाष्प की C_p = 2 kJ/kg-K
जलवाष्प की गुप्त ऊष्मा = 2520 kJ/kg
रेचन गैस का तापमान = 450 °C
वायुमण्डलीय तापमान = 27 °C

In a 4-stroke, 2-cylinder diesel engine, the following data was collected :

Piston stroke = 60 cm
Diameter of the cylinder = 40 cm
Speed of the engine = 250 r.p.m.
Indicated mean effective pressure = 8 bar
Brake power of the engine = 220 kW

Fuel consumption = 80 kg/hr
CV of fuel used = 43000 kJ/kg
Hydrogen content in fuel = 13% and remaining is carbon
Air consumption = 30 kg/min
Cooling water circulated = 90 kg/min
Rise in temperature of cooling water = 38 °C
Piston cooling oil used = 45 kg/min
Rise in temperature of cooling oil = 23 °C
C_p of water = 4·18 kJ/kg-K
C_p of cooling oil = 2·2 kJ/kg-K
C_p of exhaust gases = 1·1 kJ/kg-K
C_p of superheated steam = 2 kJ/kg-K
Latent heat of steam = 2520 kJ/kg
Exhaust gas temperature = 450 °C
Ambient temperature = 27 °C

प्रति मिनट निम्न राशियों की गणना कीजिये :
Find the following quantities per minute :

(i) उपयोगी ब्रेक शक्ति (BP) में परिवर्तित ऊष्मा
Heat converted to useful brake power (BP)

(ii) शीतन जल द्वारा ली गई ऊष्मा
Heat carried away by cooling water

(iii) शीतन तेल द्वारा ली गई ऊष्मा
Heat carried away by cooling oil

(iv) शुष्क रेचन गैसों द्वारा ली गई ऊष्मा
Heat carried away by dry exhaust gases

(v) जलवाष्प के विरचन में प्रयुक्त ऊष्मा
Heat carried away by steam formed

(vi) ईंधन द्वारा संभरित ऊष्मा
Heat supplied by fuel

मिनट के आधार पर तथा प्रतिशत के आधार पर ऊष्मा संतुलन पत्र भी बनाइये।
Draw up also a heat balance sheet on minute basis and percentage basis. 40

(b) साधारण ज्वलन SI इंजन के दाब क्रैंक कोण आरेख पर प्रज्वलन (ignition) बिन्दु, ज्वलन (combustion) बिन्दु, अग्रता कोण, प्रज्वलन पश्चता तथा ज्वलन अवधि को दर्शाइये।
In the pressure crank angle diagram of normal combustion SI engine, show the point of ignition, point of combustion, angle of advance, ignition lag and combustion period.

10

7. *(a)* *T-s* आरेख की सहायता से, कार्नो तथा रैन्किन वाष्प चक्रों में भेद कीजिये। रैन्किन चक्र के लाभ लिखिये तथा इसकी ऊष्मीय दक्षता के व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिये।

With the help of *T-s* diagrams, differentiate between Carnot and Rankine vapour cycles. State the advantages of Rankine cycle and derive the expression for its thermal efficiency. 15

(b) एक संयुक्त चक्र शक्ति संयंत्र मरकरी (पारा) तथा वाष्प चक्रों पर आधारित है। मरकरी चक्र, वाष्प चक्र के ऊपर अध्यारोपित किया गया है, जो कि वाष्पित्र की निर्गम दशा 40 bar तथा 400 °C ($h = 3215 \cdot 7$ kJ/kg तथा $s_g = 6 \cdot 713$ kJ/kg-K) एवं 40 °C के संघनित्र तापमान पर कार्य कर रहा है। मरकरी के 0·2 bar पर संघनन से निर्मुक्त ऊष्मा वाष्प चक्र में जल के वाष्पन हेतु गुप्त ऊष्मा प्रदान करने के लिए प्रयुक्त होती है। मरकरी टरबाइन में मरकरी 10 bar पर संतृप्त वाष्प के रूप में प्राप्त होती है। प्रति इकाई पानी की मात्रा के लिए परिसंचरित मरकरी की मात्रा तथा इस द्विआधारी चक्र की दक्षता की गणना कीजिये।

संतृप्त मरकरी तथा वाष्प के गुणधर्म हैं :

	P (bar)	*T* (°C)	*एन्थेल्पी* (kJ/kg)		*एन्ट्रॉपी* (kJ/kg-K)		*विशिष्ट आयतन* (m^3 / kg)	
			h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
मरकरी	10	515·5	72·23	363	0·1478	0·5167	$80 \cdot 5 \times 10^{-6}$	0·0333
	0·2	277·3	38·35	336·55	0·0967	0·6385	$77 \cdot 4 \times 10^{-6}$	1·163
वाष्प	0·074	40	167·5	2574·4	0·572	8·258	0·001	19·546

A combined cycle power plant operates with mercury and steam cycles. Mercury cycle is superimposed over the steam cycle operating between boiler outlet condition of 40 bar and 400 °C ($h = 3215 \cdot 7$ kJ/kg and $s_g = 6 \cdot 713$ kJ / kg-K) and condenser temperature of 40 °C. The heat released by mercury condensing at 0·2 bar is used to impart the latent heat of vaporization to the water in steam cycle. Mercury turbine receives mercury as saturated vapour at 10 bar. Calculate the mass of mercury circulated per unit mass of water and the efficiency of this binary cycle.

Properties of saturated mercury and steam are :

	P (bar)	*T* (°C)	*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* (kJ/kg-K)		*Sp. vol.* (m^3 / kg)	
			h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
Mercury	10	515·5	72·23	363	0·1478	0·5167	$80 \cdot 5 \times 10^{-6}$	0·0333
	0·2	277·3	38·35	336·55	0·0967	0·6385	$77 \cdot 4 \times 10^{-6}$	1·163
Steam	0·074	40	167·5	2574·4	0·572	8·258	0·001	19·546

35

8. *(a)* 15 °C DBT तथा 80% सापेक्षिक आर्द्रता की 100 m^3 वायु प्रति मिनट संवेद्य रूप से 22 °C तापमान होने तक गर्म हो रही है। 15 °C तथा 22 °C पर जलवाष्प का संतृप्ति दाब क्रमशः 0·017 bar तथा 0·02645 bar है। वायु को प्रति मिनट दी जाने वाली ऊष्मा को ज्ञात कीजिये। वायुमण्डलीय दाब = 1·013 bar लीजिये।

100 m^3 of air per minute at 15 °C DBT and 80% relative humidity is sensibly heated until its temperature becomes 22 °C. Saturation pressures of water vapour at 15 °C and 22 °C are 0·017 bar and 0·02645 bar respectively. Find heat added to air per minute. Take atmospheric pressure = 1·013 bar. 25

(b) खाद्य पदार्थों के भण्डारण में प्रयुक्त वायु प्रशीतक 50 tons प्रशीतन प्रदान करता है। सम्पीडक में प्रविष्ट होने वाली वायु का तापमान 7 °C है तथा प्रसारित्र में प्रवेश होने के पूर्व वायु का तापमान 27 °C है। सैद्धान्तिक आवश्यकता से 30% अधिक शक्ति की आवश्यकता की कल्पना करते हुए ज्ञात कीजिये *(i)* चक्र का वास्तविक निष्पादन गुणांक (COP) और *(ii)* सम्पीडक को चलाने हेतु kW में क्षमता।

निकाय में प्रसारित वायु का परिमाण 100 kg/min है। सम्पीडन तथा प्रसारण के नियम हैं $pv^{1 \cdot 3}$ = स्थिरांक, $\gamma = 1 \cdot 4$ लीजिये तथा वायु के लिए $C_p = 1$ kJ/kg-°C

An air refrigerator used for food storage provides 50 tons of refrigeration. The temperature of air entering the compressor is 7 °C and the temperature of air before entering into the expander is 27 °C. Assuming 30% more power is required than theoretical, find *(i)* actual COP of the cycle and *(ii)* kW capacity required to run the compressor.

The quantity of air circulated in the system is 100 kg/min. The compression and expansion follow the law $pv^{1 \cdot 3}$ = constant. Take $\gamma = 1 \cdot 4$ and $C_p = 1$ kJ/kg-°C for air.

25

★★★

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 chronological 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) एक कार्नो चक्र में ऊष्मा 480 °C पर प्राप्त होती है और 40 °C पर बाहर आती है। प्रति चक्र सिंक की एंट्रॉपी 0·0785 kJ/kg K बढ़ जाती है। प्रति चक्र किए जाने वाले कार्य का निर्धारण कीजिए।

In a Carnot cycle, heat is received at 480 °C and rejected at 40 °C. The entropy of the sink increases by 0·0785 kJ/kg K per cycle. Determine the work done per cycle. 10

(b) टरबाइन दक्षता η_t वाले एक विवृत-चक्र गैस टरबाइन संयंत्र की कम्प्रेसर दक्षता η_c है। न्यूनतम गैस ताप $T_{\min}$ है और दहन कक्ष में गर्म करने पर उसका ताप $T_{\max}$ है। यदि संपीडन और प्रसरण के लिए दाब अनुपात r_p हो, तो गुणनफल $\eta_c \cdot \eta_t \cdot \frac{T_{\max}}{T_{\min}}$ के लिए सीमा क्या होनी चाहिए?

दाब हानियों को नज़रअंदाज़ कीजिए और कल्पना कीजिए कि कार्यशील वस्तु एक आदर्श गैस है।

An open-cycle gas turbine plant with turbine efficiency η_t has a compressor of efficiency η_c. The minimum gas temperature is $T_{\min}$ and after heating in the combustion chamber, its temperature is $T_{\max}$. If the pressure ratio for compression and expansion is r_p, what should be the limit for the product $\eta_c \cdot \eta_t \cdot \frac{T_{\max}}{T_{\min}}$?

Neglect pressure losses and assume that working substance is a perfect gas. 10

(c) एक आदर्श गैस में, प्रसामान्य शॉक के लिए निम्नलिखित व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए :

$$\frac{p_y}{p_x} = \frac{2\gamma}{\gamma+1} M_x^2 - \frac{\gamma-1}{\gamma+1}$$

जहाँ x और y शॉक से पहले और बाद की अवस्थाएँ हैं, γ विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात है और M मैक संख्या है।

Derive the following expression for normal shock in an ideal gas :

$$\frac{p_y}{p_x} = \frac{2\gamma}{\gamma+1} M_x^2 - \frac{\gamma-1}{\gamma+1}$$

where x and y are conditions before and after the shock, γ is ratio of specific heats and M is Mach number. 10

(d) दोनों तरफ़ बराबर की उत्सर्जकता (एमिसिविटी) वाला एक पतला विकिरण परिरक्षक (रेडिएशन शील्ड) उत्सर्जकताएँ 0·8 और 0·5 वाले दो बड़े समतलों के बीच और उनके समान्तर रख दिया जाता है। मूल के 92% तक ऊष्मा अन्तरण दर को कम करने के लिए विकिरण परिरक्षक की उत्सर्जकता का निर्धारण कीजिए।

A thin radiation shield having equal emissivities on both sides is introduced parallel to and in between two large planes with emissivities 0·8 and 0·5 respectively. Determine the emissivity of the radiation shield to reduce the heat transfer rate by 92% of the original. 10

(e) एक मोटे खोखले सिलिंडर के बाहरी और भीतरी पृष्ठों के क्षेत्रफल क्रमशः $1{\cdot}25\ m^2$ और $0{\cdot}25\ m^2$ हैं। सिलिंडर की मोटाई 10 cm और सिलिंडर वस्तु की ऊष्मा चालकता 50 W/m K है। पृष्ठों पर 100 °C ताप अन्तर के लिए, सिलिंडर में से त्रिज्य ऊष्मा अन्तरण मालूम कीजिए। प्रयुक्त फॉर्मूले को व्युत्पन्न कीजिए।

The outer and inner surfaces of a thick hollow cylinder have areas $1{\cdot}25\ m^2$ and $0{\cdot}25\ m^2$ respectively. The thickness of the cylinder is 10 cm and the thermal conductivity of the cylinder material is 50 W/m K. Find the radial heat transfer through the cylinder for 100 °C temperature difference at the surfaces. Derive the formula used. 10

2. *(a)* एक प्रत्यागामी वायु संपीडक (रेसिप्रोकेटिंग एयर कम्प्रेसर) का $3\ m^3$ टैंक को 1 bar और 30 °C पर तेज़ी से भर देने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। भरने का प्रक्रम $pv^{1{\cdot}4}$ = const. के द्वारा नियंत्रित होता है। गतिज ऊर्जा के प्रभाव नज़रअंदाज़ किए जाने वाले हैं। टैंक में वायु के आरम्भिक द्रव्यमान पर अन्तिम द्रव्यमान का अनुपात 4 है। निम्नलिखित कार्य कीजिए :

A reciprocating air compressor is used to fill rapidly a $3\ m^3$ tank at 30 °C and 1 bar. The filling process is governed by $pv^{1{\cdot}4}$ = const. The effects of kinetic energy are negligible. The ratio of the final to initial mass of air in the tank is 4. Work out the following :

(i) तंत्र का रेखाचित्र बनाइए और नियंत्रण आयतन दर्शाइए।

Draw the system and show the control volume.

(ii) की गई अभिगृहीतों की सूची बनाइए।

List the assumptions made.

(iii) यदि यांत्रिक दक्षता 90% हो, तो संपीडक का कार्य इनपुट कितना होगा?

What would be the work input to the compressor, if mechanical efficiency is 90%? 20

(b) 1200 r.p.m. पर चलता हुआ एक अपकेन्द्री संपीडक मुक्त वायु का $800\ m^3/min$ प्रदान करता है। वायु 0·84 की समएंट्रॉपी दक्षता के साथ 1 bar, 30 °C से 4·8 bar तक संपीडित की जाती है। इम्पेलर के ब्लेड निर्गम (आउटलेट) पर त्रिज्य हैं और 80 m/s के प्रवाह वेग को पूरे काल अपरिवर्तित माना जा सकता है। इम्पेलर की बाहरी त्रिज्या उसकी भीतरी त्रिज्या से दोगुनी है। सर्पण गुणक (स्लिप फैक्टर) को 0·9 माना जा सकता है। ब्लेड क्षेत्रफल गुणांक प्रवेश पर 0·9 के बराबर है।

A centrifugal compressor running at 1200 r.p.m. delivers $800\ m^3/min$ of free air. The air is compressed from 1 bar, 30 °C to 4·8 bar with isentropic efficiency of 0·84. The impeller blades are radial at outlet and the flow velocity of 80 m/s may be assumed constant throughout. The outer radius of the impeller is twice the inner. The slip factor may be assumed as 0·9. The blade area coefficient is equal to 0·9 at inlet.

(i) इम्पेलर के लिए प्रवेश और निर्गम वेग त्रिकोण बनाइए और प्रक्रम को एक *T-s* आरेख पर दर्शाइए।

Draw inlet and outlet velocity triangles for the impeller, and show the process on a *T-s* diagram.

(ii) यदि यांत्रिक दक्षता 95% हो, तो आवश्यक इनपुट शक्ति का परिकलन कीजिए।

Calculate the input power needed, if mechanical efficiency is 95%.

(iii) प्रवेश और निर्गम पर इम्पेलर व्यास का परिकलन कीजिए।

Calculate the impeller diameters at inlet and outlet.

(iv) प्रवेश पर इम्पेलर और विसारक (डिफ़्यूज़र) ब्लेड कोणों का परिकलन कीजिए।

Calculate the impeller and diffuser blade angles at inlet. 20

(c) 500 kg/min की दर से प्रवाहमान तेल के संतृप्त ताप पर, वाष्प एक ऊष्मा विनिमयित्र नली में 355 K पर प्रवेश करता है और वह द्रवित हो जाता है, जबकि वह 3600 kg/min की दर पर बहते जल से ठंडा हो जाता है जो 286 K पर समान्तर-प्रवाह ऊष्मा विनिमयित्र की संकेन्द्री नली में प्रवेश करता है। यह मानकर चलते हुए कि समग्र ऊष्मा अन्तरण गुणांक 475 W/m^2K है, तेल की गुप्त ऊष्मा (लेटेंट हीट) 600 kJ/kg K है, तो 25 mm बाहरी व्यास, 2 mm मोटी और लम्बाई 4·87 m की कितनी नलियों की जरूरत होगी? यदि शीतन जल वेग को 2 m/s से ज्यादा नहीं होना है, तो नली पासों की संख्या क्या होगी? जल के लिए C_p को 4·18 kJ/kg K और जल के घनत्व को 1000 kg/m^3 लीजिए।

The vapour, at the saturation temperature of an oil flowing at the rate of 500 kg/min, enters a heat exchanger tube, at 355 K and condenses while it is cooled by water flowing at the rate of 3600 kg/min entering the concentric tube of a parallel-flow heat exchanger at 286 K. Assuming overall heat transfer coefficient of 475 W/m^2K, latent heat of oil as 600 kJ/kg K, calculate the number of tubes required of 25 mm outer diameter and 2 mm thick with a length of 4·87 m. What will be the number of tube passes, if cooling water velocity should not exceed 2 m/s? Take C_p for water as 4·18 kJ/kg K and density of water as 1000 kg/m^3. 10

3. *(a)* बकिंघम की π थियोरम विधि का इस्तेमाल करते हुए निम्नलिखित प्राचलों पर निर्भर पंखे की दक्षता η के लिए एक सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिए :

द्रव्यमान घनत्व ρ, गतिक श्यानता μ, कोणीय वेग ω, रोटर का व्यास D, विसर्जन Q

Using Buckingham's π theorem method, derive a relation for the efficiency η of a fan which depends on the following parameters : 20

Mass density ρ, Dynamic viscosity μ, Angular velocity ω, Diameter of the rotor D, Discharge Q

(b) दो लम्बी पतली छड़ें A और B, अलग-अलग सामग्रियों की बनी हुई, बराबर के व्यास 12 mm और लम्बाई 1 m की, एक ऐसे पृष्ठ के साथ जुड़ी हुई हैं, जिसका ताप 100 °C पर बनाए रखा गया है। छड़ों के पृष्ठ 20 °C पर परिवेशी अचल वायु से घिरे हुए हैं। ताप सेंसर के साथ छड़ों की लम्बाई के साथ-साथ चलने पर पाया गया कि आधार पृष्ठ से दूर क्रमशः 15 cm और 7·5 cm स्थितियों पर छड़ों A और B के पृष्ठ ताप बराबर थे। यदि A की सामग्री कार्बन इस्पात है जिसकी ऊष्मा चालकता 60 W/m K हो, तो छड़ B की ऊष्मा चालकता क्या होगी? अभिगृहीतों की सूची बनाइए। मानिए कि वायु के लिए औसत संवहन गुणांक (कन्वेक्शन कोएफिशिएंट) 5 W/m^2K है। छड़ों A और B के लिए ऊष्मा अंतरण की दर का अनुपात मालूम कीजिए।

Two long slender rods A and B, made of different materials having same diameter of 12 mm and length 1 m, are attached to a surface maintained at a temperature of 100 °C. The surfaces of the rods are exposed to ambient still air at 20 °C. By traversing along the length of the rods with a temperature sensor, it is found that the surface temperatures of rods A and B are equal at positions 15 cm and 7·5 cm respectively away from the base surface. If material of A is carbon steel with thermal conductivity 60 W/m K, what is the thermal conductivity of rod B? List the assumptions made. Assume that the average convection coefficient for air is 5 W/m^2K. Find the ratio of rate of heat transfer for rods A and B. 20

(c) एक टैंक X के अन्दर गैस की एक विशेष मात्रा भर दी जाती है, जब तक कि दाब 100 kPa और ताप 330 K न हो जाय। एक अन्य टैंक Y में टैंक X में भरी गैस के भार का 5 गुना भर दिया जाता है, जिससे दाब बढ़कर 500 kPa हो जाता है और ताप बढ़कर 900 K हो जाता है। अब दोनों टैंकों X और Y को एक बंद वाल्व वाली नली के द्वारा जोड़ दिया जाता है। यह मानकर चलते हुए कि गैस आदर्श है और यदि वाल्व को तब तक खोल दिया जाता है जब तक कि साम्यावस्था नहीं प्राप्त होती है, दोनों टैंकों के आयतनों का अनुपात, साम्यावस्था ताप और दाब मालूम कीजिए। टैंक ऊष्मारोधित हैं। गैस के लिए, लीजिए R = 0·296 kJ/kg K और C_v = 0·75 kJ/kg K.

A certain amount of gas is filled in a tank X until its pressure is 100 kPa and temperature is 330 K. In another tank Y, 5 times the weight of gas in X is filled raising the pressure to 500 kPa and temperature 900 K. Both the tanks X and Y are now connected through a tube having a valve which is closed. Assuming the gas is ideal and if the valve is opened till equilibrium state is achieved, find the ratio of the volumes of both tanks, equilibrium temperature and pressure. The tanks are insulated. For the gas, take R = 0·296 kJ/kg K and C_v = 0·75 kJ/kg K. 10

4. (a) द्रव N_2 एक पतली दीवार वाली 20 mm व्यास की नली में 77 K पर प्रवेश करती है और अपरिवर्तित रूप से बहती है। नली के बाहरी पृष्ठ की उत्सर्जकता 0·02 है। इस नली को 50 mm भीतरी व्यास की एक अन्य नली, जिसकी भीतरी पृष्ठ की उत्सर्जकता 0·05 है, के अन्दर संकेन्द्रतः (कॉन्सेंट्रिकली) रख दिया जाता है। बाहरी नली के भीतरी पृष्ठ को 300 K पर बनाए रखा जाता है और नलियों के बीच के अवकाश को खाली कर दिया जाता है। नली की प्रति इकाई लम्बाई पर द्रव N_2 द्वारा प्राप्त ऊष्मा का निर्धारण कीजिए।

यदि दोनों पृष्ठों पर उत्सर्जकता 0·02 वाली पतली दीवार की एक विकिरण शील्ड को भीतरी और बाहरी नलियों के बीचोबीच संकेन्द्रतः डाल दिया जाय, तो नली की प्रति इकाई लम्बाई पर द्रव N_2 द्वारा प्राप्त ऊष्मा में प्रतिशत परिवर्तन का परिकलन कीजिए।

Liquid N_2 enters a thin-walled 20 mm diameter tube at 77 K and flows steadily. The outer surface of the tube has an emissivity of 0·02. This tube is placed concentrically in another tube of 50 mm inner diameter, whose inner surface emissivity is 0·05. The inner surface of the outer tube is maintained at 300 K and the space in between the tubes is evacuated. Determine the heat gained by the liquid N_2 per unit length of the tube.

If a thin-walled radiation shield with emissivity 0·02 on both sides is inserted midway concentrically between inner and outer tubes, calculate the % change in heat gained by liquid N_2 per unit length of the tube. 20

(b) एक नली के अन्दर 0·5 kg/s की दर से बहते हुए एक तरल को, 180 °C के ताप पर प्रवेश करने और 80 °C के ताप पर बाहर निकलने वाली गर्म गैसों द्वारा, 30 °C से 60 °C तक गर्म किया जाता है। तरल और गैसों की विशिष्ट ऊष्माएँ (स्पेसिफिक हीट्स) 4·186 kJ/kg K और 1·08 kJ/kg K हैं। एंट्रॉपी में परिवर्तन और 20 °C के परिवेश के परिवेशी ताप के लिए अनुपलभ्य ऊर्जा में वृद्धि का परिकलन कीजिए।

A fluid flowing in a tube at the rate of 0·5 kg/s is heated from 30 °C to 60 °C by hot gases entering at a temperature of 180 °C and leaving at 80 °C. The specific heats of the fluid and gases are 4·186 kJ/kg K and 1·08 kJ/kg K. Calculate the change in entropy and increase in unavailable energy for ambient temperature of surrounding of 20 °C. 20

(c) एक सरल विवृत-चक्र गैस टरबाइन संयंत्र में वायु 1 bar, 288 K पर प्रवेश करती है और उसको 2 bar तक संपीडित किया जाता है। इसके बाद उसको दहन कक्ष में प्रवेश करने से पूर्व पुनर्जनक में गर्म किया जाता है, जहाँ उसको 1700 K के ताप तक गर्म किया जाता है और फिर वह टरबाइन में प्रवेश करती है और वायुमंडलीय दाब तक विस्तारित होती है। कम्प्रेसर और टरबाइन की समएंट्रॉपिक दक्षताएँ क्रमशः 87% और 88% हैं। दहन कक्ष (कम्बस्टर) और ऊष्मा विनिमयित्र, प्रत्येक की दक्षता 0·97 है। दहन कक्ष में दाब हानि 0·4 bar है। टरबाइन द्वारा विकसित विद्युत् 350 MW है। ईंधन का कैलोरी मान 42 MJ/kg है। मान लीजिए $C_{p_{air}} = C_{p_{gas}} = 1{\cdot}005$ kJ/kg K और $\gamma = 1{\cdot}4$ हैं।

In a simple open-cycle gas turbine plant, air enters at 1 bar, 288 K and is compressed to 2 bar. It is then heated in the regenerator before entering the combustion chamber where it is heated to a temperature of 1700 K and then enters a turbine and expands to atmospheric pressure. The isentropic efficiencies of compressor and turbine are 87% and 88% respectively. The combustor and heat exchanger efficiencies are 0·97 each. Pressure loss in the combustor is 0·4 bar. Power developed by the turbine is 350 MW. Calorific value of fuel is 42 MJ/kg. Assume $C_{p_{air}} = C_{p_{gas}} = 1{\cdot}005$ kJ/kg K and $\gamma = 1{\cdot}4$.

(i) तंत्र का क्रमदर्शी आरेख (फ्लो डायग्राम) बनाइए और *T-s* आरेख पर प्रक्रमों को दर्शाइए।

Draw the system flow diagram and show the processes on a *T-s* diagram.

(ii) वायु और ईंधन की द्रव्यमान प्रवाह दर मालूम कीजिए।

Find out the mass flow rate of air and fuel.

(iii) कार्य अनुपात मालूम कीजिए।

Find out the work ratio.

(iv) ऊष्मीय दक्षता मालूम कीजिए।

Find out the thermal efficiency.

(v) विशिष्ट ईंधन खपत मालूम कीजिए।

Find out the specific fuel consumption. 10

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) एक अज्ञात ईंधन C_xH_y के दहन के उत्पादों का निम्नलिखित संघटन है जैसा कि एक ऑरसेट उपकरण द्वारा मापा गया है :

$$CO_2 = 8{\cdot}0\%, \ CO = 0{\cdot}9\%, \ O_2 = 8{\cdot}8\%, \ N_2 = 82{\cdot}3\%$$

x और y के मानों, वायु-ईंधन अनुपात और प्रयुक्त अतिरिक्त वायु की प्रतिशतता का निर्धारण कीजिए।

The products of combustion of an unknown fuel C_xH_y have the following composition as measured by an Orsat apparatus :

$$CO_2 = 8{\cdot}0\%, \ CO = 0{\cdot}9\%, \ O_2 = 8{\cdot}8\%, \ N_2 = 82{\cdot}3\%$$

Determine the values of x and y, the air-fuel ratio and % of excess air used. 10

(b) चिमनी गैस ताप के बाहरी वायु ताप पर अनुपात के व्यंजक का निर्धारण, द्रव्यमान प्रवाह दर के रूप में, कीजिए।

Determine the expression for the ratio of chimney gas temperature to outside air temperature in terms of mass flow rate. 10

(c) प्रतिक्रिया टरबाइन में एक अवस्था में, भाप का दाब 34 kPa (v_g = 4·65 m^3/kg) है और शुष्कता अंश (ड्राइनेस फ्रैक्शन) 0·95 है। 36000 kg/hr की प्रवाह दर के लिए, अवस्था 950 kW विकसित करती है। टरबाइन 3600 r.p.m. पर चलता है और प्रवाह का वेग, ब्लेड वेग का 0·72 गुना है। स्टेटर और रोटर दोनों ब्लेडों के निर्गम कोण 20° हैं। इस अवस्था पर माध्य रोटर व्यास और ब्लेडों की ऊँचाई मालूम कीजिए।

At a stage in a reaction turbine, the pressure of steam is 34 kPa (v_g = 4·65 m^3/kg) and dryness fraction is 0·95. For a flow rate of 36000 kg/hr, the stage develops 950 kW. The turbine runs at 3600 r.p.m. and velocity of flow is 0·72 times the blade velocity. The outlet angles of both stator and rotor blades are 20°. Determine at this stage the mean rotor diameter and height of blades. 10

(d) यांत्रिक वातानुकूलन सभी भौगोलिक स्थानों पर इस्तेमाल किया जा सकता है, जबकि डेज़र्ट वायु शीतक (कूलर) केवल कुछ भौगोलिक स्थानों में इस्तेमाल किए जा सकते हैं। समझाइए, क्यों। इन दोनों उपकरणों में शामिल प्रक्रमों को दर्शाइए।

Mechanical air-conditioning can be used in all geographical locations, whereas desert air-coolers can be used only in some geographical locations. Explain why. Show the processes involved in both these equipments. 10

(e) कमरा वायु तापन अनुप्रयोग के लिए सीधे वैद्युत प्रतिरोध तापक के इस्तेमाल के बजाय ऊष्मा पम्प (हीट पम्प) का इस्तेमाल करना ऊष्मागतिकतः (थर्मोडाइनैमिकली) लाभप्रद है। समझाइए, क्यों।

It is thermodynamically advantageous to employ a heat pump rather than employing a direct electrical resistance heater for a room air heating application. Explain why. 10

6. *(a)* एक 2-स्ट्रोक तेल इंजन का कैलोरी मान 44000 kJ/kg के ईंधन तेल के साथ 20 °C के सामान्य ताप (रूम टेम्परेचर) पर परीक्षण किया गया। निम्नलिखित आँकड़ों का इस्तेमाल करते हुए सूचित और ब्रेक शक्ति, यांत्रिक और ब्रेक ऊष्मीय दक्षता का परिकलन कीजिए तथा ऊष्मा तुलन-पत्र बनाइए :

सिलिंडर बोर = 20 cm; स्ट्रोक-बोर अनुपात = 1·3 : 1; रफ़्तार = 500 r.p.m.; ब्रेक ड्रम व्यास = 120 cm; रज्जु व्यास = 3 cm; निवल ब्रेक भार = 460 N; सूचित MEP = 2·8 bar; तेल खपत = 3·7 kg/hr; जैकेट शीतन जल दर = 456 kg/hr, 27 °C के ताप आरोह के साथ; कैलोरीमीटर में प्रवेश करती हुई इग्जॉस्ट गैस का ताप 320 °C और बाहर निकलती हुई गैस का ताप 220 °C; प्रवाह दर 8 kg/min के साथ कैलोरीमीटर जल में ताप वृद्धि 8 °C है

A 2-stroke oil engine was subjected to a test at room temperature of 20 °C with fuel oil of calorific value 44000 kJ/kg. Calculate the indicated and brake power, mechanical and brake thermal efficiency, and draw the heat balance sheet using the following data : 20

Cylinder bore = 20 cm; Stroke-bore ratio = 1·3 : 1; Speed = 500 r.p.m.; Brake drum diameter = 120 cm; Rope diameter = 3 cm; Net brake load = 460 N; Indicated MEP = 2·8 bar; Oil consumption = 3·7 kg/hr; Jacket cooling water rate = 456 kg/hr with a rise in temperature of 27 °C; Exhaust gas temperature entering calorimeter is 320 °C and leaving 220 °C; Temperature rise in calorimeter water is 8 °C with a rate of flow 8 kg/min

(b) एक संयुक्त गैस टरबाइन (GT)-भाप टरबाइन (ST) संयंत्र में, गैस टरबाइन (GT) से निकास का बॉयलर में भाप को गर्म करने में इस्तेमाल किया जाता है, जहाँ पर गैस में ईंधन की आगे की पूर्ति जलाई जाती है। GT का दाब अनुपात 8 है, अन्तर्गम (इनलेट) वायु ताप 15 °C है, अधिकतम चक्र ताप 800 °C है। बॉयलर में दहन गैस ताप को बढ़ाकर 800 °C कर देता है और गैस बॉयलर से 100 °C पर बाहर निकलती है। भाप टरबाइन (ST) में भाप अन्तर्गम 60 bar और 600 °C पर है (h = 3656·2 kJ/kg, s = 7·166 kJ/kg K) और कंडेंसर दाब 0·05 bar है (h_f = 137·8 kJ/kg, h_{fg} = 2423·8 kJ/kg, s_f = 0·476 kJ/kg K, s_{fg} = 7·92 kJ/kg K)। कुल शक्ति आउटपुट 190 MW के लिए वायु और भाप की आवश्यक प्रवाह दर तथा संयुक्त संयंत्र की समग्र η का परिकलन कीजिए। कल्पना कीजिए कि सभी प्रक्रम आदर्श हैं। समग्र वायु-ईंधन अनुपात क्या है? मान लीजिए $C_{p_{gas}}$ = 1·11 kJ/kg K और $C_{p_{air}}$ = 1·05 kJ/kg K तथा गैस और वायु के लिए γ क्रमशः 1·33 और 1·4 है। वायु प्रवाह पर ईंधन की द्रव्यमान प्रवाह दर को नज़रअंदाज़ कीजिए। ईंधन का कैलोरी मान 43·3 MJ/kg है।

In a combined gas turbine (GT)-steam turbine (ST) plant, the exhaust from GT is used to heat steam in boiler at which a further supply of fuel is burned in the gas. Pressure ratio of GT is 8, inlet air temperature is 15 °C, maximum cycle temperature is 800 °C. Combustion in boiler increases the gas temperature to 800 °C and gas leaves the boiler at 100 °C. The steam inlet in ST is at 60 bar and 600 °C (h = 3656·2 kJ/kg, s = 7·166 kJ/kg K) and condenser pressure

is 0·05 bar (h_f = 137·8 kJ/kg, h_{fg} = 2423·8 kJ/kg, s_f = 0·476 kJ/kg K, s_{fg} = 7·92 kJ/kg K). Calculate flow rate of air and steam required for a total power output of 190 MW and the overall η of the combined plant. Assume that all processes are ideal. What is overall air-fuel ratio? Assume $C_{p_{gas}}$ = 1·11 kJ/kg K and $C_{p_{air}}$ = 1·05 kJ/kg K, and γ for gas and air as 1·33 and 1·4 respectively. Neglect mass flow rate of fuel on the airflow. Calorific value of fuel is 43·3 MJ/kg. 20

(c) दर्शाइए कि आर्द्र वायु की शुष्क वायु के प्रति kg पर एंथैल्पी निम्नलिखित द्वारा प्रदत्त है :

$$h = C_{p_m} \times \text{DBT} + 2500w$$

जहाँ C_{p_m} = आर्द्र वायु विशिष्ट ऊष्मा = (1·005 + 1·88w), w = विशिष्ट आर्द्रता kg/kg शुष्क वायु, जल के लिए 0 °C पर h_{fg} = 2500 kJ/kg पर और DBT = शुष्क-बल्ब ताप।

Show that the enthalpy of humid air per kg of dry air is given by

$$h = C_{p_m} \times \text{DBT} + 2500w$$

where C_{p_m} = humid air specific heat = (1·005 + 1·88w), w = specific humidity kg/kg of dry air, h_{fg} = 2500 kJ/kg at 0 °C for water and DBT = dry-bulb temperature. 10

7. (a) (i) नॉज़ल के क्रांतिक दाब अनुपात (क्रिटिकल प्रेशर रेशिओ) के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। नॉज़ल में अवरोधन (चोकिंग) की प्रघटना को स्पष्ट कीजिए।

Derive an expression for critical pressure ratio of a nozzle. Explain the phenomenon of choking in the nozzle. 10

(ii) एक भाप विद्युत् स्टेशन निम्नलिखित चक्र का इस्तेमाल करता है :

भाप बॉयलर निर्गम 150 bar, 550 °C (h = 3450·4 kJ/kg, s = 6·523 kJ/kg K);
40 bar पर 550 °C तक पुनःताप (h = 3560·34 kJ/kg, s = 7·235 kJ/kg K);
0·1 bar पर कंडेंसर (h_f = 191·8 kJ/kg, h_{fg} = 2392·05 kJ/kg,
s_f = 0·649 kJ/kg K, s_{fg} = 7·5 kJ/kg K)

आदर्श प्रक्रमों को मानकर चलते हुए, टरबाइन निष्कासक पर भाप की गुणता, चक्र दक्षता और भाप प्रवाह दर प्रति kWh मालूम कीजिए।

A steam power station uses the following cycle :

Steam boiler outlet 150 bar, 550 °C (h = 3450·4 kJ/kg, s = 6·523 kJ/kg K);
Reheat at 40 bar to 550 °C (h = 3560·34 kJ/kg, s = 7·235 kJ/kg K);
Condenser at 0·1 bar (h_f = 191·8 kJ/kg, h_{fg} = 2392·05 kJ/kg,
s_f = 0·649 kJ/kg K, s_{fg} = 7·5 kJ/kg K)

Assuming ideal processes, find quality of steam at turbine exhaust, cycle efficiency and steam flow rate per kWh. 10

(b) एक वातानुकूलन संयंत्र में, वायु हैंडलिंग एकक कुल मिलाकर शुष्क वायु का 4500 cmm सप्लाई करता है, जो भार के अनुसार 40 °C DBT, 27 °C WBT पर 20% ताजी हवा तथा 25 °C DBT और 50% RH पर 80% पुनःपरिसंचरित हवा होता है। वायु शीतन कुंडली (कूलिंग कॉयल) से 13 °C पर संतृप्त बाहर निकलती है। कुल शीतन भार और कक्ष ऊष्मा लब्धि का परिकलन कीजिए :

दशा	DBT (°C)	WBT (°C)	RH (%)	*विशिष्ट आर्द्रता* (kg/kg शुष्क वायु)	*एंथैल्पी* (kJ/kg शुष्क वायु)
बाहरी वायु	40	27		17·2	85
कक्ष वायु	25		50	10·0	50·8
ADP	13		100	9·4	37·0

The air handling unit in an AC plant supplies a total of 4500 cmm of dry air which comprises by weight 20% fresh air at 40 °C DBT, 27 °C WBT and 80% recirculated air at 25 °C DBT and 50% RH. Air leaves the cooling coil at 13 °C saturated. Calculate total cooling load and room heat gain : 20

Condition	DBT (°C)	WBT (°C)	RH (%)	*Sp. humidity* (kg/kg of dry air)	*Enthalpy* (kJ/kg of dry air)
Outside air	40	27		17·2	85
Room air	25		50	10·0	50·8
ADP	13		100	9·4	37·0

(c) निम्नलिखित आँकड़े एक 4-स्ट्रोक, 4-सिलिंडर डीज़ल इंजन के सम्बन्ध में हैं :

सिलिंडर व्यास = 36 cm; स्ट्रोक = 40 cm; रफ़्तार = 315 r.p.m.; सूचित MEP = 7 bar; ब्रेक शक्ति = 250 kW; ईंधन खपत = 80 kg/hr; कैलोरी मान = 44 MJ/kg; वायु खपत = 30 kg/min; ताप में 38 °C की बढ़त के साथ संचारित शीतन जल = 90 kg/min; निकास गैस ताप = 324 °C और सामान्य ताप (रूम टेम्परेचर) = 45 °C; $C_{p_{air}}$ = 1·005 kJ/kg K, $C_{p_{gas}}$ = 1·05 kJ/kg K, $C_{p_{steam}}$ = 2·093 kJ/kg K। निकास गैसों में भाप का आंशिक दाब 0·03 bar और ईंधन में है 13% H_2.

यांत्रिक दक्षता, सूचित ऊष्मीय η, ब्रेक स्पेसिफिक ईंधन खपत मालूम कीजिए। घंटा के आधार पर इंजन के लिए ऊष्मा तुलन-पत्र बनाइए।

The following data refer to a 4-stroke, 4-cylinder diesel engine :

Cylinder diameter = 36 cm; Stroke = 40 cm; Speed = 315 r.p.m.; Indicated MEP = 7 bar; Brake power = 250 kW; Fuel consumption = 80 kg/hr; Calorific value = 44 MJ/kg; Air consumption = 30 kg/min; Cooling water circulated = 90 kg/min with rise in temperature 38 °C; Exhaust gas temperature = 324 °C and Room temperature = 45 °C kJ/kg K; $C_{p_{air}}$ = 1·005 kJ/kg K, $C_{p_{gas}}$ = 1·05 kJ/kg K, $C_{p_{steam}}$ = 2·093 kJ/kg K. In exhaust gases, partial pressure of steam is 0·03 bar and fuel contains 13% H_2.

Find mechanical efficiency, indicated thermal η, brake specific fuel consumption. Draw heat balance sheet for the engine in hourly basis. 10

8. *(a)* *(i)* एक R_{12} सरल संतृप्त चक्र 35 °C और −15 °C के तापों पर संक्रिया करता है। तंत्र की COP और प्रति टन प्रशीतन (रेफ्रीजरेशन) के लिए HP का निर्धारण कीजिए :

				अतितप्त			
				20 K		40 K	
t (°C)	h_f (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)	s_g (kJ/kg K)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)
35	69·5	201·5	0·6839	216·4	0·731	231·0	0·7741
−15		181·0	0·7052	193·2	0·751	205·7	0·7942

An R_{12} simple saturation cycle operates at temperatures of 35 °C and −15 °C. Determine the COP and HP per ton of refrigeration of the system : 10

				Superheated			
				20 K		40 K	
t (°C)	h_f (kJ/kg)	h_g (kJ/kg)	s_g (kJ/kg K)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg K)
35	69·5	201·5	0·6839	216·4	0·731	231·0	0·7741
−15		181·0	0·7052	193·2	0·751	205·7	0·7942

(ii) ग्रीष्म ऋतु और शीत ऋतु के वातानुकूलन प्रक्रमों के बीच विभेदन कीजिए।

Differentiate between summer and winter air-conditioning processes. 10

(b) यद्यपि वेग-संयोजित आवेग टरबाइन कम दक्ष (एफिशिएंट) होते हैं, उच्च दाब की आरम्भिक अवस्थाओं में टरबाइन सामान्यतः वेग-संयोजित होते हैं। ऐसा क्यों है? वेग-संयोजित और दाब-संयोजित आवेग टरबाइनों में दाब और वेगों के विचरण का आरेख बनाइए।

Even though velocity-compounded impulse turbines are less efficient, in the initial stages of high pressure turbines are normally velocity-compounded. Why? Plot the variation of pressure and velocities in velocity-compounded and pressure-compounded impulse turbines. 10

(c) एक भाप विद्युत् संयंत्र आदर्श पुनर्योजी रैन्किन चक्र पर चलता है। भाप टरबाइन में 6 MPa, 450 °C पर प्रवेश करती है (h = 3301·8 kJ/kg, s = 6·7193 kJ/kg K) और कंडेंसर में 20 kPa पर द्रवित हो जाती है (h_f = 251·4 kJ/kg, h_{fg} = 2358·3 kJ/kg, v_f = 0·001 m^3/kg, s_f = 0·832 kJ/kg K, s_{fg} = 7·0766 kJ/kg K)। भरण जल तापक (वाटर हीटर) को गर्म करने के लिए, भाप को टरबाइन से 0·4 MPa पर निष्कर्षित किया जाता है (h_f = 604·74 kJ/kg, v_f = 0·001 m^3/kg, h_{fg} = 2133·8 kJ/kg, s_f = 1·7766 kJ/kg K, s_{fg} = 5·1193 kJ/kg K)। पानी भरण जल तापक से संतृप्त द्रव के रूप में बाहर निकलता है। T-s आरेख पर चक्र को दर्शाइए और निवल कार्य आउटपुट/kg भाप, चक्र की बॉयलर और ऊष्मीय दक्षताएँ मालूम कीजिए।

A steam power plant operates on ideal regenerative Rankine cycle. Steam enters the turbine at 6 MPa, 450 °C (h = 3301·8 kJ/kg, s = 6·7193 kJ/kg K) and is condensed in the condenser at 20 kPa (h_f = 251·4 kJ/kg, h_{fg} = 2358·3 kJ/kg, v_f = 0·001 m^3/kg, s_f = 0·832 kJ/kg K, s_{fg} = 7·0766 kJ/kg K). Steam is extracted from the turbine at 0·4 MPa (h_f = 604·74 kJ/kg, v_f = 0·001 m^3/kg, h_{fg} = 2133·8 kJ/kg, s_f = 1·7766 kJ/kg K, s_{fg} = 5·1193 kJ/kg K) to heat feedwater heater. Water leaves feedwater heater as saturated liquid. Show the cycle on T-s diagram and find net work output/kg of steam, the boiler and thermal efficiencies of the cycle. 20

★ ★ ★

C–AVZ–O–NFDB

यांत्रिक इंजीनियरी

प्रश्न-पत्र—II

CS [illegible] 2015

MECHANICAL ENGINEERING

Paper—II

निर्धारित समय : तीन घंटे *Time Allowed : Three Hours*	*अधिकतम अंक : 250* *Maximum Marks : 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 (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका के मुख-पृष्ठ 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 दीजिये।

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—अ

SECTION—A

Q. 1(a) एक आदर्श गैस टरबाईन संयंत्र में अधिकतम निवल कार्य के लिए अनुकूलतम दाब अनुपात निकालिये। T-s चित्र की सहायता से यह दर्शायें कि अनुकूलतम दाब अनुपात होता भी है।

Derive the optimum pressure ratio of an ideal gas turbine plant for maximum network. Also, show with the help of T-s diagram that, an optimum pressure ratio exists. 10

Q. 1(b) एक आदर्श गैस का एक विमीय प्रवाह मानिये। यह दर्शाने के लिए कि नोजल का प्रकार पराध्वनिक प्रवाह के लिए अपसारी अनुप्रस्थ का है, एक व्यंजक ज्ञात कीजिये।

Consider one-dimensional isentropic flow of a perfect gas. Derive an appropriate expression to show that the shape of the nozzle for supersonic flow is divergent in cross-section. 10

Q. 1(c) एक छोटा गोला (बाह्य व्यास 60 मि.मी.) जिसकी सतह का तापक्रम 300°C है को एक बड़े गोला (आन्तरिक व्यास 360 मि.मी.) में उसके ज्यामिति केन्द्र, जिसकी आन्तरिक सतह का तापमान 15°C में रखा जाता है। ज्ञात कीजिए कि बड़े गोले की अन्दर की सतह से छोटे गोले की बाहरी सतह पर कितना उत्सर्जन आपतित होगा। मानिए दोनों पिंडों का बर्ताव कृष्णिका का सा है। दोनों गोलों के बीच कितनी निवल उष्मा का विनिमय होगा।

A small sphere (of outside diameter = 60 mm) with a surface temperature of 300°C is located at the geometric centre of a large sphere (of inside diameter = 360 mm) with an inner surface temperature of 15°C. Calculate how much of emission from the inner surface of the large sphere is incident upon the outer surface of the small sphere. Assume that both bodies approach black body behaviour. What is the net interchange of heat between the two spheres ? 10

Q. 1(d) एक सतही कन्डेसर के कवच (Shell) में भाप वायुमंडलीय दाब पर प्रवेश करती है, जिसमें नलियों के बंडल में पानी 0.05 kg/s का दर से प्रवाह करता है। नली का आन्तरिक व्यास 25 mm है। आन्तरिक व्यास पर आधारित समग्र उष्मा अंतरण गुणांक (U_i) 230 W/m^2°C है। जल का प्रवेश एवं बहिर्गम पर तापमान क्रमश: 15°C एवं 70°C है। भाप का संघनन (Condensation) नली की बाह्य सतह पर होता है।

निम्नलिखित का परिकलन कीजिये :

(i) उष्मा विनिमयित्र की प्रभावशीलता NTU में

(ii) प्रत्येक नली की लम्बाई

(iii) भाप के संघनन की दर

पानी की $C_p = 4.18\frac{kJ}{kg°C}$; $h_{fg} = 2257\frac{kJ}{kg}$ (संघनन की गुप्त उष्मा) मानिये।

Steam at atmospheric pressure enters the shell of a surface condenser, in which the water flows through a tube bundle, at the rate of 0.05 kg/s. The inner diameter of the tube is 25 mm. The overall heat transfer coefficient, (U_i) based on the inner diameter is $230 W/m^2 °C$. The inlet and outlet temperatures of water are 15°C and 70°C, respectively. The condensation of steam takes place on the outside surface of the tubes.

Calculate the following :

(i) The effectiveness of the heat exchanger and NTU.

(ii) Length of each tube.

(iii) The rate of steam condensation.

Assume C_p of water = $4.18 \frac{kJ}{kg°C}$; $h_{fg} = 2257 \frac{kJ}{kg}$ (latent heat of condensation). 10

Q. 1(e) एक रुद्धोष्म बर्नर में प्रोपेन गैस (C_3H_8) 100% अधिक हवा के साथ जलाई जाती है। ईंधन एवं हवा, दोनों बर्नर में 25°C एवं 1 bar पर प्रवेश करती है। ज्वाला द्वारा प्राप्त अधिकतम तापमान ज्ञात कीजिये। उत्पादित गैसों की मोलीय ऊष्मा क्षमताएं निम्नलिखित हैं :

$C_p^\circ(CO_2) = 19.8 + 7.344 \times 10^{-2}\ T$

$C_p^\circ(H_2O) = 32.24 + 1.924 \times 10^{-3}\ T$

$C_p^\circ(O_2) = 28.11 - 3.68 \times 10^{-6}\ T$

$C_p^\circ(N_2) = 31.15 - 1.357 \times 10^{-2}\ T$

यहाँ C_p° J/mol K में एवं T K में है। इस प्रक्रिया की मानक ऊष्मा $\Delta H_{298}^\circ = -2045.5$ kJ मानिये।

Propane (C_3H_8) is burned with 100% excess air in an adiabatic burner. Both the fuel and air enter the burner at 25°C and 1 bar. Estimate the maximum temperature that can be attained in the flame. The molar heat capacities of the product gases are as follows :

$C_p^\circ(CO_2) = 19.8 + 7.344 \times 10^{-2}\ T$

$C_p^\circ(H_2O) = 32.24 + 1.924 \times 10^{-3}\ T$

$C_p^\circ(O_2) = 28.11 - 3.68 \times 10^{-6}\ T$

$C_p^\circ(N_2) = 31.15 - 1.357 \times 10^{-2}\ T$

Here C_p° is in J/mol. K and T is in K. Assume standard heat of this reaction as $\Delta H_{298}^\circ = -2045.5$ kJ. 10

Q. 2(a) गतिज ऊर्जा संशुद्धि गुणांक से आप क्या समझते हैं, बताइये। गोल नली में स्तरीय प्रवाह के लिए गतिज ऊर्जा सुधार गुणांक 2 है, बताइये। आगे बताइये, यदि प्रवाह विक्षुब्ध माना जाय तो गतिज ऊर्जा संशुद्धि गुणांक का क्या होगा ?

Explain what do you mean by kinetic energy correction factor. Show that the kinetic energy correction factor for laminar flow through a circular pipe is 2. Further, explain what will happen to the kinetic energy correction factor when the flow is considered to be turbulent. 20

Q. 2(b) एक समतल दीवार जो 90 mm मोटी है (k = 0.18 W/m°C), की एक सतह ऊष्मा रोधित है, दूसरी सतह को 80° से पर्यावरण को उच्छादित किया गया है। दीवार में ऊष्मा उत्पादन 1.3×10^5 W/m^3 है। यदि दीवार और पर्यावरण के बीच संवहनी ऊष्मा अंतरण गुणांक (h) 520 W/m^2°C हो तो दीवार में अधिकतम तापमान ज्ञात कीजिये। स्थायी दशा, एक-विमीय ऊष्मा चालन के साथ ऊष्मा अंतरण समीकरण से प्रारम्भ करते हुए, जो सूत्र उपयोग में लें, उसे व्युत्पत्ति कीजिये।

A plane wall 90 mm thick (k = 0.18 W/m°C) is insulated on one side while the other side is exposed to environment at 80°C. The rate of heat generation within the wall is 1.3×10^5 W/m^3. If the convective heat transfer coefficient between the wall and the environment, (h) is 520 W/m^2°C, determine the maximum temperature in the wall. Derive the expression used, starting from the steady state one-dimensional heat conduction with heat generation equation. 20

Q. 2(c) दर्शाइए कि प्रतिक्रम्यता रुद्धोष्म प्रक्रम का ढलान को, ताप-दाब चित्र में, यदि C_p से गुणा किया जाये, तो Tvβ के द्वारा दत्त होगा, दिखाइये।

Show that the slope of a reversible adiabatic process on a temperature versus pressure diagram, when multiplied by C_p is given by Tvβ. 10

Q. 3(a) एक अपकेन्द्री सम्पीडिक 16000 rpm पर चल रहा है, 17°C ताप पर वायु अन्दर लेकर उसे दाब अनुपात 4 : 1 पर समएन्ट्रोपी दक्षता 82% के साथ सम्पीडित्र करता है। ब्लेड त्रिज्यात्मक झुकी है एवं स्लिप गुणांक 0.85 है। प्रवेश पर निर्देशक फलक पूर्व भंवर 20° कोण पर हवा को अक्षीय दिशा देती है। इम्पेलर आँख का माध्य व्यास 200 mm एवं हवा की प्रवेश पर परम गति 120 m/s है। इम्पेलर टिप का व्यास ज्ञात कीजिये। $C_p = 1.005 \frac{kg}{kg\,K}$; $\gamma = 1.4$ लीजिये। वेग त्रिकोणों का चित्र प्रवेश एवं निर्गम पर बनाइये।

A centrifugal compressor running at 16,000 rpm takes in air at 17°C and compresses it through a pressure ratio of 4 : 1 with an isentropic efficiency of 82%. The blades are radially inclined and the slip factor is 0.85. Guide vanes at inlet give the air an angle of pre-whirl of 20° to the axial direction. The mean diameter of the impeller eye is 200 mm and the absolute air velocity at inlet is 120 m/s. Calculate the impeller tip diameter. Take $C_p = 1.005 \frac{kg}{kg\,K}$; $\gamma = 1.4$. Also draw the velocity triangles at inlet and impeller exit. 20

Q. 3(b) एक नौ (9) सिलेंडर, 4-स्ट्रोक पेट्रोल इंजन 14.5 cm व्यास एवं 18 cm स्ट्रोक का सम्पीडित्र अनुपात 7 : 1 है और वह 15% कमजोर मिश्रण पर 2000 rpm पर चलते हुए 350 kW उत्पादित करता है। काम में लिये जाने वाले ईंधन का ऊष्मा मान 47 MJ/kg है, जिसने 85.2% C और 14.8% H_2 है। आयतनी दक्षता 15°C एवं 1 bar पर 76% और यांत्रिक दक्षता 90% मानते हुए, इंजन की सूचित तापीय दक्षता ज्ञात कीजिये। R = 287 J/kg-K दिया गया है।

A nine (9)-cylinder, 4-stroke petrol engine of bore 14.5 cm and stroke 18 cm, has a compression ratio of 7 : 1 and develops 350 kW at 2000 rpm when running on a mixture of 15% weak. The fuel used has a heating value of 47 MJ/kg and contains 85.2% C and 14.8 H_2. Assuming a volumetric efficiency of 76% at 15°C and 1 bar and mechanical efficiency of 90%, calculate the indicated thermal efficiency of the engine. Given, R = 287 J/kg-K. 20

Q. 3(c) 3 m ऊँचाई के एक बायलर की भट्टी शंकु के फलक्रम की आकृति में बनाई गई है जिसके पेंदे का व्यास 5 m (d_1) एवं शिखर का व्यास 6 m (d_2) हैं। दोनों सतहों की उत्सर्जकता 0.9 है। पेंदे की सतह 1000°C एवं शिखर की सतह 500°C पर है। झुकी हुई सतह को उच्चतापसह को सतह मानते हुए, ज्ञात कीजिये (i) पेंदे से शिखर सतह की ऊष्मा अंतरण (ii) झुके हुए पृष्ठ का तापमान विकिरण। आकृति गुणांक $F_{1-2} = 0.4$.

A boiler furnace of 3 m height is made in the shape of a frustum of a cone with the bottom diameter 5 m (d_1) and top diameter 6 m (d_2). The emissivity of both the surfaces is 0.9. The bottom surface is at 1000°C and the top surface is at 500°C. Considering the inclined surface is refractory surface, find (i) the radiation heat transfer from the bottom to top surface and (ii) the inclined surface temperature. Radiation Shape Factor $F_{1-2} = 0.4$. 10

Q. 4(a) एक 2-स्ट्रोक मोटर साईकल पेट्रोल इंजन सिलेण्डर की बाहरी सतह पर 15 पंख बने हैं। प्रत्येक पंख का बाहरी एवं आंतरिक व्यास क्रमशः 200 mm एवं 100 mm है, पंख की सतह का औसत तापमान 475°C एवं वायुमण्डलीय हवा का तापमान 25°C, पंख से ऊष्मा अंतरण दर, निम्नलिखित के लिए परिकलन कीजिये :

(i) जब मोटर साईकल स्थिर हो

(ii) जब मोटर साईकल 60 kmph गति से चल रही हो।

आदर्शतया पंख को उसी क्षेत्रफल की एक एकल क्षैतिज प्लेट मान सकते हैं, और सार्थक लम्बाई $L = 0.9\, d_o$ ले सकते है, जहाँ d_o पंख का बाहरी व्यास है। d_o को 200 mm मान लें। हवा के गुणधर्म निम्नलिखित मान सकते हैं :

$k = 4.266 \times 10^{-2}$ W/m°C; $\nu = 40.61 \times 10^{-6}$ m²/s; Pr = 0.677

विक्षुब्ध प्रवाह के लिए (प्रणोदित संवहन) : $Nu = 0.036\, (Re)^{0.8}\, (Pr)^{0.33}$

प्राकृतिक सवंहन के लिए :

$Nu = 0.54\ (Gr.\ Pr)^{1/4}$ यदि $(Gr.\ Pr) < 10^9$

$Nu = 0.10\ (Gr.\ Pr)^{0.33}$ यदि $(Gr.\ Pr) > 10^9$.

A 2-stroke motor cycle petrol engine cylinder consists of 15 fins on its outer surface. If the outside and inside diameters of each fin are 200 mm and 100 mm respectively, the average fin surface temperature is 475°C and the atmospheric air temperature is 25°C, calculate the heat transfer rate from the fins for the following cases :

(i) when the motor cycle is stationary;

(ii) when the motor cycle is running at a speed of 60 kmph.

The fin may be idealized as a single horizontal plate of the same area, and the significant length may be taken as $L = 0.9\ d_o$, where d_o is the outer diameter of the fin. Assume d_o as 200 mm.

The properties of air may be taken as follows :

$k = 4.266 \times 10^{-2}$ W/m°C; $\nu = 40.61 \times 10^{-6}$ m²/s; Pr = 0.677

For turbulent flow (forced convection) : $Nu = 0.036\ (Re)^{0.8}\ (Pr)^{0.33}$

For natural convection :

$Nu = 0.54\ (Gr.\ Pr)^{1/4}$ if $(Gr.\ Pr) < 10^9$

$Nu = 0.10\ (Gr.\ Pr)^{0.33}$ if $(Gr.\ Pr) > 10^9$. 20

Q. 4(b) एक गैस टरबाइन जो वास्तविक सरल ब्रेटन चक्र (Brayton cycle) पर कार्य करता है, अधिकतम निर्गत के लिए अभिकल्प किया गया है। यदि अधिकतम एवं न्यूनतम तापमान, सम्पिडक एवं टरबाइन की दक्षता नियत है, अनुकूलतम वास्तविक दाब अनुपात के लिए व्यंजक ज्ञात कीजिये। यदि अधिकतम एवं न्यूनतम ताप का अनुपात 3 एवं $\gamma = 2$ हो तो टरबाइन के अनुकूलतम दाब का अनुपात क्या होगा ? टरबाइन और सम्पिडक की दक्षता क्रमश: 0.9 एवं 0.8 है।

A gas turbine operating on actual simple Brayton cycle is to be designed for maximum output. If the maximum and minimum temperatures of the cycle, the efficiencies of compressor and turbine are fixed, derive the expression for optimum actual pressure ratio. What will be the value of optimum pressure ratio for turbine, if the ratio of maximum and minimum temperature is 3 and $\gamma = 2$?

Take efficiencies of turbine and compressor as 0.9 and 0.8 respectively. 20

Q. 4(c) समझाइए कि एस.आई. इंजनों के लिए, उच्चतम उपयोगी सम्पिडित्र अनुपात (HUCR) से आप क्या समझते हैं और इसका महत्व भी बताइये।

Explain what do you mean by Highest Useful Compression Ratio (HUCR) for S.I. engines and also state its importance. 10

खण्ड—ब

SECTION—B

Q. 5(a) स्वचलित प्रसार वाल्व की तुलना में ताप स्थापीय वाल्व की उपयुक्तता को तर्क देकर उचित ठहराइये।

Justify the suitability of thermostatic expansion valve in comparison to automatic expansion valve. 10

Q. 5(b) आई.सी. इंजन में रफ्तार की सीमा के साथ, वायु आवेश, वायु उपभोग, बलआघूर्ण एवं यांत्रिक दक्षता कैसे परिवर्तित होती है, साफ चित्र के साथ समझाइये।

Explain with a neat sketch, how air charge, air consumption, torque and mechanical efficiency vary with the range of speed in I.C. engines. 10

Q. 5(c) (i) एक भाप शक्ति संयत्र रेन्को चक्र पर स्थिर भाप तापक्रम पर कार्य करता है। सम्पिडक दाब 25, 50 एवं 75 mm पारा (Hg) एवं भाप प्रवेश दाब 20 से 160 bar तक परिवर्तित होता है। निष्पादन वक्र के साथ कारण सहित समझाइये तापीय दक्षता कैसे परिवर्तित होगी।

A steam power plant, working on Rankine cycle has constant steam temperature. The condenser pressures are 25, 50 and 75 mm of Hg and inlet steam pressure varies from 20 to 160 bar. Explain with the help of performance curve and reason how the thermal efficiency will vary.

(ii) नोजल की दक्षता को कौन-कौन से कारक प्रभावित करते हैं ?

Which are the factors effecting Nozzle efficiency ? 6+4

Q. 5(d) एक गोल वाहिनी में, जो अनुप्रस्थकाट में अचानक सिकुड़ जाती है, हवा प्रवाहित होती है। प्रवाह का चित्र बनाइये और उस पर उन बिन्दुओं को दर्शाइये जहां विक्षुब्ध प्रवाह होगा और गतिज ह्रास गुणांक की परिकलन कीजिये। संकुचन गुणांक 0.62 मान लें।

Air flows in a circular duct which suddenly contracts in the cross sectional area. Draw the flow sketch and locate the points on the sketch where turbulent flow will occur and calculate the dynamic loss co-efficient. Take the co-efficient of contraction as 0.62. 10

Q. 5(e) ओरसेट उपकरण (Orsat Apparatus) क्या है ? ओरसेट उपकरण का साफ चित्र बनाइये ओर उसकी कार्यप्रणाली की व्याख्या कीजिये।

What is an Orsat apparatus ? Draw a neat diagram of Orsat apparatus and explain its functioning. 10

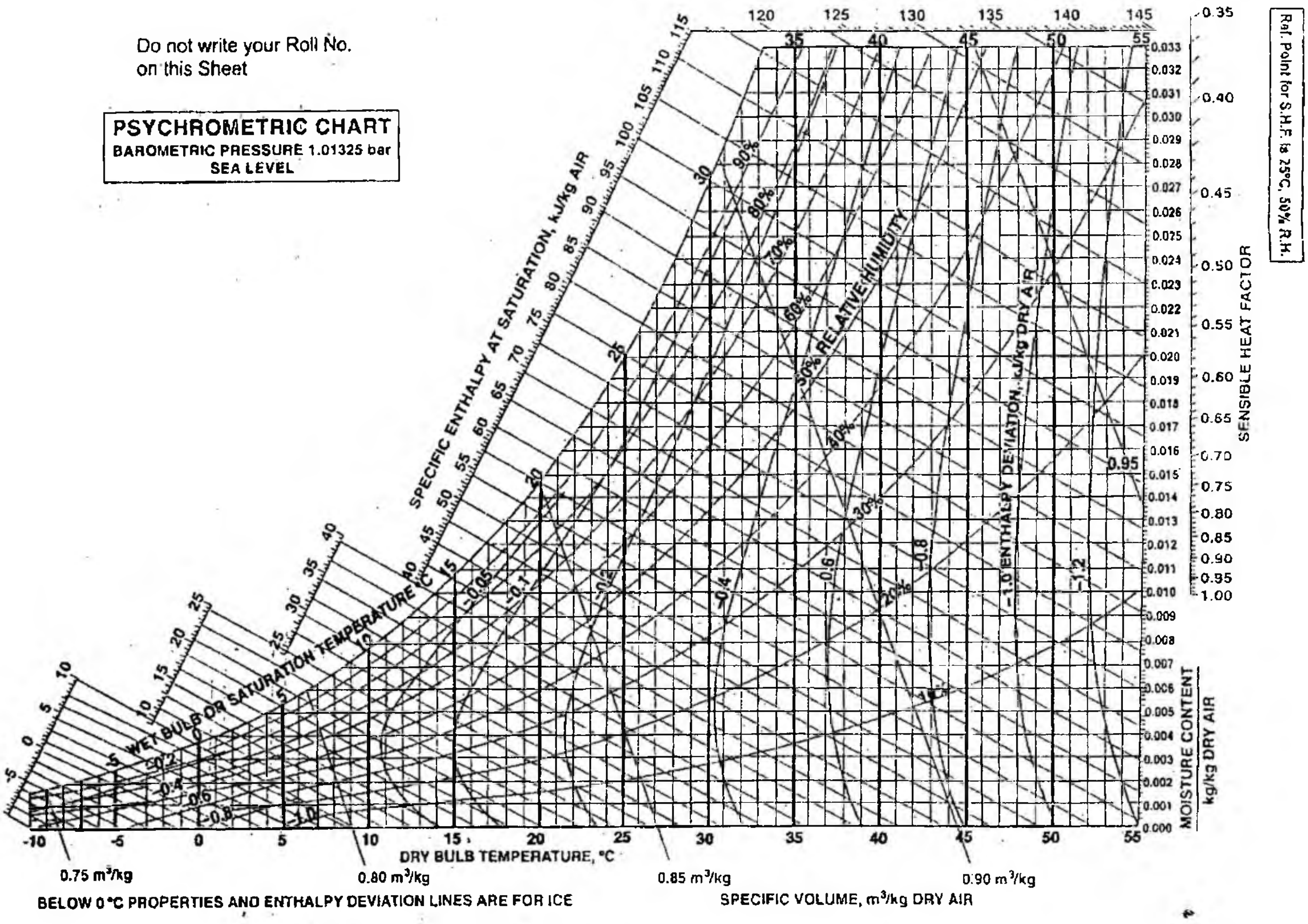
Q. 6(a) एक अपरिवर्ती शुष्कक को वायुमंडलीय हवा 30°C और 101.325 kPa, 40% आपेक्षिक आर्द्रता पर प्रथम स्थिर दबाव पर 110°C तापक्रम तक गर्म किया जाता है। इसके पश्चात् गर्म हवा शुष्कक में रखे सुखाने वाले पदार्थ पर प्रवाहित की जाती है और हवा शुष्कक 70°C तापमान पर 0.5 आपेक्षिक आर्द्रता पर निर्गम करती है। पदार्थ से 60 kg/min आर्द्रता (Moisture) हटाई जानी है, आवश्यक शुष्क हवा की

दर kg/min और हवा को, उष्मा अतंरण की दर जब वह गर्म करने वाली इकाई में से गुजरती है, ज्ञात कीजिये। $h_{g\,110^\circ C}^{1\,bar} = 2696.12$ kJ/kg लिजिये।

In a drier operating at steady state atmospheric air at 30°C and 101.325 kPa with a relative humidity of 40% is first heated to 110°C at constant pressure. The heated air is then allowed to pass over the material to be dried and the air leaves the drier at 70°C with a relative humidity of 0.5. If it is required to remove 60 kg/min of moisture from the material, determine the mass flow rate of dry air required in kg/min and the rate of heat transfer to the air as it passes through the heating unit. Use $h_{g\,110^\circ C}^{1\,bar} = 2696.12$ kJ/kg.

20

Do not write your Roll No. on this Sheet



Q. 6(b) एक 50% प्रतिक्रिया भाप टरबाइन में ब्लेडिंग के प्रवेश एवं निर्गम के कोण क्रमशः 35° एवं 20° हैं। एक स्थिति में घूमने की गति 1500 rpm है, रिंग का माध्य व्यास 0.67 m एवं भाप की अवस्था 1.5 bar 0.96 शुष्क (dry) है। प्राक्कलन कीजिये (i) 3.6 kg/s भाप प्रवाहित करने के लिए आवश्यक ब्लेडिंग (Blading) की ऊँचाई (ii) रिंग द्वारा उत्पादित शक्ति (Power)।

1.5 bar दबाव पर $v_f = 0.001052 \frac{m^3}{kg}$ और $v_{fg} = 1.15937 \frac{m^3}{kg}$ मानिये।

The angles at inlet and discharge of the blading of a 50% reaction steam turbine are 35° and 20° respectively. The speed of rotation is 1500 rpm and at a particular stage, the mean ring diameter is 0.67 m, and the steam condition is 1.5 bar, 0.96 dry. Estimate (i) the required height of blading to pass 3.6 kg/s of steam, and (ii) the power developed by the ring.

Assume, at 1.5 bar pressure, $v_f = 0.001052 \frac{m^3}{kg}$ and $v_{fg} = 1.15937 \frac{m^3}{kg}$. 20

Q. 6(c) प्रशीतित मशीन में सम्पिडक के क्या प्रकार्य होते हैं ? विभिन्न सम्पिडकों के प्रकार के नाम लिखिये। साफ चित्र की सहायता से वाष्पनिक (Evaporative) सम्पिडक का वर्णन कीजिये।

What are the functions of condenser in a refrigerating machine ? Name different types of condensers. Describe with neat sketch the evaporative condenser. 10

Q. 7(a) एक प्रशीतक मशीन जिसकी निर्धारित क्षमता 40 टन प्रशीतन है, सम्पिडक एवं वाष्पिक के कार्यशील तापमान क्रमशः 42° एवं 6°C के मध्य वातानुकूलन के लिए कार्य करती है। प्रशीतक सम्पिडक के अन्त में शुष्क संतृप्त (dry saturated) है। संयंत्र की क्षमता, शक्ति एवं सम्पिडक एवं संघनित्र की क्षमता ज्ञात कीजिये।

प्रशीतक के गुण

Temp. (°C)	दाब बार	एन्थाल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रापी (kJ/kg-K)		आयतन (m^3/kg)
		h_f	h_g	s_f	s_g	
42	1.957	249.7	410.7	1.125	1.6712	0.6975
6	0.5160	—	407.15	1.018	1.687	0.04035
−32	0.0875	—	390.85	0.9178	1.715	0.1665

यदि वाष्पित्र (evaporator's) का तापमान घटाकर −32°C कर दिया जाए, तो संयंत्र की क्षमता, शक्ति और सम्पिडक एवं संघनित्र की क्षमता पर क्या प्रभाव पड़ेगा ?

A refrigerating machine, rated to produce 40 tons of refrigeration, is used for air conditioning between the operative temperatures of 42° and 6°C of condenser and evaporator respectively. The refrigerant is dry saturated at the end of compressor. Find the capacity of the plant, power and capacities of compressor and condenser.

Properties of refrigerant

Temp. (°C)	Pressure bar	Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/kg-K)		Volume (m^3/kg)
		h_f	h_g	s_f	s_g	
42	1.957	249.7	410.7	1.125	1.6712	0.6975
6	0.5160	—	407.15	1.018	1.687	0.04035
–32	0.0875	—	390.85	0.9178	1.715	0.1665

If the evaporator's temperature is reduced to –32°C, what will be effect on capacity of plant, power and capacities of compressor and condenser ? 20

Q. 7(b) एस.आई. इंजिन में सामान्य एवं असामान्य ज्वलन में अन्तर बताइये। तीन मुख्य अपस्टोन (Knock) नियंत्रित प्राचल मापदंड लिखिये एवं इंजन डिज़ाइन में इनके उपयोग की व्याख्या कीजिये।

Differentiate between normal and abnormal combustion in SI engines. List out the three major knock limited parameters and explain its use in the engine design. 10

Q. 7(c) एक अभिसारी-अपसारी तुंड में 5 bar पर शुष्क-संतृप्त भाप 100 m/s वेग पर प्रवेश करती है। निर्गम दाब 1.5 bar है। कंठ एवं बहिर्गम क्षेत्रफल क्रमश: 1280 mm^2 एवं 1600 mm^2 है। कंठ तक समएन्ट्रोपी प्रवाह मानते हुए एवं कांत्रिक (Critical) दाब अनुपात 0.58, मात्रा प्रवाह की दर ज्ञात कीजिये। यदि नोजल की दक्षता 0.973 हो तो बहिर्गम पर भाप की दशा शुष्कता गुणांक (dryness fraction) ज्ञात कीजिये। क्रिया को T-s एवं h-s चित्रों पर बताइये।

भाप के गुण

P (bar)	एन्थाल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रापी (kJ/kg K)		आयतन (m^3/kg)	
	h_f	h_{fg}	s_f	s_{fg}	v_f	v_{fg}
5.0	640.23	2108.5	1.8607	4.9606	0.00109	0.3708
2.9	556	2168	1.660	5.344	0.00107	0.6253
1.5	467.11	2226.5	1.4336	5.7897	0.00105	1.158

Dry saturated steam at 5 bar enters a convergent-divergent nozzle at a velocity of 100 m/s. The exit pressure is 1.5 bar. The throat and exit areas are 1280 mm^2 and 1600 mm^2 respectively. Assuming isentropic flow upto the throat and taking the critical

pressure ratio as 0.58, estimate the mass flow rate. If the nozzle efficiency is 0.973, determine the exit condition of steam dryness fraction. Show the process on T-s and h-s diagrams.

Properties of Steam

P (bar)	Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/kg K)		Volume (m^3/kg)	
	h_f	h_{fg}	s_f	s_{fg}	v_f	v_{fg}
5.0	640.23	2108.5	1.8607	4.9606	0.00109	0.3708
2.9	556	2168	1.660	5.344	0.00107	0.6253
1.5	467.11	2226.5	1.4336	5.7897	0.00105	1.158

20

Q. 8(a) एक सहउत्पादक संयंत्र में शक्तिभार 5.6 MW एवं तापन भार 1.163 MW है। भाप 40 bar एवं 500°C पर उत्पादित होकर समएन्ट्रोपी विधि से टरबाईन में संघनित्र में 0.6 bar तक प्रसार होती है। उष्मीय भार टरबाइन से 2.0 bar पर भाप निचोड़ करके प्रदाय किया जाता है, जो प्रोसेसर (Processor) साधन में 2.0 bar पर संतृप्त द्रव में द्रवित होती है। परिकलन कीजिये (i) बायलर की भाप उत्पादक क्षमता kg/hr में, (ii) बायलर में दी गई उष्मा kW में, (iii) बायलर में जलने वाले ईंधन की दर t/h में, यदि जलाने वाले कोयले की तापीय उष्मा 25 MJ/kg एवं बायलर दक्षता 88 है, (iv) संघनित्र को छोड़ी गई उष्मा, (v) संघनित्र में शीतल जल की प्रवाह की दर, यदि जल के तापक्रम में वृद्धि 6°C है, पम्प कार्य नगण्य है। T-s चित्र बनाइये।

भाप के 40 bar 500°C पर गुण : $v = 0.08643$ m^3/kg, $h = 3445.3$ kJ/kg, $s = 7.0901$ kJ/kgK.

P_{sat} (bar)	आयतन (m^3/kg)		एन्थाल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रापी (kJ/kg K)	
	v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
2.0	0.00106	0.8857	520.72	2712.1	1.5706	7.0878
0.06	0.00101	25.22	149.79	2565.79	0.520	8.335

In a cogeneration plant, the power load is 5.6 MW and the heating load is 1.163 MW. Steam is generated at 40 bar and 500°C and is expanded isentropically through a turbine to a condenser at 0.06 bar. The heating load is supplied by extracting steam from the turbine at 2.0 bar, which is condensed in the processor device to saturated liquid at 2.0 bar and then pumped back to the boiler. Compute, (i) the steam generation capacity of the boiler in kg/hr, (ii) the heat input to the boiler in kW, (iii) the fuel burning rate of the boiler in t/h, if a coal of calorific value 25 MJ/kg is burned and the boiler efficiency is

88 , (iv) the heat rejected to the condenser (v) the rate of flow of cooling water in the condenser if the temperature rise of water is 6°C. Neglect pump works. Draw the T-s diagram. Properties of steam : At 40 bar 500°C.

$v = 0.08643\ m^3/kg$, $h = 3445.3\ kJ/kg$, $s = 7.0901\ kJ/kgK$.

P_{sat} (bar)	Volume (m^3/kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/kg K)	
	v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
2.0	0.00106	0.8857	520.72	2712.1	1.5706	7.0878
0.06	0.00101	25.22	149.79	2565.79	0.520	8.335

20

Q. 8(b) इंजिन के निम्नलिखित पुरज़ों के स्नेहन की चित्र की सहायता से व्याख्या कीजिये :

(i) मुख्य बियरिंग

(ii) सिलेन्डर एवं कनेक्टिंग रॉड की छोटे सिरे की बियरिंग

(iii) क्रेन्क एवं गजन पिन।

Discuss the lubrication of the following engine parts with the help of neat sketches :

(i) Main bearings

(ii) Cylinder and small end bearing of connecting rod

(iii) Crank and Gudgeon pin. 15

Q. 8(c) जल नली बायलरों में, प्रभरण जल से भाप उत्पादन तक विभिन्न अवस्थाओं में उष्मा किस प्रकार अवशोषित होती है, चित्र सहित व्याख्या कीजिये।

Explain with a sketch how heat is absorbed at various stages from feed water to steam generation in water tube boilers. 15

CS (MAIN) Exam:2016

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 $(150+30)/2 = 90\ °\text{C}$ है, पर वायु के निम्नलिखित भौतिक गुणधर्मों को इस्तेमाल कीजिये :

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

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

$\text{Nu} = 0 \cdot 332\ \text{Re}^{1/2}\ \text{Pr}^{1/3}$, 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 $(150+30)/2 = 90\ °\text{C}$:

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

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

$\text{Nu} = 0 \cdot 332\ \text{Re}^{1/2}\ \text{Pr}^{1/3}$ 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) काब्यूरेटर 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 $\text{Pr} = 5 \cdot 83$]

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 $\text{Pr} = 5 \cdot 83$]

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 $PV^{1.3}$= 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 :

$P = 0\cdot08$ bar एवं $T_{sat} = 41$ °C पर, $h_f = 173\cdot88$ kJ/kg, $s_f = 0\cdot5926$ kJ/kg K,
$h_{fg} = 2403\cdot1$ kJ/kg, $s_{fg} = 7\cdot6361$ 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 $P = 0\cdot08$ bar and $T_{sat} = 41$ °C, $h_f = 173\cdot88$ kJ/kg,
$s_f = 0\cdot5926$ kJ/kg K, $h_{fg} = 2403\cdot1$ kJ/kg, $s_{fg} = 7\cdot6361$ kJ/kg K

20

★★★

CS (MAIN) Exam : 2017

वियोज्य *DETACHABLE*

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र II)

MECHANICAL ENGINEERING (Paper II)

समय : तीन घण्टे	*अधिकतम अंक : 250*
Time Allowed : Three Hours	*Maximum Marks : 250*

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें ।

दो खंडों 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 (क्यू.सी.ए.) 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 ।

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) एक अच्छी तरह से ऊष्मारोधी दृढ़ टैंक दो समान भागों में विभाजित हुआ है। प्रारंभ में एक भाग में 4 kg आदर्श गैस 800 kPa और 50°C पर है, जबकि दूसरा भाग निर्वातित है। अब बीच का विभाजन हटा दिया जाता है और गैस पूरे टैंक में फैल जाती है। टैंक में अंतिम तापमान और दाब का निर्धारण कीजिए।

An insulated rigid tank is divided into two equal parts by a partition. Initially, one part contains 4 kg of an ideal gas at 800 kPa and 50°C, while the other part is evacuated. The partition is now removed and the gas expands into the entire tank. Determine the final temperature and pressure in the tank. 10

1.(b) संतृप्त वाष्प सम्पीडन प्रशीतन चक्र के सभी प्रक्रमों को *p-v*, *t-s* और *p-h* आरेख पर दर्शायें और *t-s* आरेख पर प्रशीतन प्रभाव, संघनित्र से निष्कासित ऊष्मा और संपीडक कार्य को दर्शायें।

Show processes of saturated vapour compression refrigeration cycle on *p-v*, *t-s* and *p-h* diagram and mark graphically on *t-s* diagram refrigerating effect, heat rejection by condenser and compressor work. 10

1.(c) विकिरणीय ऊष्मा विनिमय के सम्बंध में आकृति गुणांक शेप फेक्टर क्या होता है ? चार आधारिक आकृति गुणांक नियमों का विवेचन कीजिए।

What is the shape factor in case of radiative heat exchange ? Discuss the four (4) basic shape factor laws. 10

1.(d) 4-आघात द्रुतक्रिय और निम्नक्रिय एस.आई. अंतर्दहन इंजन वाल्व काल समंजन आरेख बनाइए।

Draw valve timing diagrams of 4-stroke high speed and low speed SI internal combustion engine. 10

1.(e) भाप की गुणता को परिभाषित करें और उसके विशिष्ट आयतन के व्यंजक को भाप की गुणता के रूप में व्युत्पन्न करें। $v = v_f + xv_{fg}$

Define steam, quality and derive expression for specific volume of steam in terms of steam quality. $v = v_f + xv_{fg}$ 10

2.(a) एक गैस टरबाईन के सम्पीडक (कम्प्रेसर) और टरबाईन की दक्षताएं क्रमशः 70% और 71% हैं। दहन कक्ष में प्रति किलो हवा में 476·35 kJ/kg ऊष्मा प्रदान की गई है। एक उचित दाब अनुपात ढूंढें, ताकि कार्य का अनुपात 0·054 रहे। इसके साथ संगत तापमान अनुपात को भी निकालें। प्रवेश वायु का कुल तापमान 300 K है।

The efficiencies of the compressor and turbine of a gas turbine are 70% and 71%, respectively. The heat added in the combustion chamber per kg of air is 476·35 kJ/kg. Find a suitable pressure ratio such that the work ratio is 0·054. Also find the corresponding temperature ratio. The inlet total temperature of air is 300 K. 20

2.(b) एक फ्लू गैस का तापमान थर्मोकपल से नापना है । मापित तापमान का यथार्थतः पूर्वानुमान लगाने के लिए, समय अनुक्रिया के संदर्भ में, थर्मोकपल डिज़ाइन का मूल्यांकन करना आवश्यक है । थर्मोकपल के जोड को 0·6 mm के व्यास का गोलक माना जा सकता है जिसके द्रव्य का घनत्व $\rho = 8500$ kg/m^3, ऊष्मा चालकता k = 30 W/m-K और विशिष्ट ऊष्मा 0·3 kJ/kg-K है । जोड़ और पर्यावरण के बीच संबहनी ऊष्मा अंतरण गुणांक (h) 300 W/m^2-K है । प्रारंभिक तापमान अंतराल का 90% नापने के लिए कितना वक्त लगेगा ? विकिरण में ऊष्मा हानि और तापीय भौतिक गुणधर्म तापमान के साथ बदलना नज़र अंदाज कीजिए ।

A flue gas stream is to be monitored for its temperature using a thermocouple. The thermocouple design needs to be evaluated in terms of its time response to accurately predict the measured temperature. The thermocouple junction can be approximated as a sphere of diameter 0·6 mm, density of the bead material (ρ) 8500 kg/m^3, thermal conductivity (k) is 30 W/m-K; specific heat (c) is 0·3 kJ/kg-K. The convective heat transfer coefficient (h) between the junction and flue gas is 300 W/m^2-K. Determine the time required to read 90% of the initial temperature difference. Neglect radiation effect and change in thermophysical properties with temperature. 20

2.(c) विभिन्न प्रकारों के बॉयलरों को वर्गीकृत करें और बॉयलर चयन के लिये आवश्यक घटकों का विवेचन करें ।

Classify different types of boilers and discuss factors important for the boiler selection. 10

3.(a) हृदय शल्यक्रिया करते समय, हायपोथर्मीक स्थिति में, रोगी का रक्त शल्यक्रिया के पहले ठंडा किया जाता है और फिर गर्म किया जाता है । इसके लिए 0·5 m लंबाई की समकेन्द्रित प्रतिवाह ऊष्मा विनिमयित्र नली का उपयोग किया गया है जिसकी अंदर की पतली दीवार वाली नली का व्यास 55 mm है । 18°C तापमान और 0·01 kg/s के प्रवाह के रक्त को गर्म करने के लिये 60°C तापमान का 0·1 kg/s प्रवाह का पानी प्रयोग किया है । ऊष्मा विनिमयित्र से बाहर निकलने वाले खून का तापमान ज्ञात कीजिए ।

मानिए समग्र ऊष्मा अंतरण गुणांक (U) = 500 W/m^2-K, रक्त की विशिष्ट ऊष्मा $C_{P_{blood}}$ = 3·5 kJ/kg-K, पानी की विशिष्ट ऊष्मा $C_{P_{water}}$ = 4·187 kJ/kg-K

In an open heart surgery, under hypothermic conditions, the patient's blood is cooled before surgery and rewarmed afterwards. It is proposed that a concentric tube counterflow heat exchanger of length 0·5 m is to be used for this purpose, with a thin walled inner tube having diameter of 55 mm. If water at 60°C and 0·1 kg/s is used to heat the blood entering the heat exchanger at 18°C at a flow rate of 0·01 kg/s, what is the temperature of the blood leaving the heat exchanger ?

One may assume, overall heat transfer coefficient (U) = 500 W/m^2-K, specific heat of blood and water are respectively $C_{P_{blood}}$ = 3·5 kJ/kg-K, $C_{P_{water}}$ = 4·187 kJ/kg-K. 20

3.(b) एकल सिलिंडर 4-स्ट्रोक पेट्रोल इंजन 20% संपूर्ण दक्षता के साथ 100 KW शक्ति उत्पन्न कर रहा है। इंजन का ईंधन-वायु अनुपात 0·07 : 1 है। अगर हवा की घनता 1·2 kg/m^3 है, तो कितने m^3/hr की आवश्यकता होगी ? वाष्पीकृत ईंधन की घनता हवा से 4 गुना ज्यादा है तो ईंधन-वायु के मिश्रण का कितने m^3/hr जरूरी है ? ईंधन का कैलोरी मान 42000 kJ/kg है।

A single cylinder 4 stroke SI engine is producing 100 KW power at an overall efficiency of 20%. Engine uses a fuel-air ratio of 0·07 : 1. Determine how many m^3/hr of air is used if air density is 1·2 kg/m^3. The fuel vapour density is 4 times that of air. How many m^3/hr of mixture is required ? Calorific value of fuel is 42000 kJ/kg. 20

3.(c) एक ऑटोमोबाइल टायर में दाब टायर में हवा के तापमान पर निर्भर करता है। जब हवा का तापमान 25°C होता है, तो दाब मापक 210 kPa बताता है। अगर टायर का आयतन 0·025 m^3 है, तो निर्धारण करें कि टायर में कितना दाब बढ़ेगा, जब टायर में हवा का तापमान 50°C तक बढ़ जाए। साथ ही, इस तापमान पर अपने मूल मान के दाब को बहाल करने के लिए वायु की मात्रा का निर्धारण करें। मान लीजिए कि वायुमंडलीय दाब 100 kPa और वायु का गैस नियतांक R = 0·287 kPa m^3/kg-K है।

The pressure in an automobile tyre depends on the temperature of the air in the tyre. When the air temperature is 25°C, the pressure gauge reads 210 kPa. If the volume of the tyre is 0·025 m^3, determine the pressure rise in the tyre when the air temperature in the tyre rises to 50°C. Also, determine the amount of air that must be bled off to restore pressure to its original value at this temperature. Assume the atmospheric pressure is 100 kPa and gas constant of air, R = 0·287 kPa m^3/kg-K. 10

4.(a) एक 6-सिलिंडर 4-स्ट्रोक डीज़ल इंजन का बोर 60 mm है और क्रैंक त्रिज्यां 32 mm है। इंजन का सम्पीडन अनुपात (कम्प्रेशन रेसियो) 9 : 1 और इंजन आयतनी दक्षता (वोल्यूमेट्रिक एफिसेंसी) 90% है।

निर्धारण कीजिए :

(i) स्ट्रोक की लंबाई
(ii) 1000 rpm पर पिस्टन की माध्य गति
(iii) प्रति सिलिंडर स्वेप्ट आयतन
(iv) प्रति सिलिंडर क्लीयरेन्स आयतन
(v) इंजन की क्यूबिक क्षमता
(vi) हरेक सिलिंडर में प्रतिस्ट्रोक हवा का वास्तविक आयतन

A six cylinder 4-stroke diesel engine has a bore of 60 mm and a crank radius of 32 mm. The compression ratio is 9 : 1 and engine volumetric efficiency is 90%.

Determine :

(i) Stroke length
(ii) Mean piston speed at 1000 rpm
(iii) Swept volume per cylinder
(iv) Clearance volume per cylinder
(v) Cubic capacity of the engine
(vi) Actual volume of air aspirated per stroke in each cylinder 20

4.(b) एक अक्षीय प्रवाह पंखे के रोटर का व्यास 30 cm है । यह 1470 आरपीएम पर चलता है । प्रवेश और निर्गम पर वेग त्रिभुज के बारे में निम्न आँकड़ों द्वारा बताया गया है :

परिधीय वेग के घटक निरपेक्ष वेग के रूप में प्रवेश और निर्गत पर निम्न हैं :

$$C_{y_1} = \frac{1}{3}u, \; C_{y_2} = \frac{2}{3}u$$ हैं जहाँ $C =$ द्रव वेग, $u =$ परिधीय रफ़्तार

(i) रोटर के प्रवेश और निर्गत पर वेग त्रिभुज का रेखाचित्र बनाइए और सिद्ध कीजिए कि $W_c = \frac{1}{3}u^2$

(ii) दाब उत्थान का परिकलन कीजिए, वायु का नियत घनत्व लीजिए, $\rho = 1{\cdot}25 \text{ kg/m}^3$ ।

The rotor of an axial flow fan has a mean diameter of 30 cm. It runs at 1470 rpm. Its velocity triangles at entry and exit are described by the following data :

Peripheral velocity components of the absolute velocities at entry and exit are :

$$C_{y_1} = \frac{1}{3}u, \; C_{y_2} = \frac{2}{3}u$$ where, C = fluid velocity, u = peripheral speed

(i) Draw the inlet and exit velocity triangles for the rotor and prove that the work is given by $W_c = \frac{1}{3}u^2$

(ii) Calculate the pressure rise, take a constant density of air, $\rho = 1{\cdot}25 \text{ kg/m}^3$. 20

4.(c) नली में से स्तरीय प्रवाह के लिए (i) स्थिर दीवार तापमान के संदर्भ में (ii) स्थिर ऊष्मा अभिवाह के संदर्भ में "ऊष्मीयतः विकसित जोन" क्या होता है, सुस्पष्ट कीजिए ।

Explain clearly what is "thermally developed zone" in case laminar flow through a tube both for (i) constant wall temperature case (ii) constant heat flux case. 10

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5.(a) 'अभिलंब' और 'तिर्यक्' प्रघात में क्या अंतर है । दोनों के महत्व का कथन कीजिए ।

What is the difference between 'normal' and 'oblique' shock ? State the significance of each. 10

5.(b) R-12 व R-22 प्रशीतक द्रव्य के हानिकारक प्रभावों को स्पष्ट करें । उनका रासायनिक सूत्र तथा सामान्य क्वथनांक तापमान भी लिखें । साथ ही इन दोनों प्रशीतकों के स्थान पर काम आने वाले नये पर्यावरण हितैषी प्रतिस्थापी भी सुझाइए ।

Explain harmful effects of R-12 and R-22 refrigerant. Write their chemical formula and NBP temperature. Also suggest new ecofriendly substitutes of these two with chemical composition. 10

5.(c) ठोस ईंधन के कैलोरिफिक मान के प्रायोगिक निर्धारण को स्वच्छ चित्र के द्वारा समझाते हुए, विवेचन करें।

Discuss experimental determination of calorific value of solid fuel with a neat diagram. 10

5.(d) पेट्रोल इंजन का वायु-ईंधन अनुपात शून्य भार से लेकर पूर्ण भार क्षमता की स्थिति तक बदलता रहता है। नीचे दी गई परिस्थितियों में इंजन के लिए वायु-ईंधन अनुपात आवश्यकताएं, कारण सहित, लिखिए :

(i) निष्कार्य दशा

(ii) प्रसम (cruising) दशा

(iii) उच्च भार दशा

(iv) अतप्त प्रवर्तन दशा

The air-fuel ratio of an SI engine varies from no-load to full load condition. Write air-fuel ratio requirement for an engine under following conditions with reason :

(i) Idling condition

(ii) Cruising condition

(iii) High load condition

(iv) Cold-start condition 10

5.(e) ईंधन के एक नमूने में भार के अनुसार निम्नलिखित प्रतिशतता विश्लेषण पाया गया :
कार्बन 80; हाइड्रोजन 16; और राख आदि 4। इस ईंधन के 1 kg के दहन हेतु आवश्यक वायु का न्यूनतम भार व आयतन निर्धारित कीजिए। आक्सीजन का घनत्व 1·429 कि.ग्रा./मी^{3} है।

A sample of fuel was found to have the following percentage analysis by weight : C 80; H_2 16; and ash etc. 4. Determine the minimum weight and volume of air required to burn 1 kg of this fuel. Density of O_2 is 1·429 kg/m^3. 10

6.(a) एक चरण वाले एक चक्र के वाष्प सम्पीडन प्रशीतन तंत्र में प्रशीतक R-134a का उपयोग किया गया है। संघनित्र और वाष्पनित्र के तापमान 35°C तथा –10°C हैं और प्रशीतक को 5°C से अवशीतल किया गया है। प्रति स्वैप्ट आयतन पर क्लियरेन्स आयतन 0·03 है। और स्वैप्ट आयतन 269·4 सेमी^{3} है। सम्पीडक की गति व दक्षता क्रमशः 2800 rpm और 80% है। विस्तार सूचकांक 1·12 है। निर्धारण करें (i) सम्पीडक का निर्गम तापमान (ii) सम्पीडक के निर्गम पर प्रशीतक की एन्थालपि (iii) अवशीतलक के निर्गम पर एन्थालपि (iv) सम्पीडक की आयतनी दक्षता तथा (v) प्रशीतक की द्रव्यमान प्रवाह दर। वाष्प व द्रव्य की विशिष्ट ऊष्मा संघनित्र के दबाव पर क्रमशः 1·1 kJ/kg-K तथा 1·458 kJ/kg-K है। चूषण वाष्प को शुष्क संतृप्त और सम्पीडन को सम एन्ट्रोपी मान लें।

सारणी : प्रशीतक R-134a के गुणधर्म

Table : Properties of Refrigerant R-134a

दाब Pressure (bar)	t°C	V_g, (m^3/kg)	एन्थालपि Enthalpy (kJ/kg)		एन्ट्रोपी Entropy (kJ/kg-K)	
			h_f	h_g	S_f	S_g
2·104	–10	0·0994	186·7	392·4	0·9512	1·733
8·870	35	–	249·1	417·6	1·1680	1·715

A single stage, single acting vapour compression refrigeration system uses R-134a. Condenser and evaporator temperatures are 35°C and –10°C and refrigerant is undercooled by 5°C. Clearance volume per swept volume is 0·03 and swept volume is 269·4 cm^3. Compressor speed and efficiency are 2800 rpm and 80% respectively. Expansion index is 1·12. Determine (i) Compressor exit temperature (ii) Enthalpy of refrigerant at compressor exit (iii) Enthalpy at the exit of the subcooler (iv) Volumetric efficiency of compressor (v) Refrigerant mass flow rate. Specific heat of vapour and liquid at condenser pressure are 1·1 kJ/kg-K and 1·458 kJ/kg-K respectively. Assume suction vapour dry saturated and isentropic compression. 20

6.(b) (i) निम्नलिखित की व्याख्या करें (I) पश्च दाब टॅरबाइन (II) बाई-प्रोडक्ट शक्ति चक्र (III) सह-उत्पादक संयंत्र (IV) त्रिउत्पादक संयंत्र ।

(ii) रैंकिन चक्र पर आधारित एक शक्ति संयंत्र की निम्न दक्षताएं परिभाषित करें — सम्पूर्ण दक्षता, बॉयलर की दक्षता, चक्र की दक्षता, यांत्रिक दक्षता और रैंकिन चक्र पर आधारित जेनरेटर की दक्षता । और इसके साथ निम्न को सिद्ध कीजिए :

$$\eta_{overall} = \eta_{boiler} \times \eta_{cycle} \times \eta_{mechanical} \times \eta_{generator}$$

(i) Explain about (I) back pressure turbine (II) by-product power cycle (III) co-generation plant (IV) tri-generation plant. 10

(ii) Define overall efficiency, boiler efficiency, cycle efficiency, mechanical efficiency and generator efficiency of a Rankine cycle based power plant and also prove that :

$$\eta_{overall} = \eta_{boiler} \times \eta_{cycle} \times \eta_{mechanical} \times \eta_{generator}$$ 10

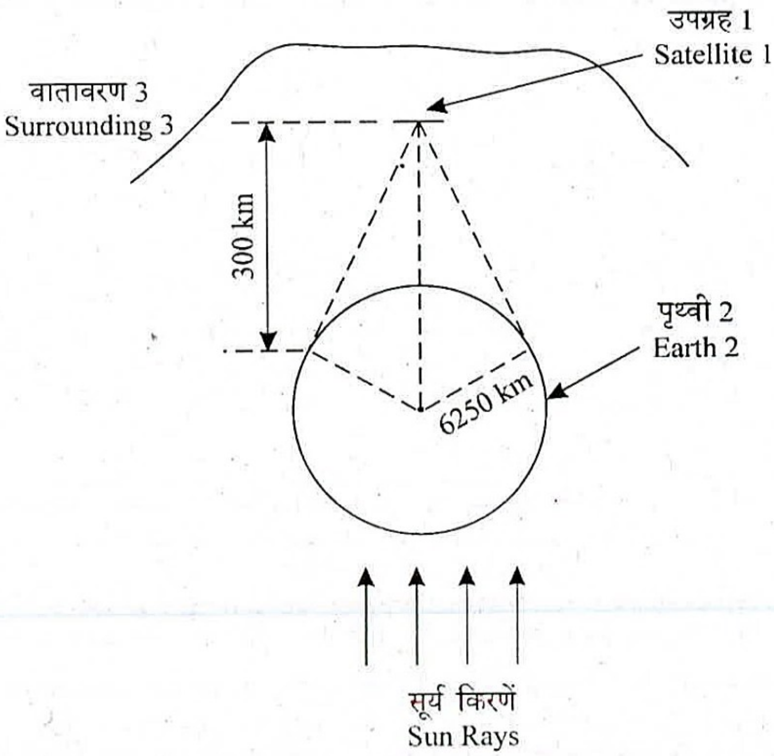
6.(c) एक पराध्वनिक पवन सुरंग स्थिरण कक्ष परीक्षण अनुभाग में 10 बार से 4 बार के दाब से नोज़ल के माध्यम से हवा का विस्तार करता है । परीक्षण खंड में 500 m/s की गति प्राप्त करने के लिए स्थिरण कक्ष में आवश्यक ठहराव तापमान का परिकलन कीजिए । $C_{P,\,air} = 1{\cdot}025$ kJ/kg-K और $C_{V,\,air} = 0{\cdot}735$ kJ/kg-K लें ।

A supersonic wind tunnel settling chamber expands air through a nozzle from a pressure of 10 bar to 4 bar in the test section. Calculate the stagnation temperature to be maintained in the settling chamber to obtain a velocity of 500 m/s in the test section. Take $C_{P,\,air} = 1{\cdot}025$ kJ/kg-K and $C_{V,\,air} = 0{\cdot}735$ kJ/kg-K. 10

7.(a) एक आवेग टरबाइन में एक पंक्ति के चक्के का उपयोग किया गया है और उसके ब्लैड का माध्य व्यास 105 सेमी है और गति 3000 आरपिएम है । नोज़ल कोण 18° है, ब्लैड की गति और भाप की गति का अनुपात 0·42 है, तथा ब्लैड के निर्गम पर आपेक्षिक वेग और प्रवेश पर आपेक्षिक वेग का अनुपात 0·84 है । ब्लैड का निर्गम कोण प्रवेश कोण से 3° कम है । भाप की प्रवाह दर 8 किग्रा/सैकण्ड है । ब्लैडों के लिए वेग आरेख बनाइये तथा निम्नलिखित का प्राक्कलन कीजिए (i) ब्लैड पर परिणामी प्रणोद (ii) ब्लैड पर स्पर्शीय प्रणोद (iii) ब्लैड पर अक्षीय प्रणोद (iv) ब्लैडस में उत्पन्न शक्ति और (v) ब्लैड दक्षता ।

The mean diameter of the blades of an impulse turbine with a single row wheel is 105 cm and the speed is 3000 rpm. The nozzle angle is 18°, the ratio of blade speed to steam speed is 0·42 and the ratio of the relative velocity at outlet from the blades to that at inlet is 0·84. The outlet angle of the blade is to be made 3° less than the inlet angle. The steam flow is 8 kg per sec. Draw the velocity diagram for the blades and estimate the (i) resultant thrust on the blades (ii) tangential thrust on the blades (iii) axial-thrust on the blades (iv) power developed in blades and (v) blade efficiency. 20

7.(b)



एक छोटा डिस्क की आकृति का उपग्रह जिसका व्यास 1 मीटर है, पृथ्वी (व्यास 6250 km) से पृष्ठ से 300 km की दूरी पर चक्कर काट रहा है। डिस्क का समतल पृष्ठ पृथ्वी की सतह पर स्पर्शीय है। उपग्रह के सतह की उत्सर्जकता 0·3 और तापमान –18°C है। उपग्रह से ऊष्मा की अन्तरण की निवल दर का परिकलन कीजिए।

मान लीजिए :

(i) पृथ्वी एक कृष्णिका है और औसत पृथ्वी पृष्ठ तापमान 27°C है।

(ii) उपग्रह भू-छाया में है।

(iii) उपग्रह के पर्यावरण का जो भाग, जो पृथ्वी का भाग नहीं है, वह कृष्णिका है और तापमान 0 K है।

(iv) स्टीफन बोल्टसमन गुणांक $(\sigma) = 5{\cdot}67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2{\cdot}\text{K}^4$।

A small disc-shaped earth satellite, 1 m in diameter circles the earth (radius 6250 km) at a distance of 300 km from the surface. The flat surface of the disc is oriented tangential to the earth's surface. The satellite surface has an emissivity of 0·3 and is at –18°C. Calculate the net rate at which energy is leaving the satellite.

Assume that :

(i) The average earth surface temperature is 27°C and the earth is black body.

(ii) The satellite is in shadow of the earth and

(iii) The part of the satellite surrounding not occupied by the earth is black and at 0 K.

(iv) Stefan-Boltzmann constant $(\sigma) = 5{\cdot}67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2{\cdot}\text{K}^4$. 20

7.(c) संवातन (वैन्टिलेशन) और अंत:स्यंदन (इनफिल्ट्रेशन) के बीच स्पष्टतया विभेदन कीजिए। इनफिल्ट्रेड वायु का प्राक्कलन करने की विधियों की विवेचना करें।

Differentiate clearly between ventilation and infiltration. Discuss the methods of estimation of infiltrated air. 10

8.(a) एक एकल सिलिंडर 4-स्ट्रोक डीज़ल इंजन के परीक्षण में निम्नलिखित आंकड़े पाये गये :

परीक्षण अवधि = 1 hr

बोर × स्ट्रोक = 0·3 m × 0·45 m

ईंधन खपत = 11·4 kg

ईंधन का कैलोरी मान = 42 MJ/kg

सूचित माध्य प्रभावी दाब = 6 bar

ब्रेक पर निवल भार = 1500 N

इंजन आर.पी.एम. = 300 rpm

ब्रेक ड्रम व्यास = 1·8 m

ब्रेक रज्जु व्यास = 20 mm

जैकेट शीतन जल की मात्रा = 600 kg

शीतन जल में ताप वृद्धि = 55°C

निकासी की मापित मात्रा = 290 kg

निकासी गैस का तापमान = 420°C

निकासी गैस की विशिष्ट ऊष्मा = 1·03 kJ/kg-K

परिवेश तापमान = 20°C

मालूम कीजिए :

(i) सूचित शक्ति

(ii) ब्रेक शक्ति

(iii) सूचित ऊष्मीय दक्षता

(iv) एक ऊर्जा तुलनपत्र बनाइए

The engine test on a single cylinder four stroke diesel engine has following observations :

Test duration = 1 hr

Bore × Stroke = 0·3 m × 0·45 m

Fuel consumption = 11·4 kg

Calorific value of fuel = 42 MJ/kg

Indicated mean effective pressure = 6 bar

Net load on brake = 1500 N

Engine rpm = 300 rpm

Brake drum diameter = 1·8 m

Brake rope diameter = 20 mm

Quantity of the jacket cooling water = 600 kg

Temperature rise of cooling water = 55°C

Quantity of exhaust measured = 290 kg

Exhaust gas temperature = 420°C

Specific heat of exhaust gas = 1·03 kJ/kg-K

Ambient temperature = 20°C

Estimate :

(i) The indicated power

(ii) The brake power

(iii) The indicated thermal efficiency

(iv) Draw up an energy balance sheet 20

8.(b) एक वातानुकूलन संयंत्र में वायु हैंडलिंग एकक कुल मिलाकर 4000 m^3/min शुष्क वायु की पूर्ति करता है, जिसमें द्रव्यमान के अनुसार 20% ताजा हवा 39°C DBT और 26°C WBT पर है तथा 80% पुनः परिसंचरित हवा 24°C DBT और 50% RH पर है। वायु शीतन कुंडली (कूलिंग कॉएल) से 12°C पर संतृप्त अवस्था में बाहर निकलती है। साइक्रोमेट्रिक चार्ट का उपयोग करते हुए (i) कुल शीतन भार और (ii) कक्ष में ऊष्मालब्धि का परिकलन कीजिए। प्रक्रम को साइक्रोमेट्रिक चार्ट पर भी दर्शाएं।

In an air-conditioning plant, an air handling unit supplies a total of 4000 m^3/min of dry air which comprises by mass 20% of fresh air at 39°C DBT and 26°C WBT and 80% re-circulated air at 24°C DBT and 50% RH. The air leaves the cooling coil at 12°C saturated. Using Psychrometric chart calculate (i) Total cooling load and (ii) Room heat gain. Also show the process on Psychrometric chart. 20

8.(c) लौग माध्य ताप अंतर (एल.एम.टी.डी.) विधि का इस्तेमाल करते हुए प्रतिवाह विनिमायक के विश्लेषण के लिए अभिगृहीतों को लिखिए। अंतस्थ तापमान की मदद से, प्रति प्रवाह ऊष्मा विनिमयित्र में एल.एम.टी.डी. के लिए व्यंजक लिखिए।

Write down the assumptions to analyze a counterflow heat exchanger using LMTD (Log mean temperature difference) method and also write down the expression for LMTD in a counterflow heat exchanger with the help of terminal temperatures. 10

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 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 have 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

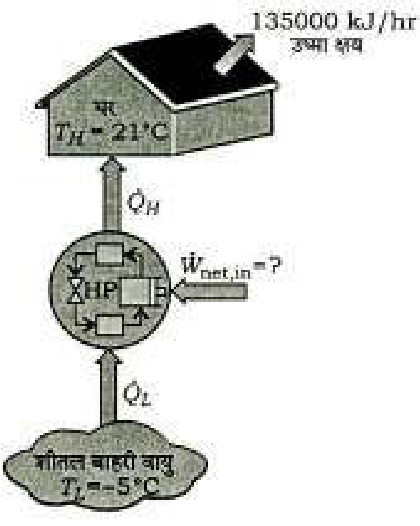
1. (a) एक कक्षा की प्रदीपन आवश्यकताओं की पूर्ति 30 प्रतिदीप्ति लैंपों से की जाती है, जिनमें से प्रत्येक की बिजली की खपत 80 W है। कक्षा में बत्तियाँ प्रति दिन 12 घंटे और साल में 250 दिन जली रहती हैं। बिजली के प्रति kWh के ₹ 7 की लागत के आधार पर इस कक्षा के प्रदीपन की वार्षिक बिजली लागत का निर्धारण कीजिए।

The lighting needs of a classroom are met by 30 fluorescent lamps, each consuming 80 W of electricity. The lights in the classroom are kept on for 12 hours a day and 250 days during a year. For a unit electricity cost of ₹ 7 per kWh, determine the annual energy cost of lighting for this classroom. 10

(b) एक समतल दीवार, 0·2 m मोटी और $k = 1{\cdot}2$ W/m-K, के सतह का क्षेत्रफल 15 m^2 है। दीवार की बाईं और दाईं तरफ क्रमशः 120 °C और 50 °C का तापमान बनाए रखा जाता है। ऊष्मा चालन के आधारिक अवकल समीकरण का उपयोग करते हुए दीवार में तापमान परिवर्तन और बाईं तरफ से 0·13 m की दूरी पर तापमान का परिकलन कीजिए। साथ ही दीवार में से स्थायी दशा की अवस्था में चालन की दर भी ज्ञात कीजिए।

A plane wall of thickness 0·2 m and $k = 1{\cdot}2$ W/m-K has a surface area of 15 m^2. The left and right sides of the wall are maintained at 120 °C and 50 °C respectively. Using the basic differential equation for heat conduction, determine the variation of temperature within the wall and the temperature at 0·13 m from the left. Also find the rate of conduction through the wall under steady-state conditions. 10

(c) सर्दी में एक घर को गरम करने के लिए एक ऊष्मा पम्प का उपयोग किया जाना है, जैसा कि चित्र 1 में दर्शाया गया है। पूरे समय घर को 21 °C पर रखा जाना है। जब बाहर का तापमान −5 °C तक घट जाता है, तब घर में से ऊष्मा के क्षय की अनुमानित दर 135000 kJ/hr है। ऊष्मा पम्प को चलाने हेतु आवश्यक अधिकतम शक्ति का निर्धारण कीजिए :



चित्र 1

A heat pump is to be used to heat a house during the winter as shown in Fig. 1. The house is to be maintained at 21 °C at all times. The house is estimated to be losing heat at a rate of 135000 kJ/hr when the outside temperature drops to −5 °C. Determine the maximum power required to drive this heat pump :

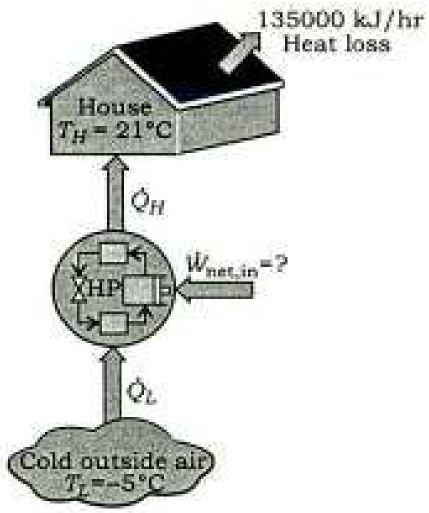


Fig. 1 10

(d) प्रज्वलन विलम्ब अवधि के संबंध में भौतिक विलम्ब एवं रासायनिक विलम्ब में विभेदन कीजिए। प्रज्वलन विलम्ब अवधि को प्रभावित करने वाले महत्त्वपूर्ण इंजन प्राचलों पर भी चर्चा कीजिए।

Differentiate between physical delay and chemical delay with respect to ignition delay period. Also discuss the important engine parameters that affect the ignition delay period. 10

(e) वायुमंडलीय दाब पर 20 °C की वायु 4·5 m/s के वेग से तेज अग्र कोर वाली चपटी प्लेट पर से प्रवाहित होती है। सम्पूर्ण प्लेट की सतह 60 °C तापमान पर रखी गई है। क्रान्तिक रेनॉल्ड्स संख्या 5×10^5 पर संक्रमण मानते हुए अग्र कोर से वह दूरी ज्ञात कीजिए, जहाँ पर सीमांत परत स्तरीय से विक्षुब्ध बनती है। साथ ही इसी स्थान पर *(i)* द्रवगतिक तथा तापीय सीमांत परत की मोटाई एवं *(ii)* स्थानिक तथा औसत संवहनी ऊष्मा अंतरण गुणांक का परिकलन कीजिए। इसमें घन वेग प्रोफाइल तथा सन्निकट विधि मानना ठीक है। 40 °C के माध्य तापमान पर वायु के गुणधर्म निम्न हैं :

घनत्व $= 1 \cdot 128 \text{ kg/m}^3$

शुद्धगतिक श्यानता $16 \cdot 96 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 0 \cdot 02755 \text{ W/m-K}$

$\text{Pr} = 0 \cdot 7$

Air at 20 °C and at atmospheric pressure flows at a velocity of 4·5 m/s past a flat plate with a sharp leading edge. The entire plate surface is maintained at a temperature of 60 °C. Assuming that the transition occurs at a critical Reynolds' number 5×10^5, find the distance from the leading edge at which the boundary layer changes from laminar to turbulent. At this location, also calculate *(i)* thicknesses of hydrodynamic and thermal boundary layers and *(ii)* local and average convective heat transfer coefficients. Assume cubic velocity profile and approximate method. At mean temperature of 40 °C, the properties of air are the following :

Density $= 1 \cdot 128 \text{ kg/m}^3$

Kinematic viscosity $= 16 \cdot 96 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 0 \cdot 02755 \text{ W/m-K}$

$\text{Pr} = 0 \cdot 7$ 10

2. *(a)* एक दृढ़ टैंक में 10 kg पानी 90 °C पर रखा गया है। यदि इसमें 8 kg पानी द्रव के रूप में तथा बचा हुआ वाष्प के रूप में हो, तो *(i)* टैंक में दाब तथा *(ii)* टैंक के आयतन का निर्धारण कीजिए। नीचे दी गई सारणी 1 से संतृप्त पानी के गुणधर्मों से संबद्ध आँकड़ों का उपयोग परिकलन हेतु कीजिए :

सारणी 1 : *संतृप्त पानी के गुणधर्म*

		विशिष्ट आयतन (m^3/kg)		आन्तरिक ऊर्जा (kJ/kg)			एन्थैल्पी (kJ/kg)			एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K)		
तापमान, T (°C)	संतृप्त दाब, P_{sat} (kPa)	संतृप्त द्रव, v_f	संतृप्त वाष्प, v_g	संतृप्त द्रव, u_f	वाष्पन, u_{fg}	संतृप्त वाष्प, u_g	संतृप्त द्रव, h_f	वाष्पन, h_{fg}	संतृप्त वाष्प, h_g	संतृप्त द्रव, s_f	वाष्पन, s_{fg}	संतृप्त वाष्प, s_g
75	38·597	0·001026	4·1291	313·99	2161·3	2475·3	314·03	2320·6	2634·6	1·0158	6·6655	7·6812
80	47·416	0·001029	3·4053	334·97	2146·6	2481·6	335·02	2308·0	2643·0	1·0756	6·5355	7·6111
85	57·868	0·001032	2·8261	355·96	2131·9	2487·8	356·02	2295·3	2651·4	1·1346	6·4089	7·5435
90	70·183	0·001036	2·3593	376·97	2117·0	2494·0	377·04	2282·5	2659·6	1·1929	6·2853	7·4782
95	84·609	0·001040	1·9808	398·00	2102·0	2500·1	398·09	2269·6	2667·6	1·2504	6·1647	7·4151
100	101·42	0·001043	1·6720	419·06	2087·0	2506·0	419·17	2256·4	2675·6	1·3072	6·0470	7·3542

A rigid tank contains 10 kg of water at 90 °C. If 8 kg of water is in the liquid form and the rest is in the vapour form, determine *(i)* the pressure in the tank and *(ii)* the volume of the tank. Use the relevant data from the saturated water properties (Table 1) provided below for the calculations :

Table 1 : *Saturated Water Properties*

		Specific Volume (m^3/kg)		*Internal Energy* (kJ/kg)			*Enthalpy* (kJ/kg)			*Entropy* (kJ/kg-K)		
Temp., T (°C)	*Sat. press.*, P_{sat} (kPa)	*Sat. liquid*, v_f	*Sat. vapour*, v_g	*Sat. liquid*, u_f	*Evap.*, u_{fg}	*Sat. vapour*, u_g	*Sat. liquid*, h_f	*Evap.*, h_{fg}	*Sat. vapour*, h_g	*Sat. liquid*, s_f	*Evap.*, s_{fg}	*Sat. vapour*, s_g
75	38·597	0·001026	4·1291	313·99	2161·3	2475·3	314·03	2320·6	2634·6	1·0158	6·6655	7·6812
80	47·416	0·001029	3·4053	334·97	2146·6	2481·6	335·02	2308·0	2643·0	1·0756	6·5355	7·6111
85	57·868	0·001032	2·8261	355·96	2131·9	2487·8	356·02	2295·3	2651·4	1·1346	6·4089	7·5435
90	70·183	0·001036	2·3593	376·97	2117·0	2494·0	377·04	2282·5	2659·6	1·1929	6·2853	7·4782
95	84·609	0·001040	1·9808	398·00	2102·0	2500·1	398·09	2269·6	2667·6	1·2504	6·1647	7·4151
100	101·42	0·001043	1·6720	419·06	2087·0	2506·0	419·17	2256·4	2675·6	1·3072	6·0470	7·3542

20

(b) रेनॉल्ड्स-कोलबर्न अनुरूपता क्या है? कोलबर्न के *j*-कारक से आप क्या समझते हैं?

What is Reynolds-Colburn analogy? What do you mean by Colburn's *j*-factor? 20

(c) इंजन के विभिन्न शीतक तंत्र कौन-से होते हैं? साथ ही अंतर्दहन इंजन के स्नेहक तंत्रों के महत्त्वपूर्ण प्रकार्यों की भी चर्चा कीजिए।

What are the different engine cooling systems? Also, mention the important functions performed by the lubrication systems of internal combustion engine. 10

3. (a) एक ऊष्मा इंजन, जो कि आदर्श ओटो चक्र पर कार्य करता है, का संपीडन अनुपात 6 है। संपीडन स्ट्रोक के शुरू में तापमान व दाब क्रमशः 27 °C और 1 bar हैं। दहन स्ट्रोक में ऊष्मा संयोजन 1170 kJ/kg है। निम्नलिखित प्राचलों को निकालिए :

(i) चक्र का उच्चतम तापमान

(ii) चक्र का उच्चतम दाब

(iii) प्रति कि॰ ग्रा॰ वायु का कार्य निर्गम

(iv) चक्र की वायु मानक दक्षता

वायु के निम्न मानों को काम में लीजिए :

$C_v = 0{\cdot}717$ kJ/kg-K और $\gamma = 1{\cdot}4$

A heat engine working on ideal Otto cycle has a compression ratio 6. The temperature and pressure at the start of the compression stroke are 27 °C and 1 bar respectively. Heat addition in combustion stroke is 1170 kJ/kg. Find out the following parameters :

(i) Maximum temperature of the cycle

(ii) Maximum pressure of the cycle

(iii) Work output per kg of air

(iv) Air standard efficiency of the cycle

Assume the following values for air :

$C_v = 0{\cdot}717$ kJ/kg-K and $\gamma = 1{\cdot}4$ 20

(b) जाँच के अधीन एक अपकेन्द्री संपीडक ने निम्न आँकड़े दिए :

चाल = 11500 r.p.m.
प्रवेश पर कुल तापोच्चता = 21 °C
निर्गम तथा प्रवेश पर कुल दाबोच्चता = 4 bar, 1 bar

यदि इम्पेलर का व्यास 75 cm हो और स्लिप गुणक 0·92 हो, तो संपीडक की दक्षता क्या होगी?

A centrifugal compressor under test gave the following data :

Speed = 11500 r.p.m.
Inlet total head temperature = 21 °C
Outlet and inlet total head pressure = 4 bar, 1 bar

If the impeller diameter is 75 cm and slip factor is 0·92, what is the compressor efficiency? 20

(c) 5 cm व्यास के यूरेनियम ($k = 29{\cdot}5$ W/m-K) की छड़ों में $7{\cdot}5 \times 10^7$ W/m^3 की एकसमान दर से ऊष्मा उत्पन्न होती है। छड़ के चारों तरफ स्थित वलय में शीतक जल को 120 °C पर 55 kW/m^2-K के ऊष्मा अंतरण गुणांक के साथ परिसंचरित किया जाता है। ईंधन छड़ों का अधिकतम तापमान ज्ञात कीजिए।

Heat is generated uniformly in uranium ($k = 29{\cdot}5$ W/m-K) rods of 5 cm diameter at the rate of $7{\cdot}5 \times 10^7$ W/m^3. Cooling water at 120 °C is circulated in the annulus around the rods with heat transfer coefficient of 55 kW/m^2-K. Find the maximum temperature of the fuel rods. 10

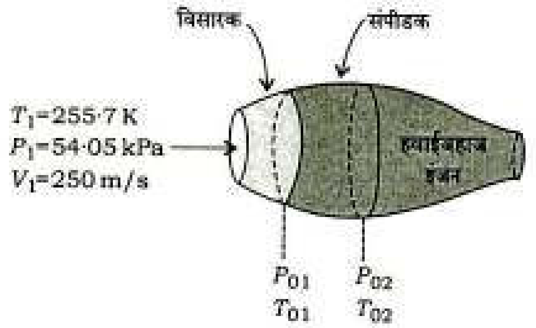
4. *(a)* एक प्रतिवाह ऊष्मा विनिमयित्र में पानी ($C_p = 4{\cdot}187$ kJ/kg-K) को 1·4 kg/s की दर से, 40 °C से 70 °C तक, तेल ($C_p = 1{\cdot}9$ kJ/kg-K) की सहायता से, जो कि 110 °C पर प्रवेश करता है और 60 °C पर बाहर निकलता है, गर्म किया जाता है। आवश्यक पृष्ठ क्षेत्रफल का परिकलन कीजिए, जबकि समग्र ऊष्मा अंतरण गुणांक 350 W/m^2-K है। अंतर्गम पर द्रव का तापमान और तेल की प्रवाह दर वही लेते हुए तेल के निकास पर तापमान का परिकलन कीजिए। जब पानी के प्रवाह की दर आधी कर दी जाती है, तब तेल व पानी का निकास पर तापमान और ऊष्मा अंतरण की दर का भी परिकलन कीजिए।

Water ($C_p = 4{\cdot}187$ kJ/kg-K) is heated at the rate of 1·4 kg/s from 40 °C to 70 °C by an oil ($C_p = 1{\cdot}9$ kJ/kg-K) entering at 110 °C and leaving at 60 °C in a counterflow heat exchanger. If the overall heat transfer coefficient is 350 W/m^2-K, calculate the surface area required. Using the same entering fluid temperature and the same oil flow rate, calculate the exit temperature of oil. Also calculate the exit temperatures of oil and water and the rate of heat transfer, when the water flow rate is halved. 20

(b) एक हवाईजहाज 5000 m ऊँचाई पर प्रसम चाल 250 m/s से उड़ रहा है, जहाँ वायुमंडलीय दाब 54·05 kPa तथा परिवेश का तापमान 255·7 K है। संपीडक में प्रवेश करने से पहले परिवेशी वायु को पहले विसारक (डिफ्यूज़र) में वित्वरित किया गया (चित्र 2 देखिए)। विसारक तथा संपीडक दोनों को समएन्ट्रॉपी मानते हुए निम्न का निर्धारण कीजिए :

(i) संपीडक के प्रवेश पर स्तब्ध दाब

(ii) यदि संपीडक में स्तब्ध दाब का अनुपात 8 है, तो संपीडक के लिए आवश्यक कार्य प्रति इकाई द्रव्यमान



चित्र 2

An aircraft is flying at a cruising speed of 250 m/s at an altitude of 5000 m, where the atmospheric pressure is 54·05 kPa and the ambient air temperature is 255·7 K. The ambient air is first decelerated in a diffuser before it enters the compressor (see Fig. 2). Approximating both the diffuser and the compressor to be isentropic, determine the following :

(i) The stagnation pressure at the compressor inlet

(ii) The required compressor work per unit mass, if the stagnation pressure ratio of the compressor is 8

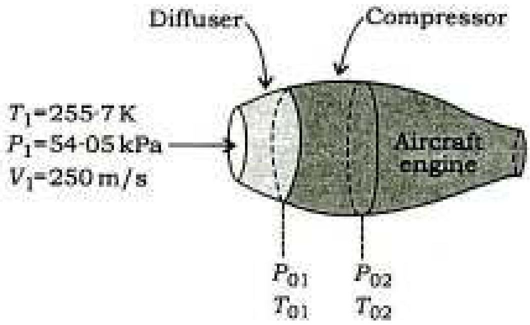


Fig. 2 20

(c) एक गोलीय संघनित्र, जिसका व्यास 320 mm है, में द्रवित वायु को संग्रहित किया जाता है जिसका –153 °C पर कथन हो रहा है। एक कमरे में 27 °C पर पात्र को एक संकेंद्री गोलीय कोश, जिसका व्यास 360 mm है, घेरे हुए है। दो गोलों के बीच के स्थान का शून्यीकरण कर दिया गया है। गोलों की सतहों को एल्यूमिनियम, जिसकी उत्सर्जकता 0·03 है, से सपाट कर दिया गया है। द्रवित वायु के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 210 kJ/kg लेते हुए द्रवित वायु के वाष्पन की दर ज्ञात कीजिए।

Liquid air boiling at –153 °C is stored in a spherical condenser of diameter 320 mm. The container is surrounded by a concentric spherical shell of diameter 360 mm in a room at 27 °C. The space between the two spheres is evacuated. The surfaces of the spheres are flushed with aluminium of emissivity 0·03. Taking the latent heat of vaporization of liquid air as 210 kJ/kg, find the rate of evaporation of liquid air. 10

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* एस० आइ० एवं सी० आइ० इंजनों के ईंधन की रेटिंग कैसे की जाती है? संक्षेप में व्याख्या कीजिए।

How are the ratings of the SI and CI engine fuels done? Explain in brief. 10

(b) वाष्प शक्ति संयंत्र में कार्यकारी तरल के वांछनीय अभिलक्षणों को बताइए।

Mention the desirable characteristics of the working fluid in a steam power plant. 10

(c) प्रशीतन में इस्तेमाल किए जाने वाले विभिन्न प्रकार के संपीडकों को संक्षेप में समझाइए।

Explain briefly the different types of compressors used in refrigeration. 10

(d) वाष्प शक्ति संयंत्र का एक प्रारूपिक अभिविन्यास बनाइए।

Make a typical layout of steam power plant. 10

(e) मानव आराम तथा प्रभावी तापमान क्या होता है? आर्द्रतामापी चार्ट पर आराम क्षेत्र का रेखाचित्र बनाइए।

What are human comfort and effective temperature? Sketch comfort zone on psychrometric chart. 10

6. *(a)* एक आवेग टरबाइन के संगत आँकड़े निम्नलिखित हैं :

ब्लेड की चाल = 300 m/s
नोजल में समएन्ट्रॉपी एन्थैल्पी की गिरावट = 450 kJ/kg
नोजल की दक्षता = 0·9
नोजल का कोण = 20°
ब्लेड का वेग गुणांक = 0·85
ब्लेड का निर्गम कोण = 25°

वेग आरेखों को बनाइए और 1 kg/s की द्रव्यमान प्रवाह दर के लिए निम्नलिखित का परिकलन कीजिए :

(i) चल ब्लेड का प्रवेश कोण

(ii) अक्षीय प्रणोद

(iii) चके पर चालन बल

(iv) आरेख शक्ति (डाइग्राम पावर)

(v) घर्षण के कारण ब्लेडों में ऊर्जा का क्षय

The data pertaining to an impulse turbine are as follows :

Blade speed = 300 m/s
Isentropic enthalpy drop in nozzles = 450 kJ/kg
Nozzle efficiency = 0·9
Nozzle angle = 20°
Blade velocity coefficient = 0·85
Blade exit angle = 25°

Sketch the velocity diagrams and calculate for a mass flow rate of 1 kg/s the following :

(i) The inlet angle of moving blade

(ii) The axial thrust

(iii) The driving force on the wheel

(iv) The diagram power

(v) The energy lost in the blades due to friction 20

(b) एक प्रयोगशाला जाँच में साइक्रोमीटर द्वारा शुष्क-बल्ब तापमान तथा आर्द्र-बल्ब तापमान क्रमशः 35 °C तथा 28 °C दर्शाए गए। *(i)* वाष्प का दाब, *(ii)* आपेक्षिक आर्द्रता, *(iii)* विशिष्ट आर्द्रता, *(iv)* हवा में वाष्प का घनत्व, *(v)* ओसांक बिन्दु का तापमान और *(vi)* मिश्रण की एन्थैल्पी का परिकलन कीजिए। बैरोमीटर का दाब 1·01325 bar है। साइक्रोमेट्रिक चार्ट का उपयोग नहीं करना है। पानी के वाष्प का संतृप्ति दाब 35 °C और 28 °C पर क्रमशः 0·05628 bar तथा 0·03782 bar है। पानी के वाष्प का आंशिक दाब पर संतृप्ति तापमान 25·6 °C है।

In a laboratory test, a psychrometer recorded dry-bulb temperature as 35 °C and wet-bulb temperature as 28 °C. Calculate *(i)* vapour pressure, *(ii)* relative humidity, *(iii)* specific humidity, *(iv)* vapour density in air, *(v)* dew point temperature and *(vi)* enthalpy of mixture. Barometric pressure is 1·01325 bar. Do not use psychrometric chart. Saturation pressures of water vapour at 35 °C and 28 °C are 0·05628 bar and 0·03782 bar respectively. Saturation temperature at partial pressure of water vapour is 25·6 °C. 20

(c) सी० आइ० इंजनों के प्रत्यक्ष अंतःक्षेपण व अप्रत्यक्ष अंतःक्षेपण दहन कक्षों में क्या अन्तर होता है? सी० आइ० इंजनों के किन्हीं दो प्रकार के दहन कक्षों के आरेख बनाइए एवं नामांकित कीजिए।

What is the difference between direct injection and indirect injection type combustion chambers of CI engines? Make labelled diagrams of any two types of combustion chambers used in CI engines. 10

7. *(a)* एक चार-स्ट्रोक डीज़ल इंजन के इंजन परीक्षण के दौरान निम्न प्रेक्षण प्राप्त हुए :

बेलनों (सिलेंडरों) की संख्या = 4
पिस्टन का व्यास = 10 cm
स्ट्रोक की लम्बाई = 15 cm
सूचित माध्य प्रभावी दाब = 0·67 MPa
चाल = 2000 r.p.m.
विस्फोटों की संख्या = 980/minute
ब्रेक बल-आघूर्ण = 181·5 N-m
ईंधन की खपत = 11·89 kg/hr
ईंधन का कैलोरी मान = 41800 kJ/kg
सापेक्ष दक्षता (ब्रेक शक्ति के आधार पर) = 0·5
जैकेट शीतक जल की मात्रा = 1020 kg/hr
शीतक जल के तापमान की वृद्धि = 35 °C
शीतक जल की विशिष्ट ऊष्मा = 4·18 kJ/kg-K

उपर्युक्त प्रेक्षणों के आधार पर निम्नलिखित इंजन प्राचलों को ज्ञात कीजिए :

(i) यांत्रिक दक्षता

(ii) ब्रेक तापीय दक्षता

(iii) वायु मानक दक्षता

(iv) ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत

(v) जैकेट शीतक जल का प्रतिशत ऊष्मा क्षय

During an engine trial of a four-stroke diesel engine, the following observations were recorded :

No. of cylinders = 4
Diameter of piston = 10 cm
Stroke length = 15 cm
Indicated mean effective pressure = 0·67 MPa
Speed = 2000 r.p.m.
No. of explosions = 980 per minute
Brake torque = 181·5 N-m
Fuel consumption = 11·89 kg/hr
Calorific value of fuel = 41800 kJ/kg
Relative efficiency (on brake power basis) = 0·5
Quantity of jacket cooling water = 1020 kg/hr
Rise in temperature of cooling water = 35 °C
Specific heat of cooling water = 4·18 kJ/kg-K

Based on the above observations, find out the following engine parameters :

(i) Mechanical efficiency

(ii) Brake thermal efficiency

(iii) Air standard efficiency

(iv) Brake specific fuel consumption

(v) Percent heat loss to jacket cooling water 20

(b) *(i)* एक अभिसारी-अपसारी तुंड (नोजल) में पश्च दाब के परिवर्तन का द्रव्यमान प्रवाह दर तथा दाब वितरण पर क्या प्रभाव होगा, विवेचन कीजिए।

Discuss the effect of variation of back pressure on mass flow rate and pressure distribution in a convergent-divergent nozzle.

(ii) तुंडों (नोजलों) में भाप के अतिसंतृप्त प्रवाह से आप क्या अर्थ निकालते हैं?

What do you mean by supersaturated flow of steam in nozzles? 20

(c) ग्रीष्म वातानुकूलन तंत्र का एक स्वच्छ चित्र बनाइए और इसके प्रक्रम को साइक्रोमेट्रिक चार्ट पर दर्शाइए।

Draw a neat sketch of summer air-conditioning system and show the process on psychrometric chart. 10

8\. (a) फ्रिऑन-12 पर आधारित एक प्रशीतित्र (रेफ्रिजरेटर) में ठंडक प्रभाव 20 kJ/s है और यह सरल चक्र पर काम करता है, जिसमें दाब की सीमाएँ 1·509 bar और 9·607 bar हैं। वाष्प, वाष्पित्र से शुष्क संतृप्त अवस्था में बाहर निकलती है और प्रशीतक को अवशीतल नहीं किया गया है। इस यंत्र के लिए आवश्यक शक्ति का निर्धारण कीजिए। यदि संपीडक 300 r.p.m. पर कार्य करता है और उसका क्लियरेन्स आयतन, स्ट्रोक आयतन का 3% हो, तो संपीडक के पिस्टन का विस्थापन ज्ञात कीजिए। संपीडक में विस्तार का नियम $PV^{1.13}$ = नियत मानना है। संघनित्र के दाब पर वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा 0·747 kJ/kg-K है :

सारणी : प्रशीतक R-12 के गुणधर्म

दाब (bar)	t (°C)	v_g (m^3/kg)	एन्थैल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K),
			h_f	h_g	s_g
1·509	−20	0·1088	54·23	178·61	0·7082
9·607	40	—	74·53	203·05	0·682

A Freon-12 refrigerator producing a cooling effect of 20 kJ/s operates on a simple cycle with pressure limits of 1·509 bar and 9·607 bar. The vapour leaves the evaporator dry saturated and there is no undercooling. Determine the power required by the machine. If the compressor operates at 300 r.p.m. and has a clearance volume of 3% of stroke volume, determine the piston displacement of the compressor. For compressor, assume that the expansion is following the law $PV^{1.13}$ = constant. Specific heat of vapour at condenser pressure is 0·747 kJ/kg-K :

Table : *Properties of Refrigerant* R-12

Pressure (bar)	t (°C)	v_g (m^3/kg)	*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* (kJ/kg-K),
			h_f	h_g	s_g
1·509	−20	0·1088	54·23	178·61	0·7082
9·607	40	—	74·53	203·05	0·682

20

(b) व्याख्या कीजिए कि कैसे आदर्श पुनर्योजी चक्र, कार्नो चक्र की दक्षता को प्राप्त कर सकता है। साथ ही कारण भी बताइए कि आदर्श पुनर्योजी चक्र व्यवहार में क्यों नहीं प्राप्त किया जा सकता है।

Explain how the ideal regenerative cycle may approach to Carnot cycle efficiency. Also, mention the reason as why ideal regenerative cycle cannot be achieved in practice. 20

(c) प्रायोगिक NH_3-जलवाष्प अवशोषण प्रशीतन तंत्र की कार्यप्रणाली को रेखाचित्र की सहायता से समझाइए।

Explain the working of practical NH_3-water vapour absorption refrigeration system with a diagram. 10

* * *

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)* 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

(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

(d) एक भट्टी की दीवार 200 mm की उच्चतापसह ईंट (k = 1·52 W/m-K) की भीतरी सतह, 8 mm मोटी स्टील प्लेट (k = 45 W/m-K) तथा 100 mm मोटी ऊष्मारोधी ईंट (k = 0·138 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 = 1·52 W/m-K), 8 mm thick steel plate (k = 45 W/m-K) and outer layer of 100 mm thick insulation brick (k = 0·138 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 $\overline{\text{Nu}} = 7 + 0 \cdot 025 (\text{Pe})^{0 \cdot 8}$ है, जहाँ Pe पिकलेट संख्या है, $\text{Pe} = \text{Pr} \cdot \text{Re}$. 25 °C पर पारे के गुणधर्म निम्न हैं :

$\rho = 13582 \text{ kg/m}^3$

$C_P = 140 \text{ J/kg-K}$

$k = 8 \cdot 69 \text{ W/m-K}$

$\nu = 1 \cdot 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

$\text{Pr} = 0 \cdot 0248$

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 $\overline{\text{Nu}} = 7 + 0 \cdot 025 (\text{Pe})^{0 \cdot 8}$, where Pe is Peclet number, $\text{Pe} = \text{Pr} \cdot \text{Re}$. The properties of mercury at 25 °C are as follows :

$\rho = 13582 \text{ kg/m}^3$

$C_P = 140 \text{ J/kg-K}$

$k = 8 \cdot 69 \text{ W/m-K}$

$\nu = 1 \cdot 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

$\text{Pr} = 0 \cdot 0248$ 10

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

(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

(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

$$-8\ °C \text{ पर } h_{fg} = 204{\cdot}59 \text{ kJ/kg}$$

$$20\ °C \text{ पर } h_{fg} = 180{\cdot}33 \text{ kJ/kg}$$

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

$$h_{fg} \text{ at } -8\ °C = 204{\cdot}59 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{fg} \text{ at } 20\ °C = 180{\cdot}33 \text{ kJ/kg}$$

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

(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।

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

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) एस० आइ० 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

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।

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

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 :

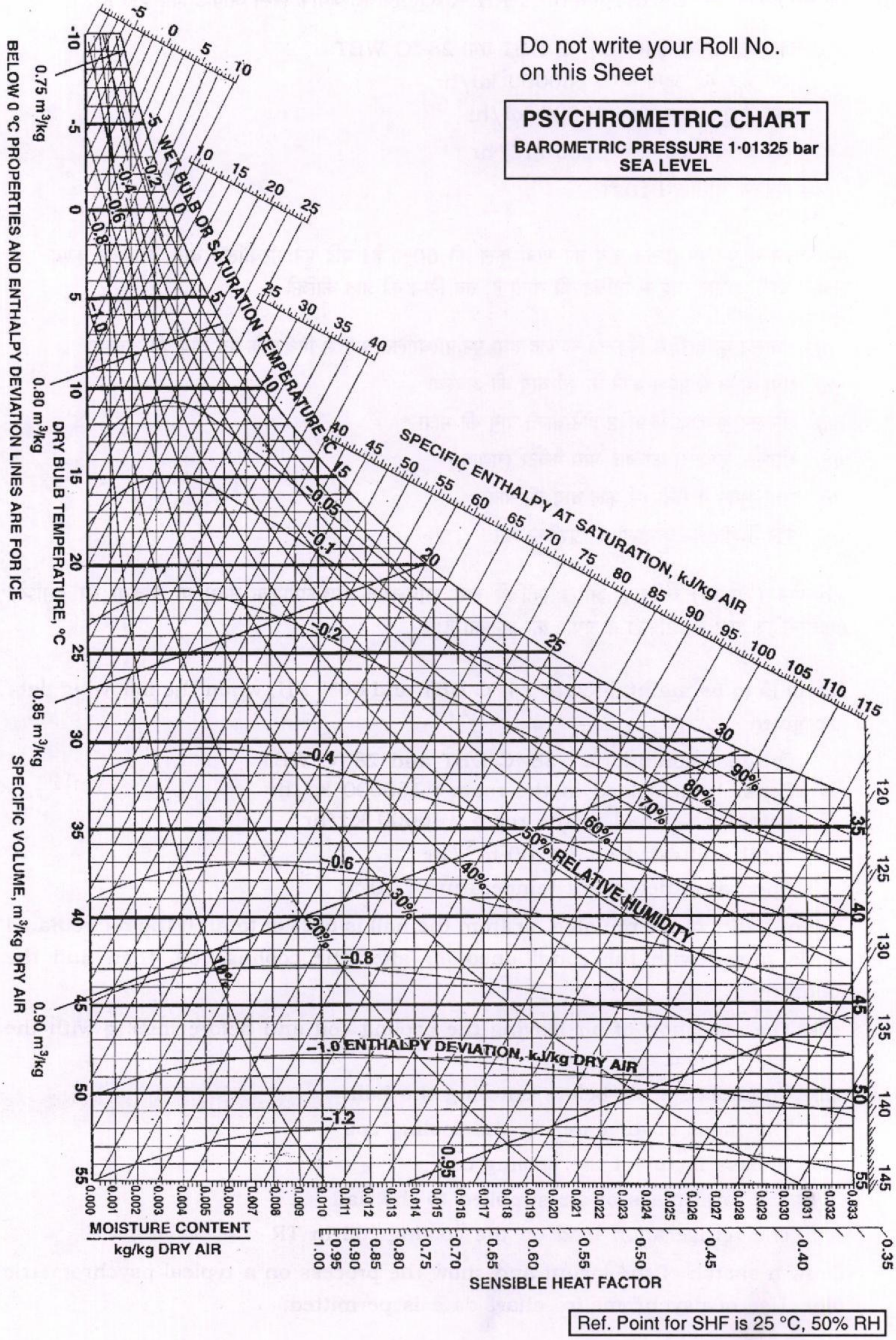
Outdoor conditions : 38 °C DBT and 28 °C WBT
Sensible heat load in the room : 160000 kJ/hr
Latent heat load in the room : 40000 kJ/hr
Total infiltrated air : 1200 m^3/hr
Apparatus dew-point temperature : 10 °C

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

Do not write your Roll No.
on this Sheet



(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

(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

(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

★ ★ ★

CS (Main) Exam, 2020

URC–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.

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/m^2-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/m^3 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/m^2-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/m^3 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 $C_p = 1\cdot005$ kJ/kg-K तथा $R = 0\cdot287$ 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 $C_p = 1\cdot005$ kJ/kg-K and $R = 0\cdot287$ 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

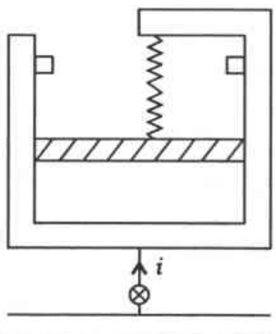
(c) 2 m × 3 m की एक चपटी पट्टिका एक कमरे में इस प्रकार लटक रही है कि उसके 3 m लम्बी भुजा के बराबर हवा उसके पृष्ठों के समानान्तर प्रवाहित हो रही है। मुक्त धारा का तापमान तथा हवा का वेग क्रमशः 20 °C और 7 m/s हैं। पट्टिका पर कार्यरत कुल विकर्ष बल मापन द्वारा 0·86 N पाया गया। पट्टिका के लिए औसत संवहन ऊष्मा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

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

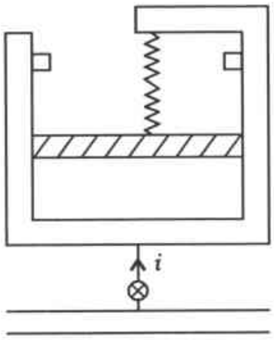
A 2 m × 3 m flat plate is suspended in a room and subjected to air flow parallel to its surfaces along its 3 m long side. The free stream temperature and velocity of air are 20 °C and 7 m/s respectively. The total drag force acting on the plate is measured to be 0·86 N. Determine the average convective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

The properties of air at 20 °C and 1 atm are $\rho = 1{\cdot}204\ \text{kg/m}^3$, $C_p = 1{\cdot}007$ kJ/kg-K, Pr = 0·7309. 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 $C_p = 1{\cdot}005$ kJ/kg-K तथा $R = 0{\cdot}287$ 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 $1 \cdot 225 \text{ kg/m}^3$ 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 $1 \cdot 225 \text{ kg/m}^3$. 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 :

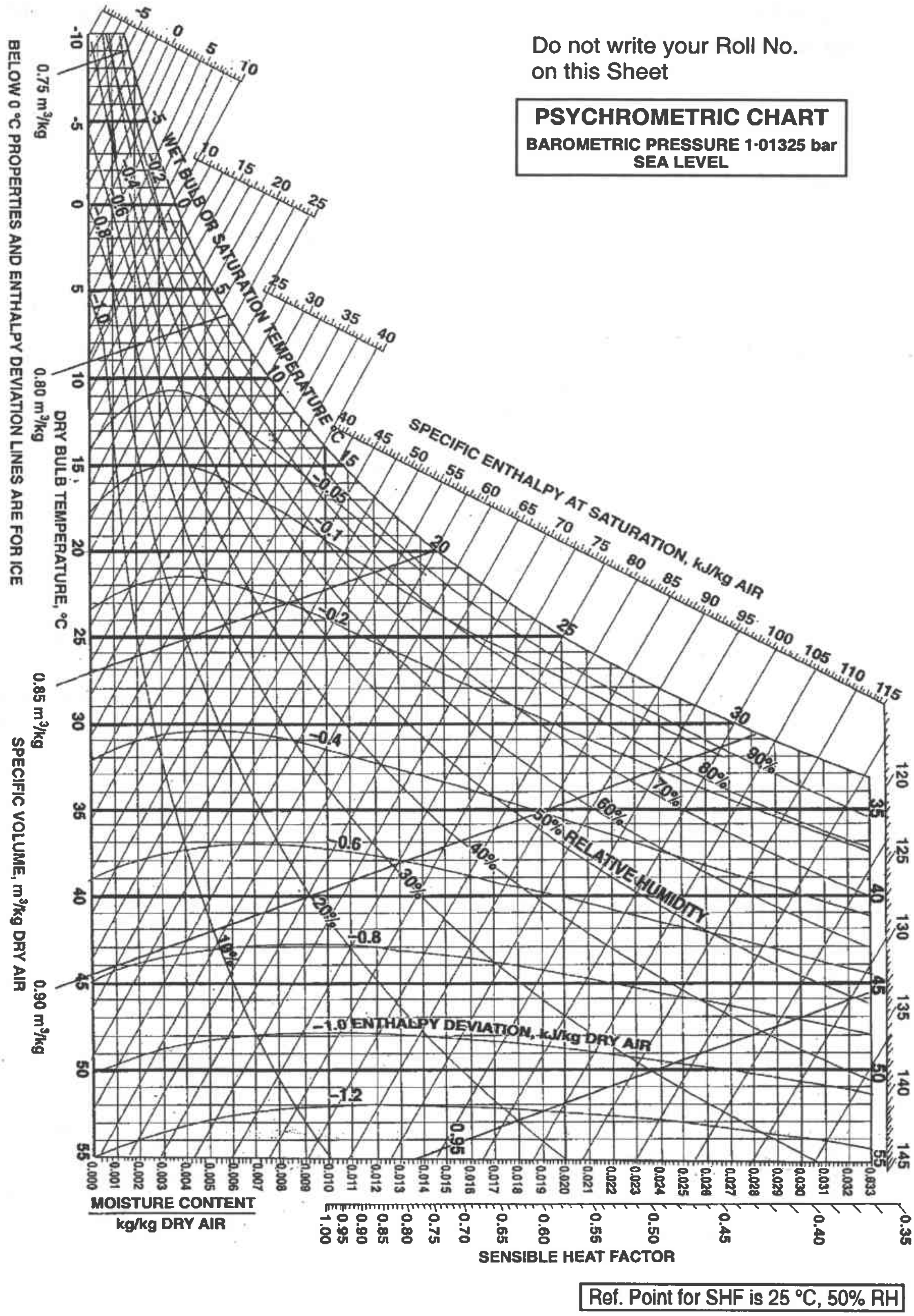
(i) Static temperature
(ii) Static pressure
(iii) Stagnation temperature
(iv) Stagnation pressure
(v) Relative velocity
(vi) Absolute velocity

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 की 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 $C_p = 1\cdot005$ kJ/kg-K तथा $\gamma = 1\cdot4$ 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 $C_p = 1\cdot005$ kJ/kg-K and $\gamma = 1\cdot4$. 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 $in_{\text{वायु}} \simeq in_{\text{गैस}}$. अन्य सभी हानियों को नगण्य मानिए। वायु के लिए, $\gamma = 1\cdot4$ तथा $C_p = 1\cdot005$ 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 $\dot{m}_{air} \simeq \dot{m}_{gases}$. 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

★ ★ ★

CS (Main) Exam,2021

वियोज्य DETACHABLE

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र II)

MECHANICAL ENGINEERING (Paper II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे
Time Allowed : Three Hours

अधिकतम अंक : 250
Maximum Marks : 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 (क्यू.सी.ए.) 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 ।

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) पंखा (फैन), आध्माता (ब्लोअर) और संपीड़क के बीच प्रकार्यात्मक अंतरों को संक्षेप में समझाइए।

Discuss briefly the functional differences between a fan, a blower and a compressor. 10

1.(b) सिद्ध कीजिए कि अवध्वानिक प्रवाह में प्रघात घटित नहीं हो सकता है।

Prove that shock cannot occur in subsonic flow. 10

1.(c) मोटाई $L = 0{\cdot}4$ m, ऊष्मा चालकता $k = 2{\cdot}3$ W/m°C और पृष्ठीय क्षेत्रफल $A = 20\ \text{m}^2$ वाली एक बड़ी समतल दीवार पर विचार करें। दीवार के बायीं ओर का तापमान $T_1 = 80°\text{C}$ पर स्थिर बनाए रखा जाता है, जबकि दाहिनी ओर $T_a = 15°\text{C}$ तापमान पर परिवेश की हवा में संवहन द्वारा ऊष्मा-अंतरण गुणांक $h = 24\ \text{W/m}^2\,°\text{C}$ के साथ ऊष्मा का ह्रास होता है। स्थिर ऊष्मा चालकता और दीवार में कोई भी ऊष्मा उत्पादन न होने को मानते हुए :

(i) दीवार में तापमान परिवर्तन के लिए एक संबंध प्राप्त करें।

(ii) दीवार के माध्यम से ऊष्मा हस्तांतरण की दर का मूल्यांकन करें।

Consider a large plane wall of thickness $L = 0{\cdot}4$ m, thermal conductivity $k = 2{\cdot}3$ W/m°C and surface area $A = 20\ \text{m}^2$. The left side of the wall is maintained at a constant temperature of $T_1 = 80°\text{C}$ while the right side loses heat by convection to the surrounding air at $T_a = 15°\text{C}$ with a heat transfer coefficient of $h = 24\ \text{W/m}^2\,°\text{C}$. Assuming constant thermal conductivity and no heat generation in the wall,

(i) obtain a relation for the variation of temperature in the wall.

(ii) evaluate the rate of heat transfer through the wall. 10

1.(d) वायुमंडलीय दबाव पर लंबे ऊर्ध्वाधर सिलिंडर से हवा में प्राकृतिक संवहन के लिए ऊष्मा हस्तांतरण गुणांक का समीकरण

$$\bar{h}_c = \frac{536{\cdot}5(T_s - T_\infty)^{0{\cdot}33}}{T}$$

द्वारा प्रस्तावित है। जहाँ T = फिल्म तापमान = $\frac{(T_s + T_\infty)}{2}$ और T, 0 से 200°C की सीमा में है। विमारहित रूप में संगत समीकरण $\frac{\bar{h}_c\, L}{K} = C(Gr\ Pr)^m$ है।

दोनों समीकरणों की तुलना करके, दूसरे समीकरण में C और m के उपमानों को निर्धारित करें जो पहले समीकरण के एक सा परिणाम देगा। 100°C और एक वायुमंडलीय दबाव पर शुष्क हवा के निम्न गुणों का उपयोग करें :

$K = 0{\cdot}0307$ W/(mk), $g = 9{\cdot}8$ m/sec^2

$\mu = 21{\cdot}673 \times 10^{-6}$ NS/m^2

$C_p = 1022$ J/(kg K)

एक वायुमंडलीय यथार्थ दाब = 101,000 N/m^2

वायु के लिए गैस नियतांक R = 287 J/kg K

संकेताक्षरों का सामान्य अर्थ है ।

The following equation has been proposed for the heat transfer coefficient in natural convection from long vertical cylinders to air at atmospheric pressure :

$$\bar{h}_c = \frac{536{\cdot}5(T_s - T_\infty)^{0{\cdot}33}}{T}$$

where T = the film temperature = $\dfrac{(T_s + T_\infty)}{2}$ and T is in the range 0 to 200°C.

The corresponding equation in dimensionless form is $\dfrac{\bar{h}_c\, L}{K} = C(Gr\; Pr)^m$.

Compare the two equations to determine the values of C and m such that the second equation will give the same results as the first. Use properties of dry air at 100°C and one atmosphere :

$K = 0{\cdot}0307$ W/(mk), $g = 9{\cdot}8$ m/sec^2

$\mu = 21{\cdot}673 \times 10^{-6}$ NS/m^2

$C_p = 1022$ J/(kg K)

The absolute pressure of one atmosphere = 101,000 N/m^2

The gas constant R (for air) = 287 J/kg K

Symbols have their usual meaning. 10

1.(e) ऐसा माना जाता है कि डीजल इंजन में दहन आंतरिक निश्चाल्य स्थिति पर शुरू होता है तथा दहन में दबाव स्थिर रहता है । वायु ईंधन अनुपात 27 : 1, ईंधन का ऊष्मीय मान 43000 kJ/kg, दहन के उत्पादों की विशिष्ट ऊष्मा (अचर आयतन पर) $C_v = (0{\cdot}71 + 20 \times 10^{-5}\, T)$ kJ/(kg K) एवं उत्पादों के लिए $R = 0{\cdot}287$ kJ/(kg K) दिया गया है ।यदि संपीड़न अनुपात 15 : 1 है, और संपीड़न के अंत में तापमान 870 K है, तो ज्ञात करें कि कितने प्रतिशत चरण (स्ट्रोक) पर दहन पूरा होता है ।

Combustion in a diesel engine is assumed to begin at inner dead centre and to be at constant pressure. The air-fuel ratio is 27 : 1, the calorific value of the fuel is 43000 kJ/kg, and the specific heat (at constant volume) of the products of combustion is given by :

$C_v = (0{\cdot}71 + 20 \times 10^{-5}\, T)$ kJ/(kg K)

R for products = $0{\cdot}287$ kJ/(kg K)

If the compression ratio is 15 : 1, and the temperature at the end of compression is 870 K, determine the percentage of stroke at which combustion is completed. 10

2.(a)(i) 100 kPa, 40°C से 1000 kPa तक एक प्रतिक्रम्य अपरिवर्ती प्रवाह पॉलीट्रापिक प्रक्रम में 3 kg वायु संपीडित होती है। इस प्रक्रिया के दौरान संपीड़न नियम $PV^{1\cdot25} = C$ का पालन होता है। शाफ्ट-कार्य, हस्तांतरित ऊष्मा तथा एन्ट्रापी में परिवर्तन निर्धारित करें। हवा के लिए $C_v = 0\cdot717$ kJ/kg K और $R = 0\cdot287$ kJ/kg K मान लें।

3 kg of air is compressed in a reversible steady flow polytropic process from 100 kPa, 40°C to 1000 kPa. During this process the law of compression followed is $PV^{1\cdot25} = C$. Determine the shaft work, heat transferred and the change in entropy. Assume for air $C_v = 0\cdot717$ kJ/kg K and $R = 0\cdot287$ kJ/kg K.

(ii) pdv कार्य और $-vdp$ कार्य के बीच अंतर करें।

Distinguish between pdv work and $-vdp$ work. 20

2.(b) निम्नलिखित वेग वितरण के लिए अभिहित सीमांत परत मोटाई δ के संदर्भ में स्तरीय सीमान्त परत की विस्थापन मोटाई और संवेग मोटाई की गणना करें :

$$\frac{u}{U_0} = \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{y}{\delta}\right)$$

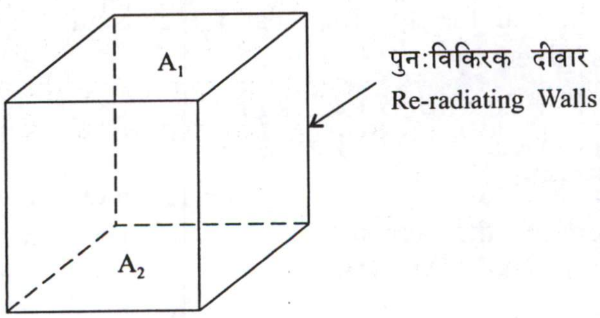
Calculate the displacement thickness and momentum thickness of a laminar boundary layer, in terms of the nominal boundary layer thickness δ, for the following velocity distribution :

$$\frac{u}{U_0} = \sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{y}{\delta}\right)$$ 20

2.(c) एक आदर्श गैस टरबाइन इंजन दबाव अनुपात 18 : 1 और अधिकतम तापमान 700°C पर कार्यात्मक-तरल वायु से संचालित है। हवा 100 kPa और 20°C पर संपीड़क में प्रवेश करती है। ऊष्मीय दक्षता, ऊष्मा योग और रेचन हवा का तापमान निर्धारित करें। हवा के लिए $C_p = 1\cdot0035$ kJ/kg K और $\gamma = 1\cdot4$ लें।

An ideal gas turbine engine operates with air as the working fluid at a pressure ratio 18 : 1 and a maximum temperature of 700°C. The air enters the compressor at 100 kPa and 20°C. Determine the thermal efficiency, the heat addition and the temperature of exhaust air. For air take $C_p = 1\cdot0035$ kJ/kg K and $\gamma = 1\cdot4$. 10

3.(a)(i) दर्शाइये कि स्थिर तापमान पर पुनःविकिरक दीवारों से जुड़ी दो श्याम, बराबर क्षेत्रफल की समानांतर प्लेटों के लिए प्रभावी चालकत्व $(A_1\bar{F}_{12})$ । $A_1\bar{F}_{1-2} = A_1\left(\frac{1+F_{1-2}}{2}\right)$ होता है।



Show that the effective conductance, $(A_1 \overline{F}_{12})$ for two black, parallel plates of equal area connected by re-radiating walls at constant temperature is $A_1 \overline{F}_{1-2} = A_1 \left(\frac{1 + F_{1-2}}{2} \right)$.

(ii) 555 K और 278 K के तापमान पर दो अनंत समतलों के बीच खाली स्थान में रखे गए दो विकिरण कवचों के अपरिवर्ती अवस्था तापमानों का निर्धारण करें। सभी सतहों की उत्सर्जकता 0·8 है।

[δ = स्टीफन बोल्ट्ज़मान स्थिरांक $= 5{\cdot}670 \times 10^{-8}$ W/m^2 K^4]

Determine the steady-state temperatures of two radiation shields placed in the evacuated space between two infinite planes at temperatures of 555 K and 278 K. The emissivity of all surfaces is 0·8.

[σ = Stefan-Boltzmann constant $= 5{\cdot}670 \times 10^{-8}$ W/m^2 K^4] 20

3.(b) मान लें नलिका प्रवाह के लिए अशांत क्रोड़ (कोर) में वेग वितरण का प्रतिनिधित्व $\frac{u}{u_c} = \left(1 - \frac{r}{r_o}\right)^{\frac{1}{7}}$ द्वारा किया जा सकता है, जहाँ u_c नलिका के केंद्र पर वेग है और r_o नलिका की त्रिज्या है। स्तरीय उप-परत की मोटाई के लिए ब्लेसियस के घर्षण गुणक संबंध का प्रयोग करते हुये एक समीकरण व्युत्पन्न करें। इस समस्या के लिए प्रक्षुब्ध वेग वितरण का उपयोग करके औसत वेग की गणना की जा सकती है। उप-परत में रैखिक परिच्छेदिका (प्रोफाइल) मान लें।

Assume that the velocity distribution in the turbulent core for tube flow may be represented by $\frac{u}{u_c} = \left(1 - \frac{r}{r_o}\right)^{\frac{1}{7}}$ where u_c is the velocity at the centre of the tube and r_o is the tube radius. Using the Blasius relation for friction factor, derive an equation for the thickness of the laminar sublayer. For this problem the average flow velocity may be calculated using the turbulent velocity distribution. Assume linear profile in sublayer. 20

3.(c) एक गैस टर्बाइन का पुनस्तापन उसके प्रचालनीय निष्पादन को कैसे प्रभावित करता है, इसकी व्याख्या करें।

Explain how the process of reheating in a gas turbine affects its operational performance. 10

4.(a) दो दीवारों A और B को क्रमशः T_A और T_B तापमानों पर बनाए रखा जाता है। l लम्बाई वाली धातु की छड़ का एक सिरा दीवार A में अंतःस्थापित है, जब कि दूसरा सिरा दीवार B में अंतःस्थापित है। छड़ T_∞ तापमान पर पर्यावरण में संवहन द्वारा ऊष्मा का ह्रास करता है। निम्नलिखित को निर्धारित करने के लिए एक व्यंजक की व्युत्पत्ति करें :

(i) छड़ में तापमान वितरण

(ii) छड़ द्वारा समग्र ऊष्मा ह्रास

(iii) दीवार A से स्थानांतरित ऊष्मा

Two walls A and B are maintained at temperatures T_A and T_B, respectively. One end of a metal rod of length l is embedded in the wall A, while the other end is fixed to wall B, the rod loses heat by convection to the environment at T_∞. Derive an expression to determine

(i) the temperature distribution in the rod

(ii) the total heat lost by the rod

(iii) the heat transferred from the wall A 20

4.(b) वायु $p_1 = 90$ kPa, $V_1 = 520$ m/s और $T_1 = 558°$C के एक नियत क्षेत्रफल वाली वाहिनी में प्रवेश करती है । तब इसे नगण्य घर्षण के साथ ठंडा किया जाता है, जब तक कि यह $p_2 = 160$ kPa पर निर्गत न हो जाए । आकलन करें :

(i) V_2

(ii) T_2

(iii) शीतलन की समग्र पूर्ण-ऊष्मा (एन्थैल्पी) kJ/kg में । संलग्न तालिका का उपयोग करें ।

Air enters a constant-area duct at $p_1 = 90$ kPa, $V_1 = 520$ m/s and $T_1 = 558°$C. It is then cooled with negligible friction until it exists at $p_2 = 160$ kPa. Estimate :

(i) V_2

(ii) T_2 and

(iii) the total enthalpy of cooling in kJ/kg. Use attached chart. 20

ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1{\cdot}4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1{\cdot}4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	p_0/p_0^*
0.0	0.0	2.4000	0.0	0.0	1.2679
0.02	0.0019	2.3987	0.0023	0.0010	1.2675
0.04	0.0076	2.3946	0.0092	0.0038	1.2665
0.06	0.0171	2.3800	0.0205	0.0086	1.2647
0.08	0.0302	2.3787	0.0362	0.0152	1.2623
0.1	0.0468	2.3669	0.0560	0.0237	1.2591
0.12	0.0666	2.3526	0.0797	0.0339	1.2554
0.14	0.0895	2.3359	0.1069	0.0458	1.2510
0.16	0.1151	2.3170	0.1374	0.0593	1.2461
0.18	0.1432	2.2959	0.1708	0.0744	1.2406
0.2	0.1736	2.2727	0.2066	0.0909	1.2346
0.22	0.2057	2.2477	0.2445	0.1088	1.2281
0.24	0.2395	2.2209	0.2841	0.1279	1.2213
0.26	0.2745	2.1925	0.3250	0.1482	1.2140
0.28	0.3104	2.1626	0.3667	0.1696	1.2064
0.3	0.3469	2.1314	0.4089	0.1918	1.1985
0.32	0.3837	2.0991	0.4512	0.2149	1.1904
0.34	0.4206	2.0657	0.4933	0.2388	1.1822
0.36	0.4572	2.0314	0.5348	0.2633	1.1737
0.38	0.4935	1.9964	0.5755	0.2883	1.1652
0.4	0.5290	1.9608	0.6151	0.3137	1.1566
0.42	0.5638	1.9247	0.6535	0.3395	1.1480
0.44	0.5975	1.8882	0.6903	0.3656	1.1394
0.46	0.6301	1.8515	0.7254	0.3918	1.1308
0.48	0.6614	1.8147	0.7587	0.4181	1.1224
0.5	0.6914	1.7778	0.7901	0.4444	1.1141
0.52	0.7199	1.7409	0.8196	0.4708	1.1059
0.54	0.7470	1.7043	0.8469	0.4970	1.0979
0.56	0.7725	1.6678	0.8723	0.5230	1.0901
0.58	0.7965	1.6316	0.8955	0.5489	1.0826
0.6	0.8189	1.5957	0.9167	0.5745	1.0753

(जारी) ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1{\cdot}4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

(Cont.) Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1{\cdot}4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	p_0/p_0^*
0.62	0.8398	1.5603	0.9358	0.5998	1.0682
0.64	0.8592	1.5253	0.9530	0.6248	1.0615
0.66	0.8771	1.4908	0.9682	0.6494	1.0550
0.68	0.8935	1.4569	0.9814	0.6737	1.0489
0.7	0.9085	1.4235	0.9929	0.6975	1.0431
0.72	0.9221	1.3907	1.0026	0.7209	1.0376
0.74	0.9344	1.3585	1.0106	0.7439	1.0325
0.76	0.9455	1.3270	1.0171	0.7665	1.0278
0.78	0.9553	1.2961	1.0220	0.7885	1.0234
0.8	0.9639	1.2658	1.0255	0.8101	1.0193
0.82	0.9715	1.2362	1.0276	0.8313	1.0157
0.84	0.9781	1.2073	1.0285	0.8519	1.0124
0.86	0.9836	1.1791	1.0283	0.8721	1.0095
0.88	0.9883	1.1515	1.0269	0.8918	1.0070
0.9	0.9921	1.1246	1.0245	0.9110	1.0049
0.92	0.9951	1.0984	1.0212	0.9297	1.0031
0.94	0.9973	1.0728	1.0170	0.9480	1.0017
0.96	0.9988	1.0479	1.0121	0.9658	1.0008
0.98	0.9997	1.0236	1.0064	0.9831	1.0002
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.02	0.9997	0.9770	0.9930	1.0164	1.0002
1.04	0.9989	0.9546	0.9855	1.0325	1.0008
1.06	0.9977	0.9327	0.9776	1.0480	1.0017
1.08	0.9960	0.9115	0.9691	1.0632	1.0031
1.1	0.9939	0.8909	0.9603	1.0780	1.0049
1.12	0.9915	0.8708	0.9512	1.0923	1.0070
1.14	0.9887	0.8512	0.9417	1.1063	1.0095
1.16	0.9856	0.8322	0.9320	1.1198	1.0124
1.18	0.9823	0.8137	0.9220	1.1330	1.0157
1.2	0.9787	0.7958	0.9118	1.1459	1.0194
1.22	0.9749	0.7783	0.9015	1.1584	1.0235
1.24	0.9709	0.7613	0.8911	1.1705	1.0279
1.26	0.9668	0.7447	0.8805	1.1823	1.0328
1.28	0.9624	0.7287	0.8699	1.1938	1.0380
1.3	0.9580	0.7130	0.8592	1.2050	1.0437
1.32	0.9534	0.6978	0.8484	1.2159	1.0497
1.34	0.9487	0.6830	0.8377	1.2264	1.0561
1.36	0.9440	0.6686	0.8269	1.2367	1.0629
1.38	0.9391	0.6546	0.8161	1.2467	1.0701
1.4	0.9343	0.6410	0.8054	1.2564	1.0777
1.42	0.9293	0.6278	0.7947	1.2659	1.0856
1.44	0.9243	0.6149	0.7840	1.2751	1.0940
1.46	0.9193	0.6024	0.7735	1.2840	1.1028
1.48	0.9143	0.5902	0.7629	1.2927	1.1120
1.5	0.9093	0.5783	0.7525	1.3012	1.1215
1.52	0.9042	0.5668	0.7422	1.3095	1.1315
1.54	0.8992	0.5555	0.7319	1.3175	1.1419
1.56	0.8942	0.5446	0.7217	1.3253	1.1527
1.58	0.8892	0.5339	0.7117	1.3329	1.1640
1.6	0.8842	0.5236	0.7017	1.3403	1.1756
1.62	0.8792	0.5135	0.6919	1.3475	1.1877
1.64	0.8743	0.5036	0.6822	1.3546	1.2002
1.66	0.8694	0.4940	0.6726	1.3614	1.2131
1.68	0.8645	0.4847	0.6631	1.3681	1.2264

(जारी) ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1{\cdot}4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

(Cont.) Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1{\cdot}4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	p_0/p_0^*
1.7	0.8597	0.4756	0.6538	1.3746	1.2402
1.72	0.8549	0.4668	0.6445	1.3809	1.2545
1.74	0.8502	0.4581	0.6355	1.3870	1.2692
1.76	0.8455	0.4497	0.6265	1.3931	1.2843
1.78	0.8409	0.4415	0.6176	1.3989	1.2999
1.8	0.8363	0.4335	0.6089	1.4046	1.3159
1.82	0.8317	0.4257	0.6004	1.4102	1.3324
1.84	0.8273	0.4181	0.5919	1.4156	1.3494
1.86	0.8228	0.4107	0.5836	1.4209	1.3669
1.88	0.8185	0.4035	0.5754	1.4261	1.3849
1.9	0.8141	0.3964	0.5673	1.4311	1.4033
1.92	0.8099	0.3895	0.5594	1.4360	1.4222
1.94	0.8057	0.3828	0.5516	1.4408	1.4417
1.96	0.8015	0.3763	0.5439	1.4455	1.4616
1.98	0.7974	0.3699	0.5364	1.4501	1.4821
2.0	0.7934	0.3636	0.5289	1.4545	1.5031
2.02	0.7894	0.3575	0.5216	1.4589	1.5246
2.04	0.7855	0.3516	0.5144	1.4632	1.5467
2.06	0.7816	0.3458	0.5074	1.4673	1.5693
2.08	0.7778	0.3401	0.5004	1.4714	1.5924
2.1	0.7741	0.3345	0.4936	1.4753	1.6162
2.12	0.7704	0.3291	0.4868	1.4792	1.6404
2.14	0.7667	0.3238	0.4802	1.4830	1.6653
2.16	0.7631	0.3186	0.4737	1.4867	1.6908
2.18	0.7596	0.3136	0.4673	1.4903	1.7168
2.2	0.7561	0.3086	0.4611	1.4938	1.7434
2.22	0.7527	0.3038	0.4549	1.4973	1.7707
2.24	0.7493	0.2991	0.4488	1.5007	1.7986
2.26	0.7460	0.2945	0.4428	1.5040	1.8271
2.28	0.7428	0.2899	0.4370	1.5072	1.8562
2.3	0.7395	0.2855	0.4312	1.5104	1.8860
2.32	0.7364	0.2812	0.4256	1.5134	1.9165
2.34	0.7333	0.2769	0.4200	1.5165	1.9476
2.36	0.7302	0.2728	0.4145	1.5194	1.9794
2.38	0.7272	0.2688	0.4091	1.5223	2.0119
2.4	0.7242	0.2648	0.4038	1.5252	2.0451
2.42	0.7213	0.2609	0.3986	1.5279	2.0789
2.44	0.7184	0.2571	0.3935	1.5306	2.1136
2.46	0.7156	0.2534	0.3885	1.5333	2.1489
2.48	0.7128	0.2497	0.3836	1.5359	2.1850
2.5	0.7101	0.2462	0.3787	1.5385	2.2218
2.52	0.7074	0.2427	0.3739	1.5410	2.2594
2.54	0.7047	0.2392	0.3692	1.5434	2.2978
2.56	0.7021	0.2359	0.3646	1.5458	2.3370
2.58	0.6995	0.2326	0.3601	1.5482	2.3770
2.6	0.6970	0.2294	0.3556	1.5505	2.4177
2.62	0.6945	0.2262	0.3512	1.5527	2.4593
2.64	0.6921	0.2231	0.3469	1.5549	2.5018
2.66	0.6896	0.2201	0.3427	1.5571	2.5451
2.68	0.6873	0.2171	0.3385	1.5592	2.5892
2.7	0.6849	0.2142	0.3344	1.5613	2.6343
2.72	0.6826	0.2113	0.3304	1.5634	2.6802
2.74	0.6804	0.2085	0.3264	1.5654	2.7270
2.76	0.6781	0.2058	0.3225	1.5673	2.7748

4.(c) संपीड़न प्रज्वलन इंजनों की तुलना में स्फुलिंग प्रज्वलन इंजनों को टर्बोचार्ज करना अधिक कठिन क्यों है ? किन परिस्थितियों में उच्चदाबी निवेशक (सुपरचार्जर) अधिक उपयुक्त हो सकता है।

Why is it more difficult to turbocharge spark ignition engines than compression ignition engines ? Under what circumstances might supercharger be more appropriate ? 10

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5.(a) EGR पद से आप क्या समझते हैं ? समझायें कि EGR, NO_x उत्सर्जन को कैसे कम करता है।

What do you understand by the term EGR ? Explain how EGR reduces NO_x emission in CI engines. 10

5.(b) अज्ञात हाइड्रोकार्बन C_xH_y के ईंधन को जलाने वाले वाष्पित्र के लिए ऑरसैट उपकरण द्वारा मापी गई फ्लू गैस संरचना निम्नानुसार दी गई है :

$CO_2 : 8{\cdot}0\%$, $CO : 0{\cdot}9\%$, $O_2 : 8{\cdot}8\%$ और $N_2 : 82{\cdot}3\%$

ज्ञात करें

(i) ईंधन की संरचना

(ii) मोल और द्रव्यमान के आधार पर वायु ईंधन का अनुपात

(iii) प्रयोग की गई अतिरिक्त हवा का प्रतिशत

The flue gas composition measured by Orsat apparatus for a boiler burning a fuel of unknown hydrocarbon C_xH_y is given as follows :

$CO_2 : 8{\cdot}0\%$, $CO : 0{\cdot}9\%$, $O_2 : 8{\cdot}8\%$ and $N_2 : 82{\cdot}3\%$

Determine

(i) the composition of the fuel

(ii) the air fuel ratio on mole and mass basis

(iii) the percentage of excess air used 10

5.(c) धारा तुंड के संदर्भ में निम्नलिखित शब्दों का वर्णन करें :

(i) दक्षता (η_N)

(ii) वेग गुणांक (C_v)

Describe the following terms with reference to stream nozzle :

(i) Efficiency (η_N)

(ii) Velocity coefficient (C_v) 10

5.(d) प्रशीतन प्रणालियों में संपीड़क और केशिकानली के बीच संतुलन बिंदु की अवधारणा की व्याख्या करें ।

Explain the concept of balance point between the compressor and the capillary tube in refrigeration systems. 10

5.(e) वातानुकूलन वाहिनी अभिकल्प प्रक्रिया के लिए 'समान घर्षण विधि' को संक्षेप में समझाएं ।

Briefly explain the 'Equal Friction Method' of air-conditioning duct design procedure. 10

6.(a) (i) एक C.I. इंजन के दहन-कक्ष में मिश्रण दहन, S.I. इंजन से किस प्रकार भिन्न होता है ?

(ii) दहन प्रेरित भंवर से क्या तात्पर्य है ? रेखाचित्रों के साथ C.I. दहन कक्ष के दो महत्त्वपूर्ण अभिकल्पों को दिखाइए जिसमें भंवर की इस पद्धति का उपयोग होता है ।

(i) How does the mixture combustion in the combustion chamber of a C.I. engine differ from that of an S.I. engine ?

(ii) What is meant by combustion induced swirl ? Show with sketches two important designs of C.I. combustion chamber using this method of swirl. 20

6.(b) एक एकल तापक पुनर्योजी चक्र में भाप 30 bar, 400°C पर टरबाइन में प्रवेश करती है और रेचक दबाव 0·1 bar है । प्रभरण जल तापक एक प्रत्यक्ष संपर्क प्रकार का है जो 0·3 MPa पर संचालित होता है । पंप कार्य की उपेक्षा करते हुए चक्र की दक्षता ज्ञात करें ।
(30 bar, 400°C पर : $h = 3230{\cdot}9$ kJ/kg और $s = 6{\cdot}9212$ kJ/kg K है । भाप/पानी के गुणों के लिए पुस्तिका के अन्त में संलग्न भाप तालिका का भी प्रयोग करें)

In a single-heater regenerative cycle the steam enters the turbine at 30 bar, 400°C and the exhaust pressure is 0·1 bar. The feed water heater is a direct-contact type which operates at 0·3 MPa. Find the efficiency of the cycle neglecting pump work. (At 30 bar, 400°C : $h = 3230{\cdot}9$ kJ/kg and $s = 6{\cdot}9212$ kJ/kg K. Also use steam tables given towards the end of booklet for steam/water properties). 20

6.(c) एक नम हवा के नमूने का शुष्क बल्ब तापमान 30°C और विशिष्ट आर्द्रता 11·5 ग्राम जल वाष्प प्रति किलोग्राम शुष्क वायु है । यदि 30°C पर पानी का संतृप्त वाष्प दाब 4·24 kPa और कुल दाब 90 kPa है, तो वायु (हवा) के नमूने की सापेक्ष-आर्द्रता क्या है ।

A moist air sample has dry bulb temperature of 30°C and specific humidity of 11·5 gm of water vapour per kg dry air. If the saturation vapour pressure of water at 30°C is 4·24 kPa and the total pressure is 90 kPa then what is the relative humidity of the air sample ? 10

7.(a) (i) एक एकल पद आवेग भाप टर्बाइन के घूर्णक का व्यास 1·2 m है और वह 3000 rpm पर चलता है। तुंड कोण 18° है। फलक वेग अनुपात 0·42 है। निर्गम पर सापेक्ष वेग का प्रवेश पर सापेक्ष वेग से अनुपात 0·9 है। फलक का बहिर्गम कोण अंतर्गम कोण से 3° छोटा है। 10 kg/s की भाप प्रवाह दर के लिए अंतर्गम और बहिर्गम पर फलक कोणों का मान, वियरिंग पर अक्षीय प्रणोद और विकसित शक्ति का मान ज्ञात कीजिए।

(ii) *T-s* आरेख का उपयोग करते हुए वाष्प तुंड में अवलोकित अति-संतृप्त प्रवाह की घटना का वर्णन करें। यह तुंड में द्रव्यमान प्रवाह दर को कैसे प्रभावित करता है ?

(i) A single stage impulse steam turbine rotor has a diameter of 1·2 m and runs at 3000 rpm. The nozzle angle is 18°. The blade speed ratio is 0·42. The relative velocity at the outlet to the relative velocity at inlet is 0·9. The outlet angle of the blade is 3° smaller than the inlet angle. For a steam flow rate of 10 kg/s find Blade angles at inlet and outlet, Axial thrust on the bearing and Power developed.

(ii) Describe the phenomenon of super saturated flow observed in steam nozzle using *T-s* diagram. How does it influence the mass flow rate through the nozzle ?

20

7.(b) एक वातानुकूलित स्थान 27°C DBT और 50% (प्रतिशत) RH पर बनाए रखा जाता है। परिवेश की स्थिति 40°C DBT और 27°C WBT है। स्थान में 14 kW का संवेद्य ऊष्मा लाभ है। 7°C पर संतृप्त वायु की आपूर्ति इस स्थान में की जाती है। निम्नलिखित निर्धारित करें :

(i) स्थान में आपूर्ति की गई नम हवा का द्रव्यमान

(ii) स्थान में गुप्त ऊष्मा लाभ

(iii) धावक (वॉशर) का शीतलन भार, यदि स्थान में 30 प्रतिशत ताजी हवा की आपूर्ति की जाती है, शेष हवा का पुनःप्रचालन किया जाता है।

आर्द्र विशिष्ट ऊष्मा = 1·022 kJ/kg K मान लें। आर्द्रतामितीय लेखाचित्र संलग्न है।

An air-conditioned space is maintained at 27°C DBT and 50% relative humidity. The ambient conditions are 40°C DBT and 27°C WBT. The space has a sensible heat gain of 14 kW. Air is supplied to the space at 7°C saturated. Determine the following :

(i) Mass of moist air supplied to the space

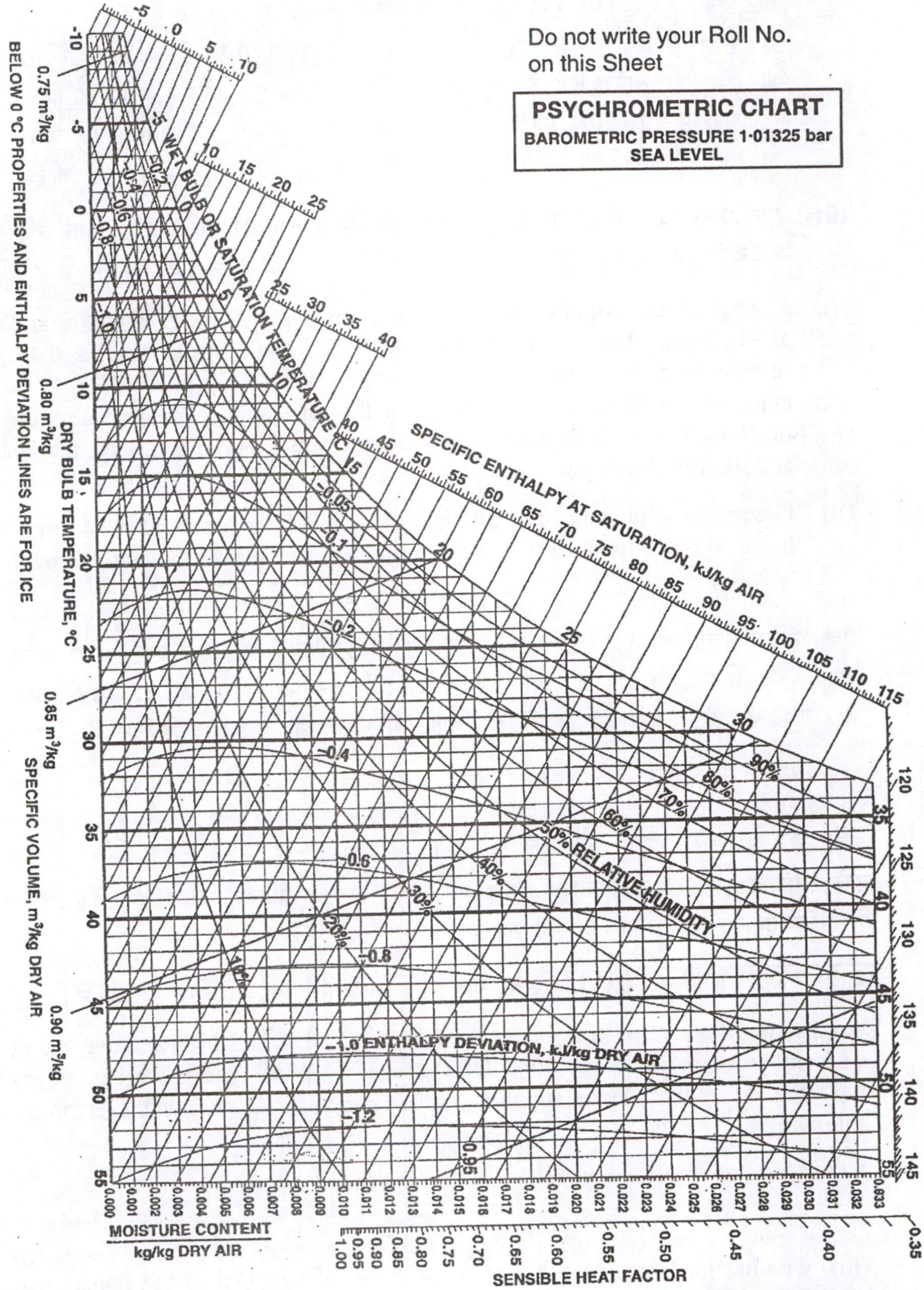
(ii) Latent heat gain of space

(iii) Cooling load of air washer if 30% of the air supplied to the space is fresh, the remainder being recirculated.

Assume humid specific heat = 1·022 kJ/kg K. Psychrometric chart is given. 20

Do not write your Roll No. on this Sheet

PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 1·01325 bar
SEA LEVEL



Ref. Point for SHF is 25 °C, 50% RH

7.(c) एक छः सिलेंडर चार स्ट्रोक डीजल इंजन 1500 rpm पर 250 kW की शक्ति विकसित करता है। ब्रेक विशिष्ट ईंधन की खपत 0·3 kg/kWh है। अंतःक्षेपण की शुरुआत में और अंतःक्षेपण के अंत में सिलेंडर में हवा का दाब क्रमशः 30 बार और 60 बार है। शुरुआत में और अंतःक्षेपण के अंत में ईंधन अंतःक्षेपण का दाब क्रमशः 220 बार और 550 बार है। अंतःक्षेपक के लिए विसर्जन गुणांक 0·65, ईंधन विशिष्ट घनत्व 0·85 और वायुमंडलीय दाब 1·013 बार मान लें। प्रभावी दाब अंतर को अंतःक्षेपण अवधि पर औसत दाब अंतर के रूप में लें।

प्रति अंतःक्षेपण के लिए, अपेक्षित तुंड का क्षेत्रफल निर्धारित करें, यदि अंतःक्षेपण 15° क्रैंक कोण से अधिक पर है। यदि तुंड में प्रयुक्त ऑरिफिसों की संख्या 4 है, तो ऑरिफिस का व्यास ज्ञात करें। (संपरिवर्तन 1 बार = 10^5 पॉस्कल)

A six-cylinder four-stroke diesel engine develops a power of 250 kW at 1500 rpm. The brake specific fuel consumption is 0·3 kg/kWh. The pressures of air in the cylinder at the beginning of injection and at the end of injection are 30 bar and 60 bar respectively. The fuel injection pressures at the beginning and end of injection are 220 bar and 550 bar respectively. Assume the coefficient of discharge for the injector to be 0·65, specific gravity of fuel to be 0·85 and the atmospheric pressure to be 1·013 bar. Also assume the effective pressure difference to be the average pressure difference over the injection period.

Determine the nozzle area required per injection if the injection takes place over 15° crank angle. If the number of orifices used in the nozzle are 4, find the diameter of the orifice. (Conversion 1 bar = 10^5 Pascal) 10

8.(a) एक अमोनिया वाष्प संपीड़न प्रणाली −6·7°C और 26·7°C की ताप सीमाओं के बीच काम करती है। संपीड़न के अंत में वाष्प शुष्क है और नीचे तापमान पर पुनः उपरोध किये जाने वाले तरल का कोई अवशीतन नहीं होता है। मशीन का सी.ओ.पी. ज्ञात करें। अमोनिया के निम्नलिखित गुणों का उपयोग करें :

तापमान °C Temperature °C	पूर्ण ऊष्मा (इन्थाल्पी) (kJ/kg) Enthalpy (kJ/kg)			उत्क्रम माप (एन्ट्रापी) kJ/kg K Entropy kJ/kg K	
	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
−6·7	−29·3	1293·8	1264·5	−0·113	4·752
26·7	125·6	1172·4	1297·9	0·427	4·334

An ammonia vapour compression refrigeration system works between temperature limits of −6·7°C and 26·7°C. The vapour is dry at the end of compression and there is no under cooling of the liquid which is further throttled to the lower temperature. Find the COP of the machine. Use the above properties of ammonia. 20

8.(b) एक सहजनन संयंत्र में भाप द्विपद टरबाइन के HP पद में 1 MPa, 200°C पर प्रवेश करती है और इसे 0·3 MPa पर छोड़ देती है। इस बिंदु पर, कुछ भाप को निःस्त्रवित करते हुये एक ऊष्मा विनिमायक से पारित किया जाता है जो इसे 0·3 MPa पर संतृप्त तरल के रूप में छोड़ देता है। शेष भाप टरबाइन के LP पद में 40 kPa तक फैलती है। टरबाइन को 1 MW की समस्त शक्ति उत्पादन की और ऊष्मा विनिमायक को 500 kW की तापन दर के उत्पादन करने की आवश्यकता होती है। सभी प्रक्रियाओं को आदर्श मानते हुये टरबाइन के HP पद में भाप की अपेक्षित द्रव्यमान प्रवाह दर की गणना करें।

(1 MPa, 200°C पर : $h = 2827{\cdot}9$ kJ/kg और $s = 6{\cdot}6939$ kJ/kg K)
पुस्तिका के अंत में संलग्न भाप-तालिका का भी प्रयोग करें।

In a cogeneration plant, steam enters the HP stage of a two-stage turbine at 1 MPa, 200°C and leaves it at 0·3 MPa. At this point some of the steam is bled off and passed through a heat exchanger which it leaves as saturated liquid at 0·3 MPa. The remaining steam expands in the LP stage of the turbine to 40 kPa. The turbine is required to produce a total power of 1 MW and the heat exchanger is required to provide a heating rate of 500 kW. Assuming all processes to be ideal, calculate the required mass flow rate of steam into the HP stage of the turbine.

(At 1 MPa, 200°C : $h = 2827{\cdot}9$ kJ/kg and $s = 6{\cdot}6939$ kJ/kg K)
Also use Steam Tables given at the end of the booklet. 20

8.(c) भाप-शक्ति संयंत्र में निम्नलिखित स्थलों पर होने वाली उपरोधी प्रक्रियाओं की तुलना करें और T-s आरेखों का उपयोग करते हुए प्रेक्षित निम्नलिखित परिघटनाओं में व्यतिरेक करें :

(i) अधिनियंत्रण के लिए टर्बाइन के अंतर्गम पर भाप उपरोधन।

(ii) संवृत प्रभरण तापक पाश निकास में द्रवितक उपरोधन।

Compare the throttling processes happening at the following two locations in the steam power plant and using T-s diagrams contrast the observed phenomena :

(i) throttling of steam at inlet to turbine for governing.

(ii) throttling of condensate in closed feed heater trap exit. 10

STEAM TABLE

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Enthalpy, kJ/kg Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Entropy, kJ/kg-K Sat. Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapor s_g
0·6113	0·01	0·00	2501·3	2501·3	0	9·1562	9·1562
1·0	6·98	29·29	2484·89	2514·18	0·1059	8·8697	8·9756
1·5	13·03	54·70	2470·59	2525·30	0·1956	8·6322	8·8278
2·0	17·50	73·47	2460·02	2533·49	0·2607	8·4629	8·7236
2·5	21·08	88·47	2451·56	2540·03	0·3120	8·3311	8·6431
3·0	24·08	101·03	2444·47	2545·50	0·3545	8·2231	8·5775
4·0	28·96	121·44	2432·93	2554·37	0·4226	8·0520	8·4746
5·0	32·88	137·79	2423·66	2561·45	0·4763	7·9187	8·3950
7·5	40·29	168·77	2406·02	2574·79	0·5763	7·6751	8·2514
10	45·81	191·81	2392·82	2584·63	0·6492	7·5010	8·1501
15	53·97	225·91	2373·14	2599·06	0·7548	7·2536	8·0084
20	60·06	251·38	2358·33	2609·70	0·8319	7·0766	7·9085
25	64·97	271·90	2346·29	2618·19	0·8930	6·9383	7·8313
30	69·10	289·21	2336·07	2625·28	0·9439	6·8247	7·7686
40	75·87	317·55	2319·19	2636·74	1·0258	6·6441	7·6700
50	81·33	340·47	2305·40	2645·87	1·0910	6·5029	7·5939
75	91·77	384·36	2278·59	2662·96	1·2129	6·2434	7·4563
100	99·62	417·44	2258·02	2675·46	1·3025	6·0568	7·3593
125	105·99	444·30	2241·05	2685·35	1·3739	5·9104	7·2843
150	111·37	467·08	2226·46	2693·54	1·4335	5·7897	7·2232
175	116·06	486·97	2213·57	2700·53	1·4848	5·6868	7·1717
200	120·23	504·68	2201·96	2706·63	1·5300	5·5970	7·1271
225	124·00	520·69	2191·35	2712·04	1·5705	5·5173	7·0878
250	127·43	535·34	2181·55	2716·89	1·6072	5·4455	7·0526
275	130·60	548·87	2172·42	2721·29	1·6407	5·3801	7·0208
300	133·55	561·45	2163·85	2725·30	1·6717	5·3201	6·9918
325	136·30	573·23	2155·76	2728·99	1·7005	5·2646	6·9651
350	138·88	584·31	2148·10	2732·40	1·7274	5·2130	6·9404
375	141·32	594·79	2140·79	2735·58	1·7527	5·1647	6·9174
400	143·63	604·73	2133·81	2738·53	1·7766	5·1193	6·8958
450	147·93	623·24	2120·67	2743·91	1·8206	5·0359	6·8565
500	151·86	640·21	2108·47	2748·67	1·8606	4·9606	6·8212
550	155·48	655·91	2097·04	2752·94	1·8972	4·8920	6·7892
600	158·85	670·54	2086·26	2756·80	1·9311	4·8289	6·7600
650	162·01	684·26	2076·04	2760·30	1·9627	4·7704	6·7330
700	164·97	697·20	2066·30	2763·50	1·9922	4·7158	6·7080
750	167·77	709·45	2056·98	2766·43	2·0199	4·6647	6·6846
800	170·43	721·10	2048·04	2769·13	2·0461	4·6166	6·6627

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Specific Volume, m³/kg Sat. Liquid v_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor v_g	Internal Energy, kJ/kg Sat. Liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor u_g
0·6113	0·01	0·001000	206·131	206·132	0	2375·3	2375·3
1	6·98	0·001000	129·20702	129·20802	29·29	2355·69	2384·98
1·5	13·03	0·001001	87·97913	87·98013	54·70	2338·63	2393·32
2	17·50	0·001001	67·00285	67·00385	73·47	2326·02	2399·48
2·5	21·08	0·001002	54·25285	54·25385	88·47	2315·93	2404·40
3	24·08	0·001003	45·66402	45·66502	101·03	2307·48	2408·51
4	28·96	0·001004	34·79915	34·80015	121·44	2293·73	2415·17
5	32·88	0·001005	28·19150	28·19251	137·79	2282·70	2420·49
7·5	40·29	0·001008	19·23674	19·23775	168·76	2261·74	2430·50
10	45·81	0·001010	14·67254	14·67355	191·79	2246·10	2437·89
15	53·97	0·001014	10·02117	10·02218	225·90	2222·83	2448·73
20	60·06	0·001017	7·64835	7·64937	251·35	2205·36	2456·71
25	64·97	0·001020	6·20322	6·20424	271·88	2191·21	2463·08
30	69·10	0·001022	5·22816	5·22918	289·18	2179·22	2468·40
40	75·87	0·001026	3·99243	3·99345	317·51	2159·49	2477·00
50	81·33	0·001030	3·23931	3·24034	340·42	2143·43	2483·85
75	91·77	0·001037	2·21607	2·21711	394·29	2112·39	2496·67
100	99·62	0·001043	1·69296	1·69400	417·33	2088·72	2506·06
125	105·99	0·001048	1·37385	1·37490	444·16	2069·32	2513·48
150	111·37	0·001053	1·15828	1·15933	466·92	2052·72	2519·64
175	116·06	0·001057	1·00257	1·00363	486·78	2038·12	2524·90
200	120·23	0·001061	0·88467	0·88573	504·47	2025·02	2529·49
225	124·00	0·001064	0·79219	0·79325	520·45	2013·10	2533·56
250	127·43	0·001067	0·71765	0·71871	535·08	2002·14	2537·21
275	130·60	0·001070	0·65624	0·65731	548·57	1991·95	2540·53
300	133·55	0·001073	0·60475	0·60582	561·13	1982·43	2543·55
325	136·30	0·001076	0·56093	0·56201	572·88	1973·46	2546·34
350	138·88	0·001079	0·52317	0·52425	583·93	1964·98	2548·92
375	141·32	0·001081	0·49029	0·49137	594·38	1956·93	2551·31
400	143·63	0·001084	0·46138	0·46246	604·29	1949·26	2553·55
450	147·93	0·001088	0·41289	0·41398	622·75	1934·87	2557·62
500	151·86	0·001093	0·37380	0·37489	639·66	1921·57	2561·23
550	155·48	0·001097	0·34159	0·34268	655·30	1909·17	2564·47
600	158·85	0·001101	0·31457	0·31567	669·88	1897·52	2567·40
650	162·01	0·001104	0·29158	0·29268	683·55	1886·51	2570·06
700	164·97	0·001108	0·27176	0·27286	696·43	1876·07	2572·49
750	167·77	0·001111	0·25449	0·25560	708·62	1866·11	2574·73
800	170·43	0·001115	0·23931	0·24043	720·20	1856·58	2576·79

CIVIL SERVICES (MAIN) EXAM-2022

CRNA–S–MCHE

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र–II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़िये)

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

प्रत्येक प्रश्न/भाग के लिए नियत अंक उसके सामने दिये गये हैं।

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिये, 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 चाहिये। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गये उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

प्रश्नोत्तर लिखते समय यदि कोई पूर्वधारणा की जाय, उसको स्पष्टतया निर्दिष्ट किया जाना चाहिये।

जहाँ आवश्यक हो, आरेख/चित्र उत्तर के लिए दिये गये स्थान में ही दर्शाइये।

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

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जायेगी। यदि काटा नहीं हो, तो प्रश्न के उत्तर की गणना की जायेगी चाहे वह उत्तर अंशतः दिया गया हो। प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़ा हुआ पृष्ठ या उसके अंश को स्पष्ट रूप से काटा जाना चाहिये।

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.

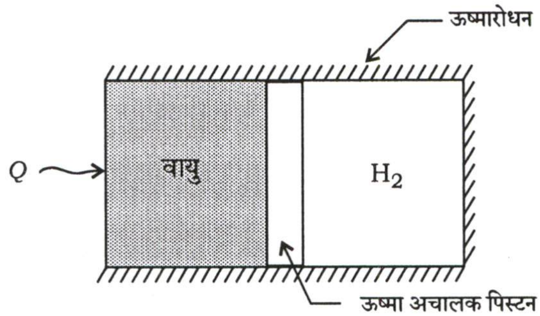
Diagrams/Figures, wherever required, shall be drawn in the space provided for answering the question itself.

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)* चित्र 1(a) में दर्शाये गये निकाय पर गौर कीजिये। दोनों कक्ष प्रारम्भ में 28 लीटर के समान आयतन के हैं, जिनमें क्रमशः वायु ($C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K तथा $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg-K) एवं हाइड्रोजन ($C_p = 14 \cdot 32$ kJ/kg-K तथा $C_v = 10 \cdot 17$ kJ/kg-K) हैं। ये कक्ष एक घर्षणहीन पिस्टन, जो कि ऊष्मा अचालक है, के द्वारा अलग किये गये हैं। दोनों गैसें आरम्भ में 140 kPa तथा 40 °C पर हैं। वायु की ओर से इस प्रकार ऊष्मा दी जाती है कि दोनों गैसों का दाब 280 kPa तक पहुँच जाये। जहाँ से वायु को ऊष्मा दी जाती है उस सतह को छोड़कर कक्ष की सभी बाहरी दीवारों को रोधित किया गया है। वायु का अन्तिम तापमान ज्ञात कीजिये।



चित्र 1(a)

Consider the system shown in Fig. 1(a). The two chambers initially have equal volumes of 28 litres and contain air ($C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K and $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg-K) and hydrogen ($C_p = 14 \cdot 32$ kJ/kg-K and $C_v = 10 \cdot 17$ kJ/kg-K), respectively. The chambers are separated by a frictionless piston which is non-heat-conducting. Both the gases are initially at 140 kPa and 40 °C. Heat is added to the air side until the pressure of both the gases reaches 280 kPa. All outside walls of the chambers are insulated except for the surface where heat is added to air. Calculate the final temperature of the air.

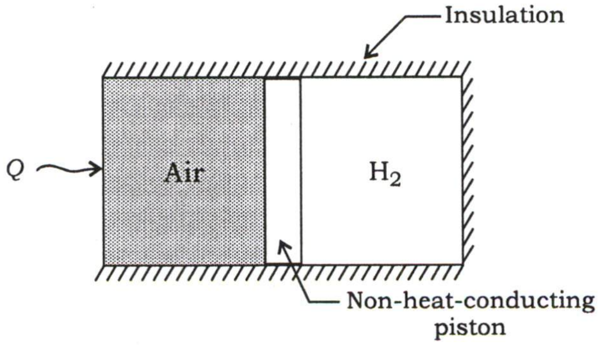


Fig. 1(a) 10

(b) एक अभिसारी-अपसारी नॉजल में 'प्ररोध प्रवाह' क्या होता है? एक अभिसारी-अपसारी नॉजल में सम्पीड्य गैस के निर्गम वेग पर दाब अनुपात के प्रभाव को आरेख की सहायता से समझाइये।

What is 'choked flow' in a convergent-divergent nozzle? Explain, with diagram, the effect of pressure ratio on exit velocity of compressible gas in a convergent-divergent nozzle. 10

(c) एक अक्षीय प्रवाह सम्पीडक, जिसके अन्तर्गम तथा निर्गम कोण क्रमशः 40° तथा 15° हैं, को 50% प्रतिक्रिया के लिये अभिकल्पित किया गया है। सम्पीडक का दाब अनुपात 6 : 1 है तथा समग्र समएन्ट्रॉपी दक्षता 0·80 है, जबकि अन्तर्गम स्थैतिक तापमान 41 °C है। फलक (ब्लेड) चाल तथा अक्षीय वेग आद्योपांत समान हैं। यदि सभी पदों के लिये कृत कार्य गुणक 0·88 हो, तो फलक चाल का मान 210 m/s मानते हुए वांछित पदों की संख्या ज्ञात कीजिये। वायु के लिये $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K तथा $\gamma = 1 \cdot 4$ लीजिये।

An axial flow compressor with inlet and outlet angles of 40° and 15°, respectively has been designed for 50% reaction. The compressor has a pressure ratio of 6 : 1 and overall isentropic efficiency of 0·80, when inlet static temperature is 41 °C. The blade speed and axial velocity are constant throughout. Assuming a value of 210 m/s for blade speed, find the number of stages required if the work done factor is 0·88 for all the stages. Take $C_p = 1 \cdot 005$ kJ/kg-K and $\gamma = 1 \cdot 4$ for air. 10

(d) 52 W/m-°C की ऊष्मीय चालकता वाले ढलवाँ लोहे से बने एक पाइप में गर्म जल 1·5 m/s के औसत वेग से प्रवाहित हो रहा है। पाइप के आन्तरिक तथा बाह्य व्यास क्रमशः 3 cm तथा 3·5 cm हैं। 15 °C तापमान वाले तलघर के 15 m लम्बे हिस्से से पाइप गुजरता है। पाइप के तलघर से गुजरने से जल का तापमान 70 °C से घटकर 67 °C रह जाता है। पाइप की आन्तरिक सतह पर ऊष्मा अंतरण गुणांक 400 W/m^2-°C है। पाइप की बाह्य सतह पर संयुक्त संवहन तथा विकिरण ऊष्मा अंतरण गुणांक को निर्धारित कीजिये।

Hot water is flowing through a pipe made of cast iron having thermal conductivity of 52 W/m-°C, with an average velocity of 1·5 m/s. The inner and outer diameters of the pipe are 3 cm and 3·5 cm, respectively. The pipe passes through a 15 m long section of a basement whose temperature is 15 °C. The temperature of the water drops from 70 °C to 67 °C as it passes through the basement. The heat transfer coefficient on the inner surface of the pipe is 400 W/m^2-°C. Determine the combined convection and radiation heat transfer coefficient at the outer surface of the pipe. 10

(e) (i) सम्पूर्ण तथा स्पेक्ट्रमी कृष्णिका उत्सर्जक शक्तियों को परिभाषित कीजिये। ये एक-दूसरे से किस प्रकार सम्बन्धित हैं?

(ii) दो समरूप पिण्डों पर विचार कीजिये, जिनमें एक 1000 K तथा दूसरा 1500 K पर है। लघु तरंगदैर्घ्य क्षेत्र में कौन-सा पिण्ड ज्यादा विकिरण उत्सर्जित करता है? 20 μm के तरंगदैर्घ्य पर कौन-सा पिण्ड ज्यादा विकिरण उत्सर्जित करता है?

(i) Define the total and spectral black body emissive powers. How are they related to each other? 5

(ii) Consider two identical bodies, one at 1000 K and the other at 1500 K. Which body emits more radiation in the shorter wavelength region? Which body emits more radiation at a wavelength of 20 μm? 5

2. (a) समान वायुमण्डलीय दाब पर 20 °C के 10 g जल को –10 °C की बर्फ में बदला जाता है। द्रव जल की विशिष्ट ऊष्मा 4·2 J/g-K को स्थिर मानते हुए तथा बर्फ की इसकी आधी व 0 °C पर बर्फ की संगलन गुप्त ऊष्मा 335 J/g लेते हुए निकाय की सम्पूर्ण एन्ट्रॉपी परिवर्तन की गणना कीजिये।

10 g of water at 20 °C is converted into ice at –10 °C at constant atmospheric pressure. Assuming the specific heat of liquid water to remain constant at 4·2 J/g-K and that of ice to be half of this value and taking the latent heat of fusion of ice at 0 °C to be 335 J/g, calculate the total entropy change of the system. 20

(b) 5 cm व्यास का एक शाफ्ट, ढलवाँ लोहे की बनी एक बेयरिंग में घूम रहा है। शाफ्ट 4500 r.p.m. पर घूमता है। बेयरिंग 15 cm लम्बी, 8 cm बाह्य व्यास की है तथा इसकी ऊष्मीय चालकता 70 W/m-K है। शाफ्ट तथा बेयरिंग के बीच में 0·6 mm का समान अन्तराल है। अन्तराल, 0·14 W/m-K की ऊष्मीय चालकता तथा 0·03 N-s/m^2 की गतिक श्यानता वाले स्नेहक तेल से भरा हुआ है। बेयरिंग को एक द्रव द्वारा बाहर से ठंडा किया जाता है तथा उसकी बाहरी सतह 40 °C पर अनुरक्षित की गई है। शाफ्ट में ऊष्मा चालन की उपेक्षा करते हुए तथा केवल एक-आयामी ऊष्मा अंतरण मानते हुए, निर्धारण कीजिये *(i)* शीतलक की ऊष्मा अन्तरण दर, *(ii)* शाफ्ट की सतह का तापमान तथा *(iii)* स्नेहक तेल में श्यान क्षय के कारण यांत्रिक शक्ति का क्षरण।

A shaft having diameter of 5 cm rotates in a bearing made of cast iron. The shaft rotates at 4500 r.p.m. The bearing is 15 cm long, 8 cm outer diameter and has thermal conductivity of 70 W/m-K. There is a uniform clearance between the shaft and the bearing of 0·6 mm. The clearance is filled with a lubricating oil having thermal conductivity of 0·14 W/m-K and dynamic viscosity of 0·03 N-s/m^2. The bearing is cooled externally by a liquid, and its outer surface is maintained at 40 °C. Disregarding the heat conduction through the shaft and assuming only one-dimensional heat transfer, determine *(i)* the rate of heat transfer to the coolant, *(ii)* the surface temperature of the shaft and *(iii)* the mechanical power wasted by the viscous dissipation in the lubricating oil. 20

(c) 3 बार दाब तथा $T = 600$ K पर वायु ($C_p = 1{\cdot}05$ kJ/kg-K, $\gamma = 1{\cdot}38$), एक 20 cm व्यास की वाहिनी में 180 m/s के वेग से प्रवाहित हो रही है। गणना कीजिये—

(i) मात्रा प्रवाह दर;

(ii) स्तब्ध तापमान;

(iii) मैक संख्या;

(iv) स्तब्ध दाब, प्रवाह को (1) सम्पीड्य तथा (2) असम्पीड्य मानते हुए।

Air ($C_p = 1{\cdot}05$ kJ/kg-K, $\gamma = 1{\cdot}38$) at 3 bar pressure and $T = 600$ K is flowing with a velocity of 180 m/s inside a 20 cm diameter duct. Calculate the—

(i) mass flow rate;

(ii) stagnation temperature;

(iii) Mach number;

(iv) stagnation pressure assuming flow to be (1) compressible and (2) incompressible.

10

3. *(a)* *(i)* एक गैस टरबाइन में विशिष्ट उत्पादित कार्य तथा दक्षता, दाब अनुपात के साथ किस प्रकार बदलते हैं?

(ii) सिद्ध कीजिये कि एक गैस टरबाइन की दक्षता, एक ब्रेटन चक्र के लिये अधिकतम कृत कार्य के तदनुसार, निम्न प्रकार से सम्बन्धित है

$$\eta_{w\,\max} = 1 - \frac{1}{\sqrt{t}}$$

जहाँ t अधिकतम और न्यूनतम तापमानों का अनुपात है।

(i) How do the specific work output and efficiency vary with pressure ratio in a gas turbine?

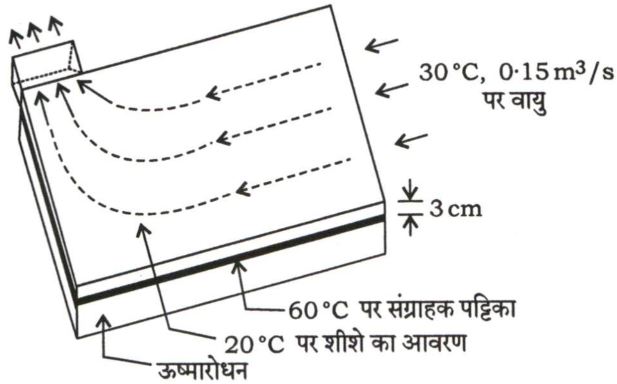
(ii) Prove that the efficiency of a gas turbine corresponding to the maximum work done in a Brayton cycle is given by the relation

$$\eta_{w\,\max} = 1 - \frac{1}{\sqrt{t}}$$

where t is the ratio of the maximum and minimum temperatures.

20

(b) नीचे चित्र 3(b) में दिखाये गये एक सौर संग्राहक, जिसकी विमायें 1 m चौड़ी तथा 5 m लम्बी हैं, में शीशे के आवरण तथा संग्राहक पट्टिका के बीच 3 cm का समान अंतराल है। संग्राहक में, 30 °C पर $0{\cdot}15\ m^3/s$ की दर से वायु 1 m चौड़े किनारे से प्रविष्ट होती है तथा 5 m लम्बे गलियारे में एक छोर से दूसरे तक प्रवाहित होती है। यदि शीशे के आवरण तथा संग्राहक पट्टिका के औसत तापमान क्रमशः 20 °C तथा 60 °C हों, तो निर्धारित कीजिये *(i)* संग्राहक में, वायु में, कुल ऊष्मा संचरण दर और *(ii)* संग्राहक में प्रवाहित होने पर वायु की तापमान वृद्धि।



चित्र 3(b)

1 atm तथा अनुमानित औसत तापमान 35 °C पर वायु के गुणधर्म निम्न प्रकार लिये जा सकते हैं :

$$\rho = 1{\cdot}145\ kg/m^3,\ k = 0{\cdot}02625\ W/m\text{-}°C,\ \nu = 1{\cdot}655 \times 10^{-5}\ m^2/s,$$
$$C_p = 1007\ J/kg\text{-}°C,\ Pr = 0{\cdot}7268$$

A solar collector, as shown in Fig. 3(b) below, having dimensions as 1 m wide and 5 m long, has constant spacing of 3 cm between the glass cover and the collector plate. Air enters the collector at 30 °C and at a rate of $0{\cdot}15\ m^3/s$ through the 1 m wide edge and flows along the 5 m long passageway. If the average temperatures of the glass cover and the collector plate are 20 °C and

60 °C, respectively, determine *(i)* the net rate of heat transfer to the air in the collector and *(ii)* the temperature rise of air as it flows through the collector.

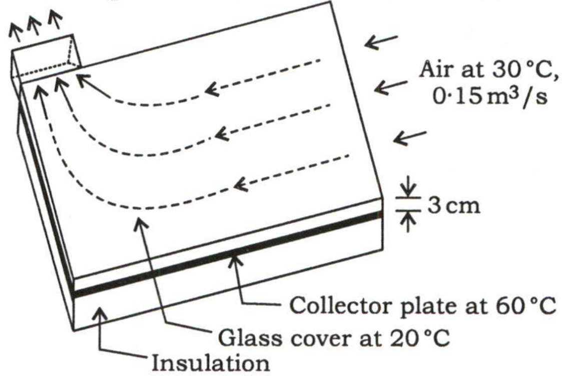


Fig. 3(b)

The properties of air at 1 atm and an estimated average temperature of 35 °C may be taken as :

$$\rho = 1{\cdot}145\ \text{kg/m}^3,\ k = 0{\cdot}02625\ \text{W/m-°C},\ \nu = 1{\cdot}655 \times 10^{-5}\ \text{m}^2/\text{s},$$
$$C_p = 1007\ \text{J/kg-°C},\ \text{Pr} = 0{\cdot}7268$$ 20

(c) एक कार के एक हवारोधी शीशा, जिसकी विमायें 0·6 m ऊँची तथा 1·8 m लम्बी हैं, को वैद्युतीय रूप से गर्म किया जाता है तथा यह 1 atm, 0 °C तथा 80 km/hr की समानान्तर हवाओं के अधीन है। वैद्युत शक्ति की खपत 50 W देखी गई, जबकि हवारोधी शीशे की उजागर सतह का तापमान 4 °C है। अन्दर की सतह से होने वाले ऊष्मा अंतरण और विकिरण की उपेक्षा करते हुए तथा संवेग ऊष्मा अंतरण सादृश्य को प्रयोग में लेते हुए, हवारोधी शीशे पर हवा द्वारा लगाये जाने वाले विकर्ष बल को निर्धारित कीजिये। 1 atm तथा 0 °C पर वायु के गुणधर्म निम्न प्रकार से लिये जा सकते हैं :

$$\rho = 1{\cdot}292\ \text{kg/m}^3,\ C_p = 1{\cdot}006\ \text{kJ/kg-K},\ \text{Pr} = 0{\cdot}7362$$

A windshield of a car, having dimensions as 0·6 m high and 1·8 m long, is electrically heated and is subjected to parallel winds at 1 atm, 0 °C and 80 km/hr. The electrical power consumption is observed to be 50 W, when the exposed surface temperature of the windshield is 4 °C. Disregarding the radiation and heat transfer from the inner surface and using the momentum heat transfer analogy, determine the drag force the wind exerts on the windshield. The properties of air at 0 °C and 1 atm may be taken as :

$$\rho = 1{\cdot}292\ \text{kg/m}^3,\ C_p = 1{\cdot}006\ \text{kJ/kg-K},\ \text{Pr} = 0{\cdot}7362$$ 10

4. *(a)* औसत फलक (ब्लेड) वलय व्यास 500 mm वाली एक एकल-चरण आवेगी टरबाइन का रोटर 10000 r.p.m. की गति से घूमता है। नॉजल कोण 20° है तथा नॉजल से भाप 900 m/s के वेग से बाहर निकलती है। फलक समानकोणिक हैं तथा फलक घर्षण गुणक 0·85 है। फलकों के लिये वेग आरेख बनाइये तथा भाप की प्रघात-रहित प्रविष्टि के लिये फलकों पर प्रवेश का कोण मालूम कीजिये। यह भी मालूम कीजिये *(i)* भाप प्रवाह 750 kg/hr के लिये आरेख शक्ति, *(ii)* आरेख दक्षता, *(iii)* अक्षीय प्रणोद और *(iv)* गतिज ऊर्जा की घर्षण के कारण हानि।

A single-stage impulse turbine rotor has a mean blade ring diameter of 500 mm and rotates at a speed of 10000 r.p.m. The nozzle angle is 20° and the steam leaves the nozzles with a velocity of 900 m/s. The blades are

equiangular and the blade friction factor is 0·85. Construct velocity diagrams for the blades and determine the inlet angle of the blades for shockless entry of steam. Also, determine *(i)* the diagram power for a steam flow of 750 kg/hr, *(ii)* the diagram efficiency, *(iii)* the axial thrust and *(iv)* the loss of kinetic energy due to friction. 20

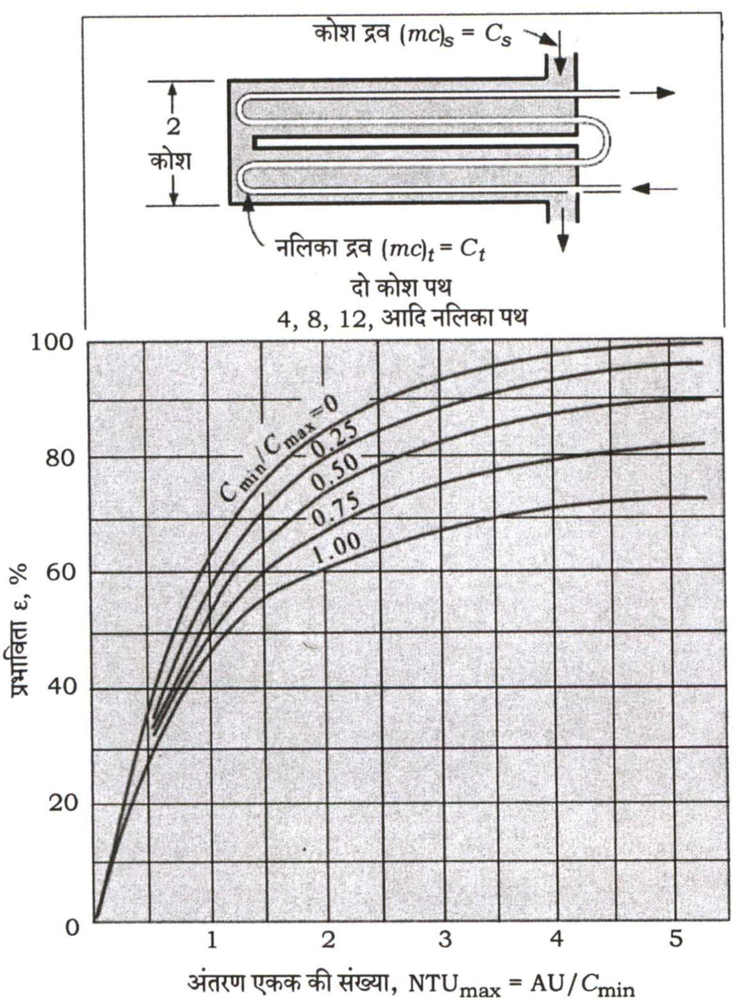
(b) *(i)* एक अपकेन्द्री सम्पीडक के निष्पादन पर प्रणोदक के फलक (ब्लेड) की आकृति के प्रभाव को, एक निर्गम वेग आरेख तथा दाब अनुपात-मात्रा प्रवाह दर वक्र की सहायता से समझाइये।

(ii) अपकेन्द्री सम्पीडकों में प्रोत्कर्षण व प्ररोधन घटनाओं को समझाइये।

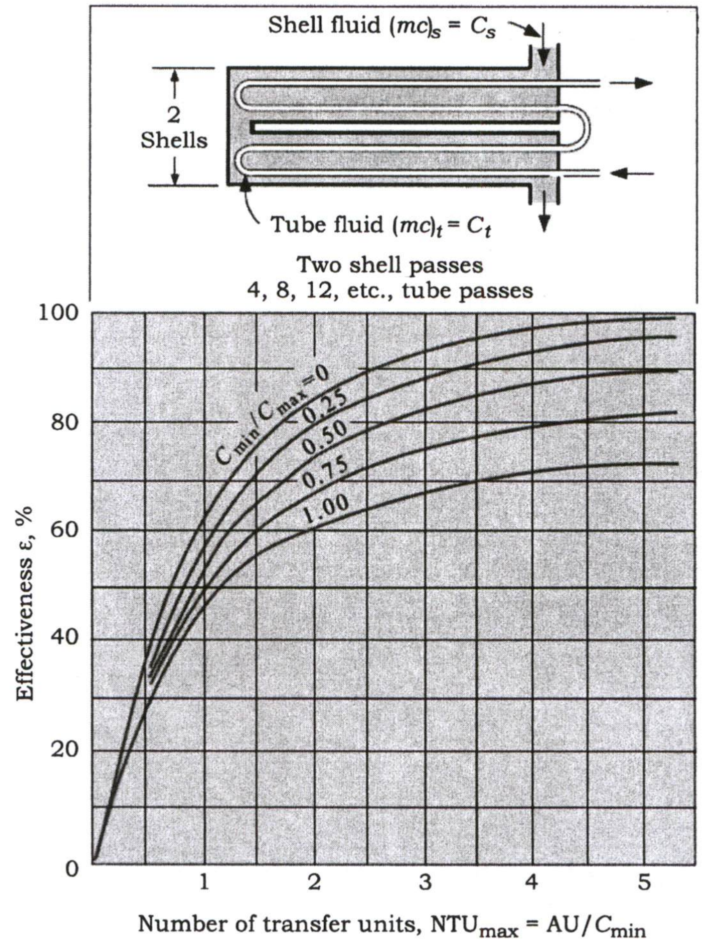
(i) Explain the effect of impeller blade shape on the performance of a centrifugal compressor with the help of an exit velocity diagram and pressure ratio-mass flow rate curve.

(ii) Discuss the phenomena of surging and choking in centrifugal compressors. 20

(c) एक कोश तथा नलिका ऊष्मा विनिमयित्र दो कोश पथ तथा चार नलिका पथ के साथ कार्यरत हैं। कोश की ओर का द्रव एथिलीन ग्लाइकॉल है, जो 140 °C पर प्रविष्ट होता है तथा 80 °C पर 4500 kg/hr की प्रवाह दर से बाहर निकलता है। नलिकाओं में प्रवाहित जल, 35 °C पर प्रविष्ट हो रहा है तथा 85 °C पर बाहर निकल रहा है। इस व्यवस्था के लिये समग्र ऊष्मा अंतरण गुणांक 850 W/m^2-°C है। वांछित जल-प्रवाह दर की तथा ऊष्मा विनिमयित्र के क्षेत्रफल की गणना कीजिये। एथिलीन ग्लाइकॉल की विशिष्ट ऊष्मा 2·742 J/g-°C तथा जल की विशिष्ट ऊष्मा 4·175 J/g-°C ली जा सकती है। एन० टी० यू० सम्बन्धों के लिये निम्न आरेख उपयोग में लिया जा सकता है।



A shell and tube heat exchanger operates with two shell passes and four tube passes. The shell side fluid is ethylene glycol, which enters at 140 °C and leaves at 80 °C with a flow rate of 4500 kg/hr. Water flows in the tubes, entering at 35 °C and leaving at 85 °C. The overall heat transfer coefficient for this arrangement is 850 W/m^2-°C. Calculate the flow rate of water required and the area of the heat exchanger. The specific heat of ethylene glycol may be taken as 2·742 J/g-°C and the specific heat of water may be taken as 4·175 J/g-°C. For NTU relations, the following figure may be used.



10

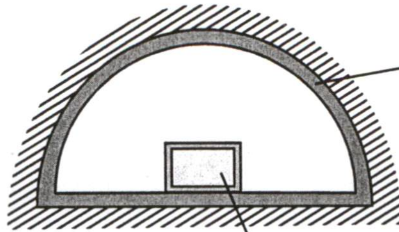
खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* क्या अल्कोहल आइ० सी० इंजन में ईंधन के रूप में प्रयुक्त हो सकता है? लाभ तथा हानियों के साथ समझाइये।

Can alcohols be used as fuel in IC engine? Explain with advantages and disadvantages. 10

(b) 1 m^3 आयतन वाले जल से भरे एक रिऐक्टर, जो कि 20 MPa तथा 360 °C पर है, को चित्र 5(b) के अनुसार एक नियंत्रण कक्ष में रखा गया है। कक्ष अच्छी तरह से रोधित है तथा इसे आरम्भ में निर्वात किया गया है। असफलता के कारण रिऐक्टर फट जाता है तथा नियंत्रण (कॉन्टेनमेन्ट) कक्ष में जल भर जाता है। कक्ष का न्यूनतम आयतन ज्ञात कीजिये जिससे कि अन्तिम दाब 200 kPa से अधिक न हो।

[इस पत्र के अन्त में दी हुई भाप (स्टीम) सारणी में दत्त सामग्री का उपयोग कीजिये]



चित्र 5(b)

A water-filled reactor with a volume of 1 m^3 is at 20 MPa and 360 °C, and is placed inside a containment room as shown in Fig. 5(b). The room is well-insulated and initially evacuated. Due to a failure, the reactor ruptures and the water fills the containment room. Find the minimum room volume so that the final pressure does not exceed 200 kPa.

[Use steam table data given at the end of the Paper]

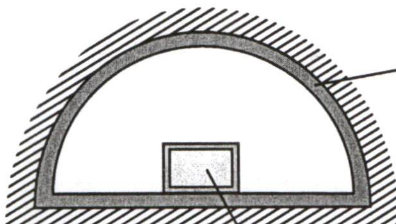


Fig. 5(b) 10

(c) एक योजनाबद्ध तथा *T-s* आरेख का उपयोग करते हुए समझाइये कि कैसे आदर्श पुनर्जनन वाले एक साधारण भाप शक्ति संयंत्र (रैंकिन) चक्र की तापीय दक्षता, कार्नो दक्षता के सदृश हो सकती है।

Using a schematic and *T-s* diagram, explain how with perfect regeneration for a simple steam power plant (Rankine) cycle, thermal efficiency can approach Carnot efficiency. 10

(d) एक वाष्प संपीडन प्रशीतन तंत्र के निष्पादन पर निम्न प्राचलों से पड़ने वाले प्रभाव की विवेचना *p-h* आरेख की सहायता से कीजिये :

(i) चूषण दाब

(ii) प्रदान दाब

(iii) द्रव का उपशीतन

(iv) वाष्प का अतितापन

Discuss the effect of the following parameters on the performance of a vapor compression refrigeration system with the help of *p-h* diagram :

(i) Suction pressure
(ii) Delivery pressure
(iii) Subcooling of liquid
(iv) Superheating of vapors 10

(e) एक कमरे की वायु 40 m^3 प्रति मिनट की दर पर पुनःसंचारित की जाती है तथा 32 °C DBT और 18 °C WBT अवस्था वाली बाहरी वायु एक वातानुकूलक की शीतलन कुण्डली में प्रविष्ट होती है। कुण्डली का प्रभावी सतह तापमान 4·5 °C है। कुण्डली की सतह का क्षेत्रफल इस प्रकार है कि यह वायु के प्रवेश की दी हुई अवस्था के लिये 12 kW का शीतलन प्रदान करेगी। कुण्डली से बाहर जाने वाली वायु का DBT तथा WBT और कुण्डली के बाइपास गुणक का निर्धारण कीजिये।

[इस पत्र के अन्त में साइक्रोमीट्रिक चार्ट दिया गया है]

The room air is recirculated at the rate of 40 m^3 per minute and the outdoor air enters a cooling coil of an air conditioner at 32 °C DBT and 18 °C WBT. The effective surface temperature of the coil is 4·5 °C. The surface area of the coil is such as would give 12 kW of refrigeration with the given entering conditions of air. Determine the DBT and WBT of the air leaving the coil and the coil bypass factor.

[Psychrometric chart is given at the end of this Paper] 10

6. (a) एक चार-सिलिन्डर डीजल इंजन, जिसका प्रसर्पित आयतन 0·98 लीटर है, का निष्पादन फर्श पर परीक्षण किया गया है। 2500 r.p.m. की चाल से चलने वाला इंजन 0·3 m भुजा के ब्रेक के प्रतिकूल 6·8 लीटर/घंटा की ईंधन खपत दर पर 190 N का ब्रेक भार उत्पादित करता है। ईंधन का कैलोरी मान 45000 kJ/kg तथा विशिष्ट गुरुत्व 0·82 है। 1, 2, 3, 4 के क्रम में पृथक्-पृथक् सिलिन्डर की ईंधन आपूर्ति रोककर तदनुसार ब्रेक भार 131 N, 135 N, 133 N तथा 137 N के क्रम में इंजन पर एक मोर्स परीक्षण किया गया। इंजन की इस परीक्षण चाल पर गणना कीजिये—ब्रेक शक्ति, ब्रेक माध्य प्रभावी दाब, ब्रेक तापीय दक्षता, ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत, सूचित शक्ति, यांत्रिक दक्षता तथा सूचित माध्य प्रभावी दाब।

A four-cylinder diesel engine with swept volume of 0·98 litre is tested on a performance bed. The engine running at a speed of 2500 r.p.m. against a brake with arm of 0·3 m produces brake load of 190 N with fuel consumption of 6·8 litres/hr. The calorific value of fuel is 45000 kJ/kg and specific gravity of fuel is 0·82. A Morse test is carried out on the engine by cutting off the fuel supply of individual cylinder in the order 1, 2, 3, 4 with corresponding brake loads 131 N, 135 N, 133 N and 137 N, respectively. Calculate the b.p., b.m.e.p., brake thermal efficiency, b.s.f.c., i.p., mechanical efficiency and i.m.e.p. of the engine at test speed. 20

(b) एक शक्ति संयंत्र, एक बन्द भरण-जल तापक के साथ एक पुनर्योजी भाप चक्र पर कार्य करता है। भाप प्रथम टरबाइन के चरण पर 125 बार, 500 °C पर प्रविष्ट होती है तथा 10 बार तक प्रसारित होती है, जहाँ कि कुछ भाप निकाल ली जाती है तथा बन्द भरण-जल तापक को भेज दी जाती है। भरण-जल तापक में स्थित संघनित सन्तृप्त द्रव के रूप में 10 बार पर एक ट्रैप में होता हुआ संघनित्र में पहुँचता है। तापक से भरण-जल 120 बार तथा 170 °C तापमान के साथ बाहर निकलता है। संघनित्र दाब 0·06 बार है। टरबाइन तथा पम्प कार्य को समएन्ट्रॉपी मानते हुए चक्र की तापीय दक्षता निर्धारित कीजिये। 125 बार, 500 °C पर भाप की एन्थैल्पी $h = 3343{\cdot}6$ kJ/kg तथा एन्ट्रॉपी $s = 6{\cdot}4651$ kJ/kg-K है।

[इस पत्र के अन्त में दी हुई भाप सारणियों का प्रयोग कीजिये]

A power plant operates on a regenerative steam cycle with one closed feedwater heater. Steam enters the first turbine stage at 125 bar, 500 °C and expands to 10 bar, where some of the steam is extracted and diverted to the closed feedwater heater. Condensate exiting the feedwater heater as saturated liquid at 10 bar passes through a trap into the condenser. The feedwater exits the heater at 120 bar with a temperature of 170 °C. The condenser pressure is 0·06 bar. Assuming isentropic turbine and pump work, determine the thermal efficiency of the cycle. At 125 bar, 500 °C for steam, $h = 3343 \cdot 6$ kJ/kg and $s = 6 \cdot 4651$ kJ/kg-K.

[Use steam tables provided at the end of this Paper] 20

(c) एक स्वच्छ चित्र की सहायता से NH_3-जलवाष्प अवशोषण प्रशीतन तंत्र को समझाइये। प्रशीतक-अवशोषक संयोजन के वांछित गुण कौन-से हैं?

Explain NH_3-water vapor absorption refrigeration system with a neat diagram. What are the desired properties of refrigerant-absorber combination? 10

7. (a) (i) एस० आइ० इंजन में HC, CO तथा NO_x उत्सर्जन के गठन की संक्षेप में विवेचना कीजिये। इन उत्सर्जकों की समतुल्य अनुपात पर निर्भरता को एक स्वच्छ चित्र की सहायता से समझाइये।

(ii) एक आइ० सी० इंजन, जिसका वायु-ईंधन अनुपात (ए० एफ० आर०) 15 : 1 तथा सम्पीडन अनुपात 9 : 1 है, एक आदर्श ऑटो चक्र पर कार्यरत है। सम्पीडन के आरम्भ में दाब तथा तापमान क्रमशः 1 बार तथा 27 °C हैं। चक्र के अधिकतम तापमान तथा दाब ज्ञात कीजिये। ऐसा मानिए कि सम्पीडन प्रक्रिया $pV^{1 \cdot 33} = C$ नियम का पालन करती है, ईंधन का कैलोरी मान 43000 kJ/kg तथा कार्यकारी द्रव का $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg-K है।

(i) Briefly discuss HC, CO and NO_x emission formation in SI engine. Explain the dependence of these emissions on equivalence ratio with a neat diagram. 10

(ii) An IC engine working on an ideal Otto cycle has AFR of 15 : 1 and compression ratio of 9 : 1. The pressure and temperature at the start of compression are 1 bar and 27 °C, respectively. Find the maximum temperature and pressure of the cycle. Assume that compression process follows the law $pV^{1 \cdot 33} = C$, the calorific value of fuel is 43000 kJ/kg and C_v of working fluid is 0·717 kJ/kg-K. 10

(b) एक खाद्य प्रसंस्करण कक्ष का गुप्त ऊष्मा भार बहुत ज्यादा है तथा निम्न आँकड़ों वाला वातानुकूलन अपेक्षित है :

कक्ष अभिकल्प अवस्था : 20 °C DBT, 60% RH

बाह्य अवस्था : 45 °C DBT, 30 °C WBT

कक्ष संवेद्य ऊष्मा : 35 kW

कक्ष गुप्त ऊष्मा : 20 kW

अपेक्षित संवातन वायु 90 cmm है

गणना कीजिये *(i)* संवातन भार, *(ii)* कक्ष तथा प्रभावी संवेद्य ऊष्मा गुणक और *(iii)* ए० डी० पी० तथा मितव्ययी अभिकल्प के लिये पुनःतापन की मात्रा। कुण्डली का बाइपास गुणक 0·05 मानिये।

[इस पत्र के अन्त में साइक्रोमीट्रिक चार्ट दिया हुआ है]

A food processing room has a very high latent heat load and is required to be air conditioned as per the following data :

Room design conditions : 20 °C DBT, 60% RH

Outside conditions : 45 °C DBT, 30 °C WBT

Room sensible heat : 35 kW

Room latent heat : 20 kW

The ventilation air requirement is 90 cmm

Determine the *(i)* ventilation load, *(ii)* room and effective sensible heat factors and *(iii)* ADP and amount of reheat for economical design. Assume bypass factor of the coil as 0·05.

[Psychrometric chart is given at the end of this Paper]

Table for Properties of Air

T (K)	ρ (kg/m^3)	C_p (kJ/kg-K)	μ (kg/m-s $\times 10^5$)	ν (m^2/s $\times 10^6$)	k (W/m-K)	α (m^2/s $\times 10^4$)	Pr
100	3·9010	1·0266	0·6924	1·923	0·009246	0·02501	0·770
150	2·3675	1·0099	1·0283	4·343	0·013735	0·05745	0·753
200	1·7687	1·0061	1·3289	7·49	0·01809	0·10165	0·739
250	1·4128	1·0053	1·488	9·49	0·02227	0·13161	0·722
300	1·1774	1·0057	1·983	15·68	0·02624	0·2216	0·708
350	0·9980	1·0090	2·075	20·76	0·03003	0·2983	0·697
400	0·8826	1·0140	2·286	25·90	0·03365	0·3760	0·689
450	0·7833	1·0207	2·284	28·86	0·03707	0·4222	0·683
500	0·7048	1·0295	2·671	37·90	0·04038	0·5564	0·680
550	0·6423	1·0392	2·848	44·34	0·04360	0·6532	0·680
600	0·5879	1·0551	3·018	51·34	0·04649	0·7512	0·680
650	0·5430	1·0635	3·177	58·51	0·04953	0·8578	0·682
700	0·5030	1·0752	3·322	66·25	0·05230	0·9672	0·684
750	0·4709	1·0856	3·481	73·91	0·05509	1·0774	0·686
800	0·4405	1·0978	3·625	82·29	0·05779	1·1951	0·689
850	0·4149	1·1095	3·765	90·75	0·06028	1·3097	0·692
900	0·3925	1·1212	3·899	99·3	0·06269	1·4271	0·696
950	0·3716	1·1321	4·023	108·2	0·06525	1·5610	0·699
1000	0·3524	1·1417	4·152	117·8	0·06752	1·6779	0·702
1100	0·3204	1·160	4·44	136·6	0·0732	1·969	0·704
1200	0·2947	1·179	4·92	159·1	0·0782	2·251	0·707
1300	0·2707	1·197	4·93	182·1	0·0837	2·583	0·705
1400	0·2515	1·214	5·17	205·5	0·0891	2·920	0·705
1500	0·2355	1·230	5·40	229·1	0·0946	3·262	0·705
1600	0·2211	1·248	5·63	254·5	0·100	3·609	0·705

20

(c) एक वाष्पित्र (बॉयलर) में, प्राकृतिक प्रवात की अवस्था के लिये, गणितीय रूप से सिद्ध कीजिये कि एक निश्चित ऊँचाई तथा अनुप्रस्थ काट की चिमनी में, अधिकतम निस्सरण के लिये, गैसों के निरपेक्ष तापमान का बाह्य वातावरण के निरपेक्ष तापमान से एक निश्चित अनुपात वाला सम्बन्ध होता है।

Prove mathematically that for maximum discharge through a chimney of a certain height and cross-section, the absolute temperature of gases bears a certain ratio to the absolute temperature of the outside atmosphere, in case of natural draught of a boiler. 10

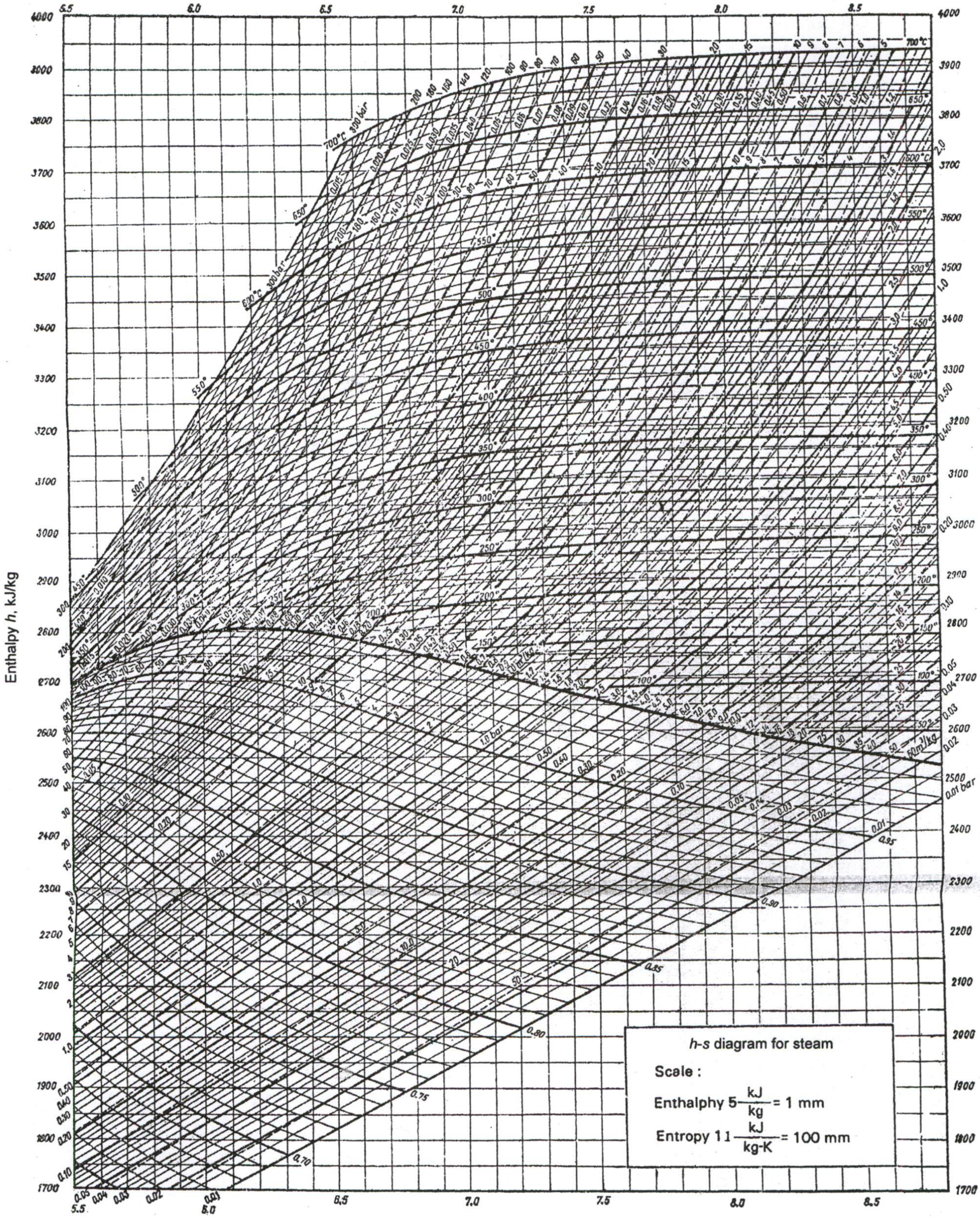
8. *(a)* 60 kW के एक सम्पीडक से चलने वाले एक वाष्प सम्पीडन प्रशीतन (वी० सी० आर०) चक्र प्रशीतित्र का निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०) 6·0 है। सन्तृप्त द्रव तथा सन्तृप्त प्रशीतक वाष्प की एन्थैल्पी, 35 °C के संघनित्र तापमान पर क्रमशः 114·95 kJ/kg तथा 283·89 kJ/kg हैं। वाष्पित्र से निकलने वाले सन्तृप्त प्रशीतक वाष्प की एन्थैल्पी 275·76 kJ/kg है। सम्पीडक के निर्गम पर प्रशीतक का तापमान ज्ञात कीजिये। प्रशीतक का $C_p = 0{\cdot}62$ kJ/kg-K है।

A VCR cycle refrigerator driven by a 60 kW compressor has a COP of 6·0. The enthalpies of saturated liquid and saturated vapor refrigerant at condenser temperature of 35 °C are 114·95 kJ/kg and 283·89 kJ/kg, respectively. The saturated refrigerant vapor leaving evaporator has an enthalpy of 275·76 kJ/kg. Find the temperature of refrigerant at the exit of compressor. The C_p of refrigerant is 0·62 kJ/kg-K. 20

(b) एक गैस टरबाइन-भाप टरबाइन संयुक्त शक्ति संयंत्र में, विवृत चक्र गैस टरबाइन की निकास गैस, भाप चक्र के भाप जनित्र को आपूर्ति की जाती है, जिसमें गैस में अतिरिक्त ईंधन जलाया जाता है। गैस टरबाइन का दाब अनुपात 7·5 है, वायु का अन्तर्गम तापमान 15 °C तथा अधिकतम तापमान 750 °C है। अतिरिक्त ईंधन के दहन से गैस तापमान 750 °C तक बढ़ जाता है तथा भाप जनित्र से गैस 100 °C पर निकलती है। भाप टरबाइन में भाप की आपूर्ति 50 बार तथा 600 °C पर की जाती है और संघनित्र दाब 0·1 बार है। संयंत्र का कुल शक्ति उत्पादन 200 MW है। दहन किये गये ईंधन का कैलोरी मान 43·3 MJ/kg है। ईंधन की मात्रा प्रवाह दर के वायु प्रवाह पर पड़ने वाले प्रभाव को नगण्य मानते हुए, गणना कीजिये *(i)* वांछित वायु तथा भाप प्रवाह दर, *(ii)* गैस टरबाइन तथा भाप टरबाइन का शक्ति उत्पादन, *(iii)* संयुक्त शक्ति संयंत्र की तापीय दक्षता और *(iv)* वायु-ईंधन अनुपात। दहन गैसों के लिये $C_p = 1{\cdot}11$ kJ/kg-K तथा $\gamma = 1{\cdot}33$; वायु के लिये $C_p = 1{\cdot}005$ kJ/kg-K तथा $\gamma = 1{\cdot}4$ लीजिये। पम्प कार्य नगण्य है। संघनित की 0·1 बार पर एन्थैल्पी 192 kJ/kg लीजिये। [पृष्ठ संख्या 14 में मोलियर आरेख संलग्न है]

In a combined gas turbine-steam turbine power plant, the exhaust gas from the open-cycle gas turbine is the supply gas to the steam generator of the steam cycle at which additional fuel is burnt in the gas. The pressure ratio for the gas turbine is 7·5, the air inlet temperature is 15 °C and the maximum temperature is 750 °C. Combustion of additional fuel raises the gas temperature to 750 °C and the gas leaves the steam generator at 100 °C. The steam is supplied to the steam turbine at 50 bar and 600 °C and the condenser pressure is 0·1 bar. The total power output of the plant is 200 MW. The calorific value of the fuel burnt is 43·3 MJ/kg. Neglecting the effect of the mass flow rate of fuel on the air flow, determine *(i)* the flow rate of air and steam required, *(ii)* the power outputs of the gas turbine and steam turbine, *(iii)* the thermal efficiency of the combined plant and *(iv)* the air-fuel ratio. Take $C_p = 1{\cdot}11$ kJ/kg-K and $\gamma = 1{\cdot}33$ for combustion gases; and $C_p = 1{\cdot}005$ kJ/kg-K and $\gamma = 1{\cdot}4$ for air. Neglect pump work. Condensate enthalpy at 0·1 bar = 192 kJ/kg.

[Mollier diagram is attached in Page No. 14] 20



Entropy *s*, kJ/kg-K

Mollier diagram for steam

(c) दो वाष्प शक्ति चक्रों को शृंखला में जोड़ा गया है जहाँ कि एक की लुप्त ऊष्मा, दूसरे द्वारा पूर्ण रूप से अवशोषित की जाती है। यदि अधियोजी चक्र की तापीय दक्षता η_1 हो तथा अधस्तलन चक्र की तापीय दक्षता η_2 हो, तो युगल-चक्र की दक्षता इन दक्षताओं के रूप में निर्धारित कीजिये। चक्रों को उत्क्रमणीय मानिये।

Two vapor power cycles are coupled in series where heat lost by one is absorbed by the other completely. If η_1 is the thermal efficiency of the topping cycle and η_2 is the thermal efficiency of the bottom cycle, determine the efficiency of the combined cycle in terms of these efficiencies. Assume cycles to be reversible. 10

★ ★ ★

Saturated water—Temperature table

		Specific volume, m³/kg		*Internal energy,* kJ/kg			*Enthalpy,* kJ/kg			*Entropy,* kJ/kg·K		
Temp., T °C	Sat. press., P_{sat},kPa	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Saturated water—Temperature table (*Continued*)

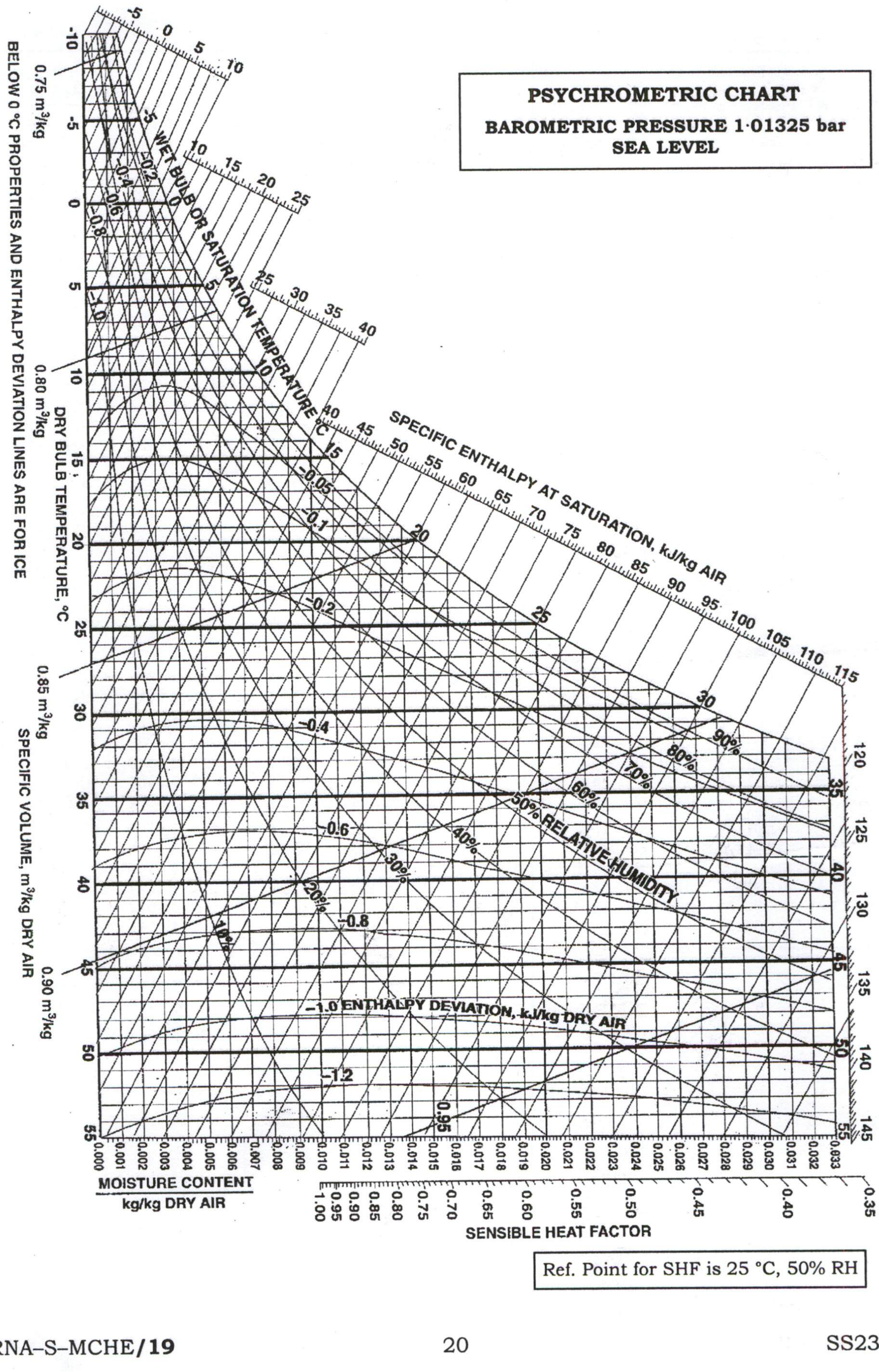
Temp., T °C	Sat. press., P_{sat}, kPa	Specific volume, m³/kg: Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Internal energy, kJ/kg: Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Enthalpy, kJ/kg: Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Entropy, kJ/kg·K: Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
205	1724.3	0.001164	0.11508	872.86	1723.5	2596.4	874.87	1920.0	2794.8	2.3776	4.0154	6.3930
210	1907.7	0.001173	0.10429	895.38	1702.9	2598.3	897.61	1899.7	2797.3	2.4245	3.9318	6.3563
215	2105.9	0.001181	0.094680	918.02	1681.9	2599.9	920.50	1878.8	2799.3	2.4712	3.8489	6.3200
220	2319.6	0.001190	0.086094	940.79	1660.5	2601.3	943.55	1857.4	2801.0	2.5176	3.7664	6.2840
225	2549.7	0.001199	0.078405	963.70	1638.6	2602.3	966.76	1835.4	2802.2	2.5639	3.6844	6.2483
230	2797.1	0.001209	0.071505	986.76	1616.1	2602.9	990.14	1812.8	2802.9	2.6100	3.6028	6.2128
235	3062.6	0.001219	0.065300	1010.0	1593.2	2603.2	1013.7	1789.5	2803.2	2.6560	3.5216	6.1775
240	3347.0	0.001229	0.059707	1033.4	1569.8	2603.1	1037.5	1765.5	2803.0	2.7018	3.4405	6.1424
245	3651.2	0.001240	0.054656	1056.9	1545.7	2602.7	1061.5	1740.8	2802.2	2.7476	3.3596	6.1072
250	3976.2	0.001252	0.050085	1080.7	1521.1	2601.8	1085.7	1715.3	2801.0	2.7933	3.2788	6.0721
255	4322.9	0.001263	0.045941	1104.7	1495.8	2600.5	1110.1	1689.0	2799.1	2.8390	3.1979	6.0369
260	4692.3	0.001276	0.042175	1128.8	1469.9	2598.7	1134.8	1661.8	2796.6	2.8847	3.1169	6.0017
265	5085.3	0.001289	0.038748	1153.3	1443.2	2596.5	1159.8	1633.7	2793.5	2.9304	3.0358	5.9662
270	5503.0	0.001303	0.035622	1177.9	1415.7	2593.7	1185.1	1604.6	2789.7	2.9762	2.9542	5.9305
275	5946.4	0.001317	0.032767	1202.9	1387.4	2590.3	1210.7	1574.5	2785.2	3.0221	2.8723	5.8944
280	6416.6	0.001333	0.030153	1228.2	1358.2	2586.4	1236.7	1543.2	2779.9	3.0681	2.7898	5.8579
285	6914.6	0.001349	0.027756	1253.7	1328.1	2581.8	1263.1	1510.7	2773.7	3.1144	2.7066	5.8210
290	7441.8	0.001366	0.025554	1279.7	1296.9	2576.5	1289.8	1476.9	2766.7	3.1608	2.6225	5.7834
295	7999.0	0.001384	0.023528	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2076	2.5374	5.7450
300	8587.9	0.001404	0.021659	1332.7	1230.9	2563.6	1344.8	1404.8	2749.6	3.2548	2.4511	5.7059
305	9209.4	0.001425	0.019932	1360.0	1195.9	2555.8	1373.1	1366.3	2739.4	3.3024	2.3633	5.6657
310	9865.0	0.001447	0.018333	1387.7	1159.3	2547.1	1402.0	1325.9	2727.9	3.3506	2.2737	5.6243
315	10,556	0.001472	0.016849	1416.1	1121.1	2537.2	1431.6	1283.4	2715.0	3.3994	2.1821	5.5816
320	11,284	0.001499	0.015470	1445.1	1080.9	2526.0	1462.0	1238.5	2700.6	3.4491	2.0881	5.5372
325	12,051	0.001528	0.014183	1475.0	1038.5	2513.4	1493.4	1191.0	2684.3	3.4998	1.9911	5.4908
330	12,858	0.001560	0.012979	1505.7	993.5	2499.2	1525.8	1140.3	2666.0	3.5516	1.8906	5.4422
335	13,707	0.001597	0.011848	1537.5	945.5	2483.0	1559.4	1086.0	2645.4	3.6050	1.7857	5.3907
340	14,601	0.001638	0.010783	1570.7	893.8	2464.5	1594.6	1027.4	2622.0	3.6602	1.6756	5.3358
345	15,541	0.001685	0.009772	1605.5	837.7	2443.2	1631.7	963.4	2595.1	3.7179	1.5585	5.2765
350	16,529	0.001741	0.008806	1642.4	775.9	2418.3	1671.2	892.7	2563.9	3.7788	1.4326	5.2114
355	17,570	0.001808	0.007872	1682.2	706.4	2388.6	1714.0	812.9	2526.9	3.8442	1.2942	5.1384
360	18,666	0.001895	0.006950	1726.2	625.7	2351.9	1761.5	720.1	2481.6	3.9165	1.1373	5.0537
365	19,822	0.002015	0.006009	1777.2	526.4	2303.6	1817.2	605.5	2422.7	4.0004	0.9489	4.9493
370	21,044	0.002217	0.004953	1844.5	385.6	2230.1	1891.2	443.1	2334.3	4.1119	0.6890	4.8009
373.95	22,064	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Saturated water—Pressure table

		Specific volume, m³/kg		*Internal energy,* kJ/kg			*Enthalpy,* kJ/kg			*Entropy,* kJ/kg·K		
Press., P, kPa	Sat. temp., T_{sat}, °C	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

Saturated water—Pressure table (*Continued*)

Press., P, kPa	Sat. temp., T_{sat}, °C	Specific volume, m³/kg Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Internal energy, kJ/kg Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Enthalpy, kJ/kg Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Entropy, kJ/kg·K Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	1049.7	1753.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	689.2	2466.0	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	585.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.6	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070


PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 1·01325 bar
SEA LEVEL
WET BULB OR SATURATION TEMPERATURE °C
SPECIFIC ENTHALPY AT SATURATION, kJ/kg AIR
DRY BULB TEMPERATURE, °C
SPECIFIC VOLUME, m³/kg DRY AIR
BELOW 0 °C PROPERTIES AND ENTHALPY DEVIATION LINES ARE FOR ICE
0.75 m³/kg
0.80 m³/kg
0.85 m³/kg
0.90 m³/kg
RELATIVE HUMIDITY
ENTHALPY DEVIATION, kJ/kg DRY AIR
MOISTURE CONTENT
kg/kg DRY AIR
SENSIBLE HEAT FACTOR
Ref. Point for SHF is 25 °C, 50% RH

SKYC–B–MCHE

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र–II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़िए)

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** और **अंग्रेजी** दोनों में छपे हुए 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)* 500 K पर लोहे के 50 kg के एक खंड को खुले वातावरण में रखा जाता है, जिसका तापमान 285 K है। लौह खंड अंततः वायुमंडल के साथ ऊष्मीय साम्यावस्था तक पहुँच जाता है। लोहे के लिए 0·45 kJ/kg-K की औसत विशिष्ट ऊष्मा मानकर *(i)* लोहे के खंड और वायुमंडल के एन्ट्रॉपी परिवर्तन तथा *(ii)* अप्रतिक्रम्यता का निर्धारण कीजिए।

A 50 kg block of iron at 500 K is placed into open atmosphere which is at a temperature of 285 K. The iron block eventually reaches thermal equilibrium with the atmosphere. Assuming an average specific heat of 0·45 kJ/kg-K for iron, determine the *(i)* entropy change for the iron block and the atmosphere, and *(ii)* irreversibility. 10

(b) दर्शाइए कि एक आदर्श गैस में सामान्य प्रघात के लिए $M_x^* M_y^* = 1$.

Show that for normal shock in a perfect gas, $M_x^* M_y^* = 1$. 10

(c) अक्षीय प्रवाह सम्पीडक में, 50% प्रतिक्रिया हेतु, फलक अभिकल्प को कभी-कभी सममित फलक कहा जाता है। उचित समीकरणों और औचित्य के साथ समझाइए कि इसे ऐसा क्यों कहा जाता है।

In the axial flow compressor, for 50% reaction, the blading design is sometimes called symmetrical blading. Explain, with proper equations and justification, why it is called so. 10

(d) 2700 °C पर एक औद्योगिक भट्ठी (कृष्णिका) विकिरण उत्सर्जित करती है। निम्नलिखित की गणना कीजिए :

(i) $\lambda = 1 \cdot 2\ \mu m$ पर स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन शक्ति

(ii) तरंगदैर्घ्य, जिस पर उत्सर्जन शक्ति अधिकतम होती है

(iii) अधिकतम स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन शक्ति

(iv) कुल उत्सर्जन शक्ति

नीचे दिए गए प्लैन्क वितरण नियम समीकरण का उपयोग कीजिए :

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda T) - 1]}$$

जहाँ, $C_1 = 3 \cdot 742 \times 10^8$ W-μm^4/m^2, $C_2 = 1 \cdot 438 \times 10^4$ μm-K

$\sigma = 5 \cdot 67 \times 10^{-8}$ W/m^2-K^4 लीजिए।

An industrial furnace (blackbody) is emitting radiation at 2700 °C. Calculate the following :

(i) Spectral emissive power at $\lambda = 1 \cdot 2\ \mu m$

(ii) Wavelength at which the emissive power is maximum

(iii) Maximum spectral emissive power

(iv) Total emissive power

Use Planck's distribution law equation given below :

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda T) - 1]}$$

where $C_1 = 3 \cdot 742 \times 10^8$ W-μm^4/m^2, $C_2 = 1 \cdot 438 \times 10^4$ μm-K.

Take $\sigma = 5 \cdot 67 \times 10^{-8}$ W/m^2-K^4. 10

(e) *(i)* ऊष्मा विनिमयित्र विश्लेषण के मामले में एल० एम० टी० डी० विधि के लिए मूल अभिधारणाएँ लिखिए।

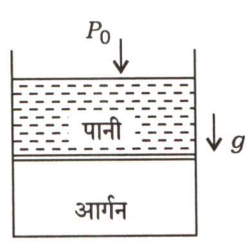
(ii) लिखिए कि मूल ऊष्मा विनिमयित्र विश्लेषण में किस स्थिति में एल० एम० टी० डी० विधि और किस स्थिति में एन० टी० यू० विधि लागू होगी।

(i) Write down the basic assumptions for LMTD method in case of heat exchanger analysis. 5

(ii) Write down in which case LMTD method and in which case NTU method will be applicable in basic heat exchanger analysis. 5

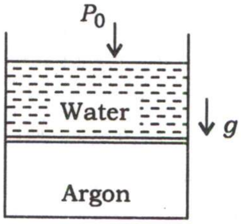
2. *(a)* $0 \cdot 6$ m^2 के अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल वाले एक 15 m ऊँचे सिलिन्डर में 20 kg द्रव्यमान के पतले ऊष्मारोधित पिस्टन के शीर्ष पर 25 °C पर 3 m^3 तरल पानी निहित है। पिस्टन के नीचे, 15 °C पर 3 m^3 आयतन के साथ आर्गन गैस है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। आर्गन को ऊष्मा की आपूर्ति इस प्रकार की जाती है कि पिस्टन ऊपर उठता है और पानी को ऊपरी किनारे से बाहर धकेलता है। ज्ञात कीजिए *(i)* पिस्टन के ऊपर से पूरा पानी निकालने के लिए किया गया कार्य (kJ) और *(ii)* प्रक्रम के दौरान आर्गन को ऊष्मा अन्तरण (kJ). *(iii)* आर्गन के लिए प्रक्रम का P-v आरेख खींचिए।

वायुमंडलीय दाब (P_0) को 101 kPa, आर्गन के लिए C_v और R क्रमशः 0·312 kJ/kg-K और 0·2081 kJ/kg-K मान लीजिए। 25 °C पर पानी का विशिष्ट आयतन 0·001003 m^3/kg है। पिस्टन की मोटाई की उपेक्षा कीजिए :



A 15 m high cylinder with a cross-sectional area of $0 \cdot 6$ m^2 contains 3 m^3 of liquid water at 25 °C on the top of a thin insulated piston of mass 20 kg. Below the piston, argon gas is at 15 °C with a volume of 3 m^3, as shown in the figure. Heat is supplied to argon such that the piston rises and pushes the water out over the top edge. Find the *(i)* work done (kJ) to remove the whole water from the top of the piston and *(ii)* heat transferred (kJ) to argon during the process. *(iii)* Plot the process on P-v diagram for argon.

Assume atmospheric pressure (P_0) as 101 kPa, C_v and R for argon as 0·312 kJ/kg-K and 0·2081 kJ/kg-K respectively. The specific volume of water at 25 °C is 0·001003 m^3/kg. Neglect piston thickness :



20

(b) 100 kPa और 290 K पर वायु संपीडन के दो चरणों और प्रसरण के दो चरणों के साथ एक गैस टरबाइन चक्र में प्रवेश करती है। यह निकाय आदर्श पुनर्योजक, पुनस्तापक तथा अन्तराशीतक का उपयोग करता है। प्रत्येक चरण में दाब अनुपात 4 है। दहन कक्ष और पुनस्तापक प्रत्येक में 300 kJ/kg ऊष्मा डाली जाती है। पुनर्योजक वायु का तापमान 20 °C से बढ़ा देता है। *T-s* आरेख खींचिए और ज्ञात कीजिए *(i)* कुल परित्यक्त ऊष्मा (kJ/kg), *(ii)* शुद्ध उत्पादित कार्य (kJ/kg) तथा *(iii)* निकाय की तापीय दक्षता। सभी संपीडकों और टरबाइनों के लिए समएन्ट्रॉपी प्रचालन मान लीजिए।

वायु के लिए C_p = 1·005 kJ/kg-K तथा $\gamma = 1 \cdot 4$ लीजिए।

Air at 100 kPa and 290 K enters a gas turbine cycle with two stages of compression and two stages of expansion. This system uses ideal regenerator, reheater and intercooler. The pressure ratio across each stage is 4. 300 kJ/kg of heat is added in combustion chamber and reheater each. The regenerator increases the air temperature by 20 °C. Draw *T-s* plot and determine the *(i)* total heat rejected (kJ/kg), *(ii)* net work output (kJ/kg) and *(iii)* thermal efficiency of the system. Assume isentropic operation for all compressors and turbines.

Take C_p of air = 1·005 kJ/kg-K and $\gamma = 1 \cdot 4$. 20

(c) एक अभिसारी-अपसारी तुंड का कंठ क्षेत्र 250 mm^2 तथा निकास क्षेत्र 500 mm^2 है। वायु 350 K के स्थिर तापमान तथा 1 MPa के स्थिर दाब के साथ तुंड में प्रवेश करती है। तुंड के माध्यम से वायु की अधिकतम प्रवाह दर तथा स्थैतिक दाब, स्थैतिक तापमान, मैक संख्या और वेग, तुंड के निकास पर, ज्ञात कीजिए।

$\gamma = 1 \cdot 4$, $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K दिया गया है।

प्रश्न के हल हेतु गैस तालिका का उपयोग कीजिए।

A convergent-divergent nozzle has a throat area of 250 mm^2 and an exit area of 500 mm^2. Air enters the nozzle with a stagnation temperature of 350 K and stagnation pressure of 1 MPa. Determine the maximum flow rate of air through the nozzle and the static pressure, static temperature, Mach number and velocity at the exit from the nozzle.

Given $\gamma = 1 \cdot 4$, $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K.

Use Gas Table to solve the problem. 10

गैस तालिका (Gas Table)

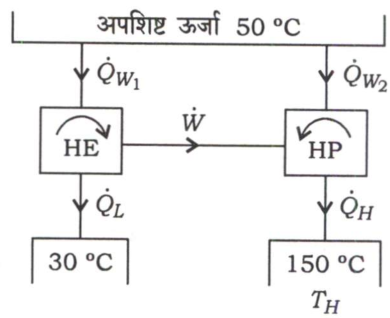
Table : समऐन्ट्रॉपी प्रवाह (Isentropic Flow)

M	M^*	$\frac{A}{A^*}$	$\frac{p}{p_0}$	$\frac{\rho}{\rho_0}$	$\frac{T}{T_0}$
0	0	∞	1·00000	1·00000	1·00000
0·10	0·10943	5·8218	0·99303	0·99502	0·99800
0·20	0·21822	2·9635	0·97250	0·98027	0·99206
0·30	0·32572	2·0351	0·93947	0·95638	0·98232
0·40	0·43133	1·5901	0·89562	0·92428	0·96899
0·50	0·53452	1·3398	0·84302	0·88517	0·95238
0·60	0·63480	1·1882	0·78400	0·84045	0·93284
0·70	0·73179	1·09437	0·72092	0·79158	0·91075
0·80	0·82514	1·03823	0·65602	0·74000	0·88652
0·90	0·91460	1·00886	0·59126	0·68704	0·86058
1·00	1·00000	1·00000	0·52828	0·63394	0·83333
1·10	1·08124	1·00793	0·46835	0·58169	0·80515
1·20	1·1583	1·03044	0·41238	0·53114	0·77640
1·30	1·2311	1·06631	0·36092	0·48291	0·74738
1·40	1·2999	1·1149	0·31424	0·43742	0·71839
1·50	1·3646	1·1762	0·27240	0·39498	0·68965
1·60	1·4254	1·2502	0·23527	0·35573	0·66138
1·70	1·4825	1·3376	0·20259	0·31969	0·63372
1·80	1·5360	1·4390	0·17404	0·28682	0·60680
1·90	1·5861	1·5552	0·14924	0·25699	0·58072
2·00	1·6330	1·6875	0·12780	0·23005	0·55556
2·10	1·6769	1·8369	0·10935	0·20580	0·53135
2·20	1·7179	2·0050	0·09352	0·18405	0·50813
2·30	1·7563	2·1931	0·07997	0·16458	0·48591
2·40	1·7922	2·4031	0·06840	0·14720	0·46468
2·50	1·8258	2·6367	0·05853	0·13169	0·44444
2·60	1·8572	2·8960	0·05012	0·11787	0·42517
2·70	1·8865	3·1830	0·04295	0·10557	0·40684
2·80	1·9140	3·5001	0·03685	0·09462	0·38941
2·90	1·9398	3·8498	0·03165	0·08489	0·37286
3·00	1·9640	4·2346	0·02722	0·07623	0·35714
3·50	2·0642	6·7896	0·01311	0·04523	0·28986
4·00	2·1381	10·719	0·00658	0·02766	0·23810
4·50	2·1936	16·562	0·00346	0·01745	0·19802
5·00	2·2361	25·000	$189(10)^{-5}$	0·01134	0·16667
6·00	2·2953	53·180	$633(10)^{-6}$	0·00519	0·12195
7·00	2·3333	104·143	$242(10)^{-6}$	0·00261	0·09259
9·00	2·3772	327·189	$474(10)^{-7}$	0·000815	0·05814
10·00	2·3904	535·938	$236(10)^{-7}$	0·000495	0·04762
∞	2·4495	∞	0	0	0

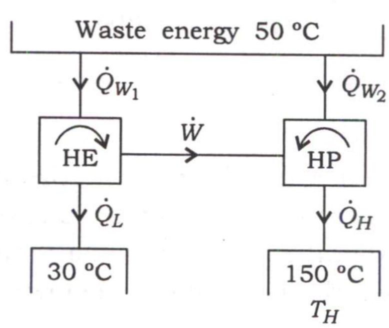
3. *(a)* 1 cm मोटाई की एक जंगरोधी इस्पात पट्टिका (ऊष्मा चालकता = 22 W/m-K) में 600 MW/m^3 की एकसमान दर से ऊष्मा उत्पन्न होती है। पट्टिका के बायीं ओर का तापमान 200 °C पर स्थिर बनाए रखा जाता है और दाहिनी ओर को 100 °C पर स्थिर बनाए रखा जाता है। *(i)* पट्टिका में तापमान वितरण, *(ii)* अधिकतम तापमान का स्थान और मान क्या होगा तथा *(iii)* पट्टिका के दोनों ओर से ऊष्मा फ्लक्स और उसकी दिशा क्या होगी? एक-आयामी, स्थायी-दशा ऊष्मा चालन मान लीजिए।

Heat is generated in a stainless steel plate (thermal conductivity = 22 W/m-K) of thickness 1 cm, at a uniform rate of 600 MW/m^3. The left side of the plate is maintained at 200 °C and the right side is maintained at 100 °C. What will be the *(i)* temperature distribution across the plate, *(ii)* location and value of maximum temperature and *(iii)* heat flux from both sides of the plate and its direction? Assume one-dimensional, steady-state heat conduction. 20

(b) ऊष्मा पम्प चलाने वाले ऊष्मा इंजन का एक संयोजन (चित्र देखिए) 50 °C पर अपशिष्ट ऊर्जा को एक स्रोत, $\dot{Q}_{W_1}$, के रूप में, 30 °C पर ऊष्मा परित्याग करने वाले ऊष्मा इंजन में ले जाता है। शेष, $\dot{Q}_{W_2}$, ऊष्मा पम्प में चली जाती है जो 150 °C पर $\dot{Q}_H$ प्रदान करता है। यदि कुल अपशिष्ट ऊर्जा 5 MW है, तो उच्च तापमान पर वितरित ऊर्जा की दर ज्ञात कीजिए। ऊष्मा इंजन और ऊष्मा पम्प को प्रतिक्रम्य मान लीजिए :



A combination of a heat engine driving a heat pump (see the figure) takes waste energy at 50 °C as a source, $\dot{Q}_{W_1}$, to the heat engine rejecting heat at 30 °C. The remainder, $\dot{Q}_{W_2}$, goes into the heat pump that delivers $\dot{Q}_H$ at 150 °C. If the total waste energy is 5 MW, find the rate of energy delivered at the higher temperature. Assume heat engine and heat pump as reversible :



20

(c) एक अपकेन्द्री संपीडक 6000 r.p.m. पर चलते समय 1·25 kg/s वायु प्रदान करता है। अन्तर्गम तथा निर्गम पर व्यास क्रमशः 0·5 m और 1 m हैं। शक्ति निविष्ट गुणक 1·04 है, जबकि सर्पण गुणक इकाई है। संपीडक द्वारा खपत की गई शक्ति 50 kW है। उपयोग किए गए प्रणोदक का प्रकार बताइए, चाहे वह अग्र, त्रिज्य या पश्च वक्र है। वेग त्रिभुज बनाइए। मान लीजिए कि अन्तर्गम पर कोई पूर्व-आवर्त नहीं है।

A centrifugal compressor delivers 1·25 kg/s of air while running at 6000 r.p.m. The diameters at the inlet and outlet are 0·5 m and 1 m respectively. The power input factor is 1·04, while the slip factor is unity. The power consumed by the compressor is 50 kW. State the type of impeller used, whether forward, radial or backward curved. Draw velocity triangles. Assume no prewhirl at the inlet. 10

4. (a) एक तुंड के माध्यम से होने वाले एक आदर्श, समऐन्ट्रॉपी गैस प्रवाह पर विचार करते हुए दर्शाइए कि मैक संख्या (M) = 1 पर प्ररोधन होगा।

Considering an ideal, isentropic gas flow through a nozzle, show that choking will occur at Mach number (M) = 1. 20

(b) 30 °C पर पानी 1 m/s के वेग से 1·5 cm व्यास वाली एक क्षैतिज नलिका में प्रवेश करता है। नलिका की दीवार को 90 °C के स्थिर तापमान पर बनाए रखा जाता है। यदि निकास पानी का तापमान 65 °C है, तो नलिका की लम्बाई की गणना कीजिए। कोई यह मान सकता है कि प्रवाह विक्षुब्ध है, पूरी तरह से विकसित है और नलिका का आंतरिक पृष्ठ चिकना है।

पानी के गुणधर्म दिए गए हैं :

ऊष्मा चालकता $(k) = 0 \cdot 656$ W/m-K

घनत्व $(\rho) = 984 \cdot 4$ kg/m^3

शुद्धगतिक श्यानता $(\nu) = 0 \cdot 497 \times 10^{-6}$ m^2/s

विशिष्ट ऊष्मा $(C_p) = 4178$ J/kg-K

प्रांड्ल संख्या (Pr) = $3 \cdot 12$

घर्षण गुणक $(F) = 0 \cdot 079$ (रेनॉल्ड्स संख्या)$^{-0 \cdot 25}$

रेनॉल्ड्स संख्या $\equiv \text{Re}_D$

औसत नुसेल्ट संख्या $(\text{Nu}_D) = \dfrac{(\frac{F}{2})(\text{Re}_D - 1000)\,\text{Pr}}{1 + 12 \cdot 7 (\frac{F}{2})^{1/2} (\text{Pr}^{2/3} - 1)}$

इसके अलावा, नलिका के मध्य में पानी के तापमान और नलिका में दाब-पात की गणना कीजिए।

Water at 30 °C enters a 1·5 cm diameter horizontal tube with a velocity of 1 m/s. The tube wall is maintained at a constant temperature of 90 °C. Calculate the length of the tube if the exit water temperature is 65 °C. One may assume that the flow is turbulent, fully developed and the internal surface of the tube is smooth.

The properties of water are given :

Thermal conductivity $(k) = 0 \cdot 656$ W/m-K

Density $(\rho) = 984 \cdot 4$ kg/m^3

Kinematic viscosity $(\nu) = 0 \cdot 497 \times 10^{-6}$ m^2/s

Specific heat $(C_p) = 4178$ J/kg-K

Prandtl number $(\text{Pr}) = 3 \cdot 12$

Friction factor $(F) = 0 \cdot 079$ (Reynolds number)$^{-0 \cdot 25}$

Reynolds number $\equiv \text{Re}_D$

Average Nusselt number $(\text{Nu}_D) = \dfrac{(\frac{F}{2})(\text{Re}_D - 1000)\,\text{Pr}}{1 + 12 \cdot 7 (\frac{F}{2})^{1/2} (\text{Pr}^{2/3} - 1)}$

Also, calculate the water temperature at the middle of the tube and pressure drop across the tube. 20

(c) एक खाली की गई 150 L की टंकी कमरे के तापमान 25 °C और 8 MPa दाब पर बहने वाली वायु (स्थिर विशिष्ट ऊष्मा) की एक लाइन से जुड़ी है। वाल्व खोला जाता है, जिससे वायु को टंकी में तब तक प्रवाहित होने दिया जाता है, जब तक कि अंदर का दाब 6 MPa न हो जाए। इस क्षण पर वाल्व बंद किया जाता है। यह भरने की प्रक्रिया तेजी से होती है और मूलतः रुद्धोष्म है। फिर टंकी को भंडारण में रखा जाता है, जहाँ वह अंततः कमरे के तापमान पर वापस आ जाती है। टंकी के अंदर अंतिम दाब क्या है?

An evacuated 150 L tank is connected to a line flowing air (constant specific heat) at room temperature 25 °C and 8 MPa pressure. The valve is opened, allowing air to flow into the tank until the pressure inside is 6 MPa. At this point, the valve is closed. The filling process occurs rapidly and is essentially adiabatic. The tank is then placed in storage, where it eventually returns to room temperature. What is the final pressure inside the tank? 10

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* एक तालिका के रूप में दर्शाइए कि निम्नलिखित चरों में वृद्धि, संपीडन प्रज्वलन (सी० आइ०) इंजन के प्रज्वलन विलम्ब काल को कैसे प्रभावित (वृद्धि या कमी) करती है :

(i) स्वतः प्रज्वलन तापमान

(ii) सीटेन संख्या

(iii) संपीडन अनुपात

(iv) अन्तर्ग्राही दाब

(v) अन्तर्ग्राही तापमान

(vi) वायु-ईंधन अनुपात

(vii) रेचन गैस पुनःसंचारण

Show in the form of a table, how the increase in the following variables affects (increase or decrease) the ignition delay period of a compression ignition (CI) engine :

(i) Self-ignition temperature

(ii) Cetane number

(iii) Compression ratio

(iv) Intake pressure

(v) Intake temperature

(vi) Air-fuel ratio

(vii) Exhaust gas recirculation 10

(b) वाष्प शक्ति चक्र हेतु एक आदर्श कार्यकारी तरल की वांछनीय विशेषताएँ क्या हैं?

What are the desirable characteristics of an ideal working fluid for vapour power cycle? 10

(c) भाप-टरबाइन का पुनस्ताप गुणक क्या है? पुनस्ताप गुणक हमेशा एक से बड़ा होता है, यह दर्शाने हेतु एक व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए।

What is reheat factor of a steam turbine? Derive an expression to show that the reheat factor is always greater than unity. 10

(d) वाष्प संपीडन तथा वाष्प अवशोषण प्रशीतन प्रणालियों की तुलना कीजिए।

Compare vapour compression and vapour absorption refrigeration systems. 10

(e) साइक्रोमीट्रिक चार्ट का उपयोग किए बिना गणना कीजिए *(i)* आपेक्षिक आर्द्रता, *(ii)* आर्द्रता अनुपात, *(iii)* ओसांक तापमान तथा *(iv)* आर्द्र वायु की एन्थैल्पी, जब डी॰ बी॰ टी॰ 35 °C और डब्ल्यू॰ बी॰ टी॰ 23 °C है। बैरोमीटर 755 mm Hg बता रहा है।

संशोधित एपीजॉन समीकरण का प्रयोग कीजिए (bar में दाब का मान लीजिए) :

$$p_v = p'_v - \frac{1 \cdot 8\, p(t - t')}{2700}$$

जहाँ, p_v = डी॰ पी॰ टी॰ के अनुरूप जलवाष्प का आंशिक दाब

p'_v = डब्ल्यू॰ बी॰ टी॰ के अनुरूप जलवाष्प का आंशिक दाब

t = डी॰ बी॰ टी॰

t' = डब्ल्यू॰ बी॰ टी॰

p = बैरोमीटरी दाब

नीचे दिए गए जलवाष्प के गुणों का उपयोग कीजिए :

t (°C)	वाष्प-दाब (bar)
10	0·012272
12	0·014017
14	0·015977
16	0·018173
18	0·020630
20	0·023373
22	0·026431
24	0·029832
32	0·047552
34	0·053201
36	0·059423

Without using psychrometric chart, calculate *(i)* relative humidity, *(ii)* humidity ratio, *(iii)* dew point temperature and *(iv)* enthalpy of moist air, when DBT is 35 °C and WBT is 23 °C. The barometer reads 755 mm of Hg.

Use modified Apjohn equation (take values of pressure in bar)

$$p_v = p_v' - \frac{1 \cdot 8 p(t - t')}{2700}$$

where, p_v = = partial pressure of water vapour (w.v.) corresponding to DPT

p_v' = partial pressure of w.v. corresponding to WBT

t = DBT

t' = WBT

p = barometric pressure

Use the properties of water vapour given below :

t (°C)	*Vapour pressure* (bar)
10	0·012272
12	0·014017
14	0·015977
16	0·018173
18	0·020630
20	0·023373
22	0·026431
24	0·029832
32	0·047552
34	0·053201
36	0·059423

10

6\. *(a)* एक छः-सिलिन्डर, चार-स्ट्रोक सी० आइ० इंजन की निर्गम शक्ति एक द्रवचालित डायनमोमीटर द्वारा अवशोषित कर ली जाती है, जिसके लिए $P = \dfrac{WN}{20000}$ नियम है, जहाँ P, kW में शक्ति है, W न्यूटन में आरोध (ब्रेक) भार है तथा N, r.p.m. में इंजन की गति है। इंजन पर एक परीक्षण के दौरान निम्नलिखित अवलोकन किए गए :

> बोर = 100 mm; स्ट्रोक = 110 mm; आरोध (ब्रेक) भार = 540 N; इंजन गति = 2500 r.p.m.; ईंधन का C/H अनुपात (द्रव्यमान द्वारा) = 83/17; परिवेश दाब = 1·0 bar; परिवेश तापमान = 27 °C; 100 cc ईंधन खपत के लिए लिया गया समय = 18 s; ईंधन घनत्व = 780 kg/m^3; ईंधन का ऊष्मीय मान = 45 MJ/kg; इंजन द्वारा उपभोग की गई वायुमंडलीय वायु की द्रव्यमान प्रवाह दर = 5·301126 kg/min.

ब्रेक माध्य प्रभावी दाब, ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत, ब्रेक तापीय दक्षता, आयतनिक दक्षता तथा अतिरिक्त वायु के प्रतिशत की गणना कीजिए।

$R_{\text{वायु}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K दिया गया है।

The power output of a six-cylinder, four-stroke CI engine is absorbed by a hydraulic dynamometer for which the law is $P = \dfrac{WN}{20000}$, where P is the power in kW, W is the brake load in newton and N is the engine speed in r.p.m. The following observations are made during a test on the engine :

> Bore = 100 mm; Stroke = 110 mm; Brake load = 540 N; Engine speed = 2500 r.p.m.; C/H ratio of the fuel (by mass) = 83/17; Ambient pressure = 1·0 bar; Ambient temperature = 27 °C; Time taken for 100 cc of fuel consumption = 18 s; Fuel density = 780 kg/m^3; Calorific value of the fuel = 45 MJ/kg; Mass flow rate of atmospheric air consumed by the engine = 5·301126 kg/min.

Calculate the bmep, bsfc, brake thermal efficiency, volumetric efficiency and the percentage of excess air.

Given, $R_{air} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K. 20

(b) *(i)* प्रतिक्रिया टरबाइन के एक चरण के विशिष्ट वेग त्रिभुज बनाइए, जो स्पष्ट रूप से विभिन्न वेगों को दर्शाते हों।

(ii) पार्सन्स प्रतिक्रिया टरबाइन के ब्लेड-से-भाप गति अनुपात, ρ का इष्टतम मान $\rho = \cos\alpha$ से दिया जाता है, यह दर्शाने हेतु एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए, जहाँ α स्थिर ब्लेड का अन्तर्गम कोण है।

(iii) यह भी दर्शाइए कि पार्सन्स प्रतिक्रिया टरबाइन की अधिकतम दक्षता

$$\eta_{\text{अधिकतम}} = \frac{2\cos^2\alpha}{1+\cos^2\alpha}$$

द्वारा दी गई है।

(iv) $\rho_{\text{इष्टतम}}$ पर संचालित पार्सन्स प्रतिक्रिया टरबाइन के वेग त्रिभुज बनाइए।

(i) Draw typical velocity triangles of a stage of a reaction turbine, clearly showing the various velocities.

(ii) Derive an expression to show that the optimum value of ρ, the blade-to-steam speed ratio for a Parsons reaction turbine is given by $\rho = \cos\alpha$, where α is the inlet angle of the fixed blades.

(iii) Also, show that the maximum efficiency of the Parsons reaction turbine is given by

$$\eta_{\text{maximum}} = \frac{2\cos^2\alpha}{1+\cos^2\alpha}$$

(iv) Draw the velocity triangles of the Parsons reaction turbine operating at ρ_{optimum}. 20

(c) वातानुकूलन वाहिनी अभिकल्पना की विभिन्न विधियों की संक्षेप में व्याख्या कीजिए।

Explain briefly the various methods of air-conditioning duct design. 10

7. *(a)* एक अभिसारी-अपसारी तुंड 5 bar, 250 °C पर भाप प्राप्त करता है और उसे 1 bar पर समऐन्ट्रॉपी विधि से किसी क्षेत्र में प्रसारित करता है। अन्तर्गम वेग की उपेक्षा करते हुए निम्नलिखित मामलों के लिए 0·5 kg/s के द्रव्यमान प्रवाह के लिए आवश्यक निर्गम क्षेत्र की गणना कीजिए :

(i) जब प्रवाह संतुलन में हो

(ii) जब प्रवाह $pv^{1\cdot3}$ = स्थिरांक से अतिसंतृप्त हो

दिया गया है, 5 bar, 250 °C पर

$$v = 0\cdot4744 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad s = 7\cdot2709 \text{ kJ/kg-K}, \quad h = 2960\cdot7 \text{ kJ/kg}$$

और 1 bar पर

$$v_f = 0\cdot001044 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad v_g = 1\cdot6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$
$$h_f = 419\cdot04 \text{ kJ/kg}, \quad h_g = 2676\cdot1 \text{ kJ/kg}$$
$$s_f = 1\cdot3069 \text{ kJ/kg-K}, \quad s_g = 7\cdot3549 \text{ kJ/kg-K}$$

A convergent-divergent nozzle receives steam at 5 bar, 250 °C and expands it isentropically into a space at 1 bar. Neglecting the inlet velocity, calculate the exit area required for a mass flow of 0·5 kg/s for the following cases :

(i) When the flow is in equilibrium

(ii) When the flow is supersaturated with $pv^{1\cdot3}$ = constant

Given, at 5 bar, 250 °C

$$v = 0\cdot4744 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad s = 7\cdot2709 \text{ kJ/kg-K}, \quad h = 2960\cdot7 \text{ kJ/kg}$$

and at 1 bar

$$v_f = 0\cdot001044 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad v_g = 1\cdot6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$
$$h_f = 419\cdot04 \text{ kJ/kg}, \quad h_g = 2676\cdot1 \text{ kJ/kg}$$
$$s_f = 1\cdot3069 \text{ kJ/kg-K}, \quad s_g = 7\cdot3549 \text{ kJ/kg-K}$$

20

(b) एक 1 TR प्रशीतन संयंत्र R134a सरल संतृप्त वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र पर कार्य करता है। वाष्पित्र और संघनित्र के तापमान क्रमशः –10 °C और 44 °C हैं। ज्ञात कीजिए *(i)* प्रशीतक की द्रव्यमान प्रवाह दर, *(ii)* संपीडक शक्ति, *(iii)* आयतनिक शीतलन क्षमता तथा *(iv)* निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०)। यह भी ज्ञात कीजिए *(v)* अतिताप शृंग के कारण संपीडक के विशिष्ट कार्य में वृद्धि तथा *(vi)* उपरोधन हानि, समान तापमान सीमाओं के बीच चलने वाले व्युत्क्रम कार्नो चक्र की तुलना में। संपीडन में प्रवेश को संतृप्त वाष्प के रूप में मानिए और व्युत्क्रम कार्नो चक्र में संघनित्र से संतृप्त तरल प्रशीतक बाहर आ रहा है। R134a के गुण तालिका में दिए गए हैं :

T (°C)	*P* (bar)	*संतृप्त तरल का घनत्व* (kg/m^3)	*संतृप्त वाष्प का विशिष्ट आयतन* (m^3/kg)	*एन्थैल्पी* (kJ/kg)		*एन्ट्रॉपी* (kJ/kg-K)	
				तरल h_f	*वाष्प* h_g	*तरल* s_f	*वाष्प* s_g
– 10	2·005	1326	0·09963	186·78	392·75	0·951	1·734
44	11·3	1129	0·01786	262·38	421·28	1·209	1·71

वाष्प प्रशीतक की विशिष्ट ऊष्मा को 1·26 kJ/kg-K लीजिए।

A 1 TR refrigeration plant works on R134a simple saturated vapour compression refrigeration cycle. The evaporator and condenser temperatures are –10 °C and 44 °C respectively. Determine the *(i)* mass flow rate of the refrigerant, *(ii)* compressor power, *(iii)* volumetric cooling capacity and *(iv)* COP. Also, calculate the *(v)* increase in the specific compressor work due to superheat horn and *(vi)* throttling loss, in comparison to reversed Carnot cycle operating between the same temperature limits. Consider the entry to compressor as saturated vapour and saturated liquid refrigerant is leaving the condenser in the reversed Carnot cycle. The properties of R134a are given in the table :

T (°C)	*P* (bar)	*Density of saturated liquid* (kg/m^3)	*Specific volume of saturated vapour* (m^3/kg)	*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* (kJ/kg-K)	
				Liquid h_f	*Vapour* h_g	*Liquid* s_f	*Vapour* s_g
– 10	2·005	1326	0·09963	186·78	392·75	0·951	1·734
44	11·3	1129	0·01786	262·38	421·28	1·209	1·71

Take specific heat of vapour refrigerant as 1·26 kJ/kg-K. 20

(c) व्याख्या कीजिए कि स्नेहक तेल की निम्नलिखित विशेषताएँ अंतर्दहन (आइ० सी०) इंजन के प्रचालन को कैसे प्रभावित करती हैं :

(i) श्यानता

(ii) श्यानता सूचकांक

(iii) बहाव बिन्दु

(iv) स्फुरांक एवं अग्नि तापांक

Explain how the following characteristics of the lubricating oils affect the operation of an internal combustion (IC) engine :

(i) Viscosity

(ii) Viscosity index

(iii) Pour point

(iv) Flash point and fire point 10

8. *(a)* ऑटो चक्र पर कार्य करने वाले एक एस० आइ० इंजन में सिलिन्डर बोर 210 mm और स्ट्रोक लम्बाई 240 mm है। अवकाश आयतन 1550 cc है। संपीडन के आरम्भ में दाब और तापमान क्रमशः 1 bar और 17 °C हैं। चक्र का अधिकतम दाब 50 bar है। चक्र के मुख्य बिन्दुओं पर दाब और तापमान, वायु-मानक दक्षता, कृतकार्य तथा माध्य प्रभावी दाब निर्धारित कीजिए। चक्र को P-v और T-s आरेख पर दर्शाइए। यदि ईंधन का ऊष्मीय मान 40 MJ/kg है, तो kg/kWh में ईंधन की खपत का मूल्यांकन कीजिए।

वायु के C_p और C_v को क्रमशः 1·005 kJ/kg-K और 0·718 kJ/kg-K लीजिए।

An SI engine working on the Otto cycle has cylinder bore of 210 mm and stroke length of 240 mm. The clearance volume is 1550 cc. The pressure and temperature at the beginning of compression are 1 bar and 17 °C respectively. The maximum pressure of the cycle is 50 bar. Determine the pressure and temperature at the salient points in the cycle, the air-standard efficiency, the work done and the mean effective pressure. Show the cycle on P-v and T-s diagrams. Evaluate the fuel consumption in kg/kWh, if the calorific value of the fuel is 40 MJ/kg.

Take C_p and C_v of air as 1·005 kJ/kg-K and 0·718 kJ/kg-K respectively. 20

(b) 40 °C डी० बी० टी० और 50% आर० एच० पर 100 m^3/min की दर से प्रवाहित वायु को 26 °C डी० बी० टी० और 50% आर० एच० पर 20 m^3/min की दर से प्रवाहित वायु की दूसरी धारा के साथ मिलाया जाता है। मिश्रण शीतलन कुंडली पर से प्रवाहित होता है जिसका ए० डी० पी० तापमान 10 °C तथा उपमार्ग गुणक 0·2 है। कुंडली से निकलने वाली वायु का डी० बी० टी० और आर० एच० ज्ञात कीजिए। यदि यह वायु एक वातानुकूलित कक्ष में आपूर्ति की जाती है, जहाँ डी० बी० टी० 26 °C और आर० एच० 50% बनाए रखा जाता है, तो गणना कीजिए *(i)* कक्ष संवेद्य ऊष्मा गुणक तथा *(ii)* प्रशीतन टन में कुंडली शीतलन क्षमता।

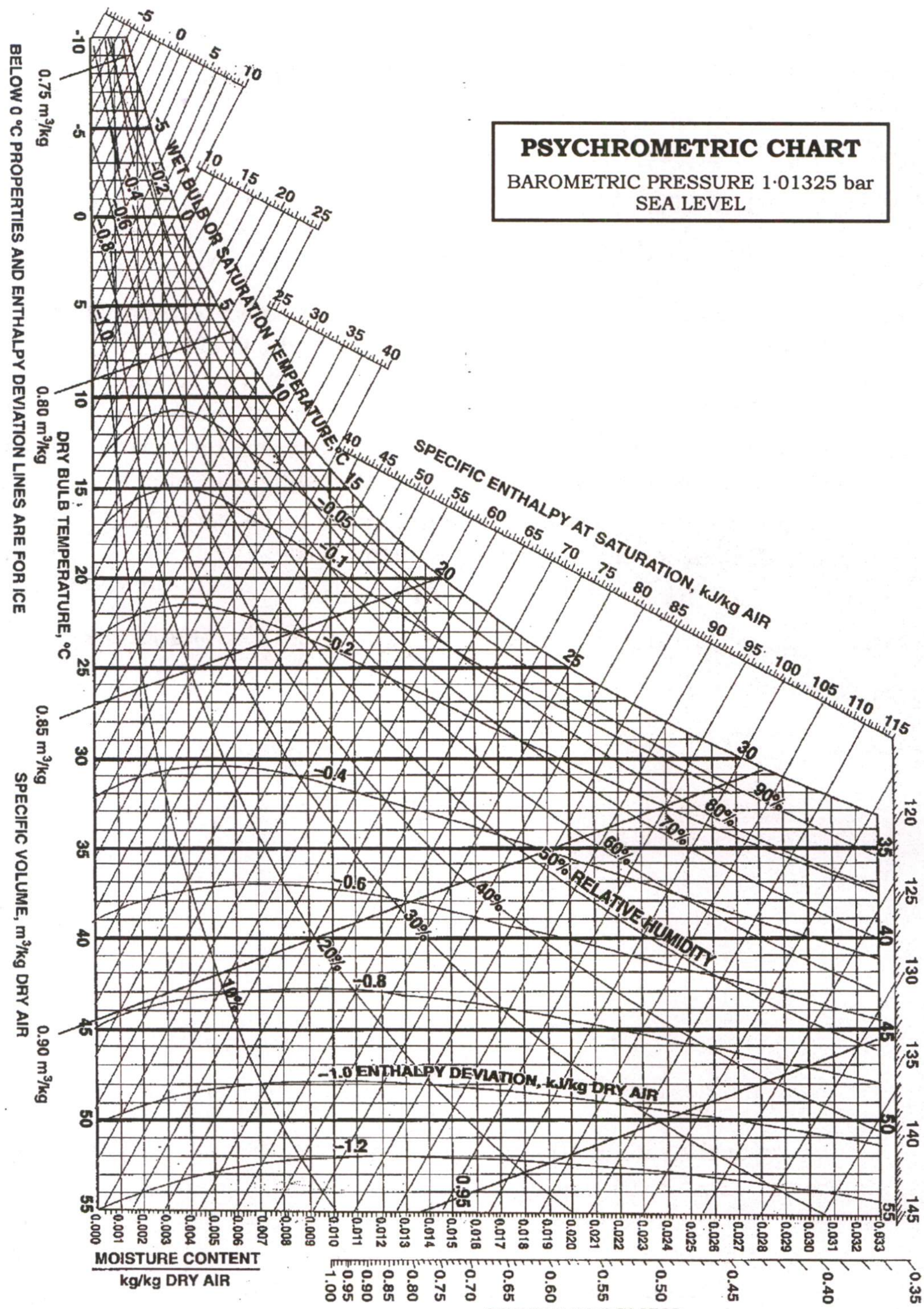
तंत्र का एक योजनाबद्ध आरेख बनाइए और सभी प्रक्रियाओं को एक साइक्रोमीट्रिक चार्ट के ढाँचे पर दर्शाइए।

साइक्रोमीट्रिक चार्ट दिया हुआ है।

Air flowing at the rate of 100 m^3/min at 40 °C DBT and 50% RH is mixed with another stream of air flowing at the rate of 20 m^3/min at 26 °C DBT and 50% RH. The mixture flows over a cooling coil whose ADP temperature is 10 °C and bypass factor is 0·2. Find the DBT and RH of air leaving the coil. If this air is supplied to an air-conditioned room, where DBT of 26 °C and RH of 50% are maintained, then calculate the *(i)* room sensible heat factor and *(ii)* coil cooling capacity in tons of refrigeration.

Draw a schematic diagram of the system and show all the processes on a skeleton psychrometric chart.

Psychrometric chart is given. 20



(c) एक प्रक्रम उद्योग भाप का उत्पादन करने हेतु एक मध्यम दाब वाले बॉयलर का उपयोग करता है। उपभोग किए गए ईंधन की द्रव्यमान प्रवाह दर 0·847 kg/s है और ईंधन का ऊष्मीय मान (CV) 44 MJ/kg है। कुशल दहन हेतु, प्रति kg ईंधन में 16 kg वायु की आवश्यकता होती है, जिसके लिए चिमनी के आधार पर जल स्तम्भ के 30 mm के प्रवात की आवश्यकता होती है। फ्लू गैस बॉयलर से 350 °C पर निकलती है। स्टैक में गैस का औसत तापमान 300 °C लिया जा सकता है। वातावरण 20 °C पर है।

यह मानते हुए कि स्टैक के निर्गम पर गैसों का वेग नगण्य है, स्टैक की ऊँचाई और उसके आधार का व्यास निर्धारित कीजिए।

इसके अलावा, गैसों की द्रव्यमान प्रवाह दर की भी गणना कीजिए।

$P_{\text{वायुमंडल}} = 101 \cdot 3$ kPa, $R_{\text{वायु}} = R_{\text{गैस}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K, $g = 9 \cdot 81$ m/s^2, $\rho_{\text{जल}} = 1000$ kg/m^3 लीजिए।

A process industry employs a medium pressure boiler to produce steam. The mass flow rate of fuel consumed is 0·847 kg/s and c.v. of the fuel is 44 MJ/kg. For efficient combustion, 16 kg of air per kg of fuel is required, for which a draught of 30 mm of the water column is required at the base of the chimney. The flue gases leave the boiler at 350 °C. The average temperature of gases in the stack may be taken as 300 °C. The atmosphere is at 20 °C.

Assuming the velocity of gases at the stack exit to be negligible, determine the height of the stack and the diameter at its base.

Also, calculate the mass flow rate of the gases.

Take $P_{\text{atmosphere}} = 101 \cdot 3$ kPa, $R_{\text{air}} = R_{\text{gases}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K, $g = 9 \cdot 81$ m/s^2, $\rho_{\text{water}} = 1000$ kg/m^3. 10

★ ★ ★

Civil Services (Main) Examination, 2024

PHKM-B-MCH

यांत्रिक इंजीनियरी / MECHANICAL ENGINEERING

प्रश्न-पत्र II / Paper II

निर्धारित समय : तीन घंटे
Time Allowed : **Three** Hours

अधिकतम अंक : **250**
Maximum Marks : **250**

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़ें :

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो **दो खण्डों** में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** और **अंग्रेज़ी** दोनों में छपे हुए हैं।

परीक्षार्थी 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 किन्हीं **तीन** प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

प्रत्येक प्रश्न/भाग के 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 (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका के मुख-पृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

प्रश्न का उत्तर देने के लिए यदि कोई पूर्वधारणाएँ बनाई गई हों, तो उन्हें स्पष्ट रूप से निर्दिष्ट कीजिए।

जहाँ आवश्यक हो, आरेखों व चित्राकृतियों को, प्रश्न का उत्तर देने के लिए दिए गए स्थान में ही बनाइए।

जब तक उल्लिखित न हो, संकेत तथा शब्दावली प्रचलित मानक अर्थों में प्रयुक्त हैं।

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जाएगी। यदि काटा नहीं हो, तो प्रश्न के उत्तर की गणना की जाएगी चाहे वह उत्तर अंशतः दिया गया हो। प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका में खाली छोड़ा हुआ पृष्ठ या उसके अंश को स्पष्ट रूप से काटा जाना चाहिए।

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.*

*Questions no. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, any **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 (QCA) Booklet must be clearly struck off.

खण्ड A

SECTION A

Q1. (a) एक पिस्टन-सिलिन्डर विन्यास में 2 gm वायु की मात्रा स्थैतिक-कल्प प्रक्रमों के निम्नलिखित अनुक्रम से गुज़रती है :

(i) एक रुद्धोष्म प्रसार जिसमें आयतन दुगुना हो जाता है।

(ii) एक स्थिर दाब प्रक्रम जिसमें आयतन को घटाकर उसके प्रारंभिक मान तक ले आते हैं।

(iii) एक स्थिर आयतन संपीडन जो घूमकर अपनी प्रारंभिक अवस्था में आ जाता है।

वायु प्रारंभ में 150°C व 5 atm पर है। प्रक्रमों के अनुक्रम में वायु पर किए गए नेट कार्य का परिकलन कीजिए।

A 2 gm quantity of air undergoes the following sequence of quasi-static processes in a piston-cylinder arrangement :

(i) An adiabatic expansion in which the volume doubles.

(ii) A constant pressure process in which the volume is reduced to its initial value.

(iii) A constant volume compression back to the initial state.

The air is initially at 150°C and 5 atm. Calculate net work on the air in the sequence of processes. *10*

(b) एक तुंड पर विचार कीजिए जिसका अन्तर्गम क्षेत्रफल 'A_1' व निर्गम क्षेत्रफल 'A_2' है। उसके अन्तर्गम पर वेग 'V_1' व निर्गम पर 'V_2' है। यह तुंड असंपीड्य तरल ($V_2 > V_1$) को त्वरित करता है एवं दाब को कम करता है। क्या यह तुंड किसी परिस्थिति में तरल को वित्वरित कर सकता है ? यदि हाँ, तो अपने उत्तर को सांतत्य, संवेग व ऊर्जा समीकरणों की सहायता से उचित सिद्ध कीजिए।

Consider a nozzle of inlet area 'A_1' and outlet area 'A_2'. The velocity is 'V_1' at inlet and 'V_2' at outlet. This nozzle accelerates the incompressible fluid ($V_2 > V_1$) and decreases the pressure. Can this nozzle in any condition, deaccelerate the fluid ? If yes, then justify your answer with the help of continuity, momentum and energy equations. *10*

(c) एक अपरिमित लम्बाई के "L" m मोटाई के पट्ट, जो कि एक-विमीय स्थायी दशा ऊष्मा चालन के अन्तर्गत है, के तापमान वितरण के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। पट्ट समान रूप से $\dot{q}$ W/m^3 की ऊष्मा उत्पन्न करता है। उसकी एक सतह पूर्ण रूप से रोधित है तथा दूसरी सतह T_w°C के स्थिर ताप पर अनुरक्षित है। अधिकतम व न्यूनतम तापमान तथा स्थान निर्धारण का स्पष्ट रूप से उल्लेख करते हुए तापमान प्रोफाइल भी बनाइए।

Deduce an expression for the temperature distribution in an infinite long slab of thickness "L" m under one-dimensional steady state heat conduction. The slab uniformly generates heat of $\dot{q}$ W/m^3. One of its surfaces is perfectly insulated and the other surface is maintained at a constant temperature of T_w°C. Also plot the temperature profile clearly mentioning the maximum and minimum temperatures and the location. 10

(d) अक्षीय प्रवाह प्रतिक्रिया टरबाइनों के विशिष्ट मामलों के लिए प्रतिक्रिया मात्रा $R = \frac{1}{k+1}$ के रूप में है, जहाँ k एक पूर्णांक है। ब्लेड वेग 'u' व तरल अन्तर्गम वेग, वह वेग जो कि अधिकतम उपयोग के लिए है, के मध्य एक विशिष्ट संबंध स्थापित है। दर्शाइए कि यह संबंध

$\frac{u}{V_1} = \frac{k+1}{2k} \cos$ 'α' द्वारा व्यक्त किया जाता है।

यहाँ 'α' अन्तर्गम वेग 'V_1' व ब्लेड वेग 'u' के मध्य का कोण है।

For special cases of axial flow reaction turbines with degree of reaction in the form $R = \frac{1}{k+1}$, where k is an integer, a special relationship exists between the blade velocity 'u' and fluid inlet velocity or velocity for maximum utilization. Show that this relationship is given by

$\frac{u}{V_1} = \frac{k+1}{2k} \cos$ 'α'.

Here 'α' is angle between inlet velocity 'V_1' and blade velocity 'u'. 10

(e) असंपीड्य तरल जो मुक्त प्रवाह वेग "u" m/s व T°C तापमान पर है, एक चपटी पट्टिका के ऊपर से प्रवाहित होता है जबकि पट्टिका T_W°C ($T \neq T_W$) के स्थिर तापमान पर रखी गई है। प्रवाह स्तरीय क्षेत्र के भीतर है। तीन तरलों के लिए (i) Pr < 1, (ii) Pr = 1 व (iii) Pr > 1, चपटी पट्टिका पर विकसित हुए ऊष्मीय व द्रवगतिक सीमान्त परतों की आपेक्षिक मोटाइयों का आरेख खींचिए। उपयुक्त रूप से अपने उत्तर का औचित्य बताइए।

(बेहतर स्पष्टता के लिए तीन तरलों के लिए तीन आरेख बनाइए)

Incompressible fluid having free stream velocity of "u" m/s and temperature of T°C flows over a flat plate maintained at a constant temperature of T_W°C ($T \neq T_W$). Flow is within the laminar region. Draw the relative thicknesses of thermal and hydrodynamic boundary layers developed on the flat plate for three fluids having (i) Pr < 1, (ii) Pr = 1 and (iii) Pr > 1. Justify your answer appropriately.

(Draw three diagrams for three fluids for better clarity) *10*

Q2. (a) वायु 5 cm व्यास के पाइप से बह रही है। मापन बताते हैं कि पाइप के अन्तर्गम पर वेग 70 m/s, तापमान 80°C व दाब 1 MPa है। यदि पाइप 25 m लम्बी है, तो पाइप के निर्गम पर तापमान, दाब एवं मैक संख्या ज्ञात कीजिए। मान लीजिए कि प्रवाह रुद्धोष्म है तथा माध्य घर्षण गुणक 0·005 है। संलग्न फैनो (Fanno) तालिका का प्रयोग कीजिए।

Air flows through a 5 cm diameter pipe. Measurements indicate that at the inlet to the pipe the velocity is 70 m/s, the temperature is 80°C and the pressure 1 MPa. Find the temperature, the pressure, and the Mach Number at the exit of the pipe if the pipe is 25 m long. Assume that the flow is adiabatic and the mean friction factor is 0·005.

Use Fanno table attached. *20*

Question 2(a)

Frictional, Adiabatic, Constant-Area Flow (Fanno Line)
Perfect Gas, $k = 1.4$

M	T/T^*	p/p^*	p_0/p_0^*	V/V^* and ρ^*/ρ	F/F^*	$4fL_{max}/D$
0.00	1.2000	∞	∞	0.00000	∞	∞
.05	1.1994	21.903	11.5914	.05476	9.1584	280.02
.10	1.1976	10.9435	5.8218	.10943	4.6236	66.922
.15	1.1946	7.2866	3.9103	.16395	3.1317	27.932
.20	1.1905	5.4555	2.9635	.21822	2.4004	14.533
.25	1.1852	4.3546	2.4027	.27217	1.9732	8.4834
.30	1.1788	3.6190	2.0351	.32572	1.6979	5.2992
.35	1.1713	3.0922	1.7780	.37880	1.5094	3.4525
.40	1.1628	2.6958	1.5901	.43133	1.3749	2.3085
.45	1.1533	2.3865	1.4486	.48326	1.2763	1.5664
.50	1.1429	2.1381	1.3399	.53453	1.2027	1.06908
.55	1.1315	1.9341	1.2549	.58506	1.1472	.72805
.60	1.1194	1.7634	1.1882	.63481	1.10504	.49081
.65	1.10650	1.6183	1.1356	.68374	1.07314	.32460
.70	1.09290	1.4934	1.09436	.73179	1.04915	.20814
.75	1.07856	1.3848	1.06242	.77893	1.03137	.12728
.80	1.06383	1.2892	1.03823	.82514	1.01853	.07229
.85	1.04849	1.2047	1.02067	.87037	1.00966	.03632
.90	1.03270	1.12913	1.00887	.91459	1.00399	.014513
.95	1.01652	1.06129	1.00215	.95782	1.00093	.003280
1.00	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0
1.05	.98320	.94435	1.00203	1.04115	1.00082	.002712
1.10	.96618	.89359	1.00793	1.08124	1.00305	.009933
1.15	.94899	.84710	1.01746	1.1203	1.00646	.02053
1.20	.93168	.80436	1.03044	1.1583	1.01082	.03364
1.25	.91429	.76495	1.04676	1.1952	1.01594	.04858
1.30	.89686	.72848	1.06630	1.2311	1.02169	.06483
1.35	.87944	.69466	1.08904	1.2660	1.02794	.08199
1.40	.86207	.66320	1.1149	1.2999	1.03458	.09974
1.45	.84477	.63387	1.1440	1.3327	1.04153	.11782
1.50	.82759	.60648	1.1762	1.3646	1.04870	.13605
1.55	.81054	.58084	1.2116	1.3955	1.05604	.15427
1.60	.79365	.55679	1.2502	1.4254	1.06348	.17236
1.65	.77695	.53421	1.2922	1.4544	1.07098	.19022
1.70	.76046	.51297	1.3376	1.4825	1.07851	.20780
1.75	.74419	.49295	1.3865	1.5097	1.08603	.22504
1.80	.72816	.47407	1.4390	1.5360	1.09352	.24189
1.85	.71238	.45623	1.4952	1.5614	1.1009	.25832
1.90	.69686	.43936	1.5552	1.5861	1.1083	.27433
1.95	.68162	.42339	1.6193	1.6099	1.1155	.28989
2.00	.66667	.40825	1.6875	1.6330	1.1227	.30499
2.05	.65200	.39389	1.7600	1.6553	1.1297	.31965
2.10	.63762	.38024	1.8369	1.6769	1.1366	.33385
2.15	.62354	.36728	1.9185	1.6977	1.1434	.34760
2.20	.60976	.35494	2.0050	1.7179	1.1500	.36091

(b) एक क्षैतिज ताँबे (k = 330 W/mK) की नलिका, जिसका आन्तरिक व्यास 25 mm, मोटाई 2·5 mm व लम्बाई 10 m है, के द्वारा एक संतृप्त द्रव प्रशीतक – 7°C पर प्रवाहित होता है। नलिका 20°C पर परिवेश वायु से अनावृत है। यदि प्रवाह दर 0·0012 kg/s व वाष्पन की गुप्त ऊष्मा 400 kJ/kg है, तो नलिका से निर्गम पर प्रशीतक का शुष्कतांश ज्ञात कीजिए।

280 K पर वायु के गुणों के मान, निम्नवत हैं :

$\rho = 1{\cdot}271\ \text{kg/m}^3, \qquad k = 0{\cdot}0246\ \text{W/mK}$

$\gamma = 1{\cdot}4 \times 10^{-5}\ \text{m}^2/\text{s}, \quad Pr = 0{\cdot}717$

एक क्षैतिज नलिका से प्राकृतिक संवहन के लिए निम्नलिखित सहसंबंध का प्रयोग कीजिए :

$\overline{Nu_f} = (0{\cdot}48)[Gr \,.\, Pr]^{0{\cdot}25}$

ताँबे की नलिका व प्रशीतक के मध्य ताप-अंतर नगण्य मानिए। ताँबे की नलिका का ऊष्मीय प्रतिरोध भी नगण्य मानिए।

Saturated liquid refrigerant at – 7°C flows through a horizontal copper (k = 330 W/mK) tube of inside diameter 25 mm, thickness 2·5 mm and length 10 m. The tube is exposed to surrounding air at 20°C. Find the exit dryness fraction of the refrigerant from the tube if the flow rate is 0·0012 kg/s and latent heat of evaporation is 400 kJ/kg.

Take the property values of air at 280 K as given below :

$\rho = 1{\cdot}271\ \text{kg/m}^3, \qquad k = 0{\cdot}0246\ \text{W/mK}$

$\gamma = 1{\cdot}4 \times 10^{-5}\ \text{m}^2/\text{s}, \quad Pr = 0{\cdot}717$

For natural convection from a horizontal tube, the following correlation be used :

$\overline{Nu_f} = (0{\cdot}48)[Gr \,.\, Pr]^{0{\cdot}25}$

Neglect the temperature difference between the copper tube and the refrigerant. Also neglect the thermal resistance of copper tube. *20*

(c) (i) प्लांक के नियम से स्टेफान-बोल्ट्ज़मान नियम पर पहुँचने की विधि समझाइए। एक काले गोले की कुल उत्सर्जक शक्ति भी ज्ञात कीजिए जिसका व्यास 5 cm एवं जिसको 500 K पर अनुरक्षित किया गया है।

$\sigma = 5{\cdot}67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2\text{K}^4$ लीजिए।

Explain the procedure to arrive at Stefan-Boltzmann law from the Planck's law. Also find the total emissive power of a black sphere of 5 cm diameter maintained at 500 K.

Take $\sigma = 5{\cdot}67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2\text{K}^4$. *5*

(ii) प्लांक के नियम से वीन के विस्थापन नियम तक पहुँचने की विधि समझाइए। यदि वह तरंगदैर्ध्य जिस पर अधिकतम एकवर्णी उत्सर्जक शक्ति पाई जाती है, 0·55 μm हो, तो सूर्य के तापमान को भी ज्ञात कीजिए।

वीन स्थिरांक = 2·9 mm K लीजिए।

Explain the procedure of arriving at Wien's displacement law from Planck's law. Also find the temperature of the sun if the wavelength at which maximum monochromatic emissive power is received is 0·55 μm.

Take Wien's constant = 2·9 mm K. 5

Q3. (a) एक कोश और नलिका ऊष्मा विनिमित्र जिसका उपयोग एक ऊष्मीय शक्ति संयंत्र में किया जाता है, उसका डिज़ाइन 20 kPa पर 500 kg/s संतृप्त भाप को जो संघनित्र में प्रवेश कर रही है, उसे संतृप्त जल में संघनित करने का है। शीतन जल ऊष्मा विनिमित्र की ताँबे की नलिकाओं से जो 50 mm व्यास तथा नगण्य मोटाई की हैं, 35°C पर प्रवेश कर 45°C पर बाहर निकलता है। संपूर्ण अनुमानित ऊष्मा अंतरण गुणांक 1500 W/m^2K है। ऊष्मा विनिमित्र के लिए निम्नलिखित को ज्ञात कीजिए :

(i) कुल आवश्यक जल प्रवाह दर।

(ii) आवश्यक नलिकाओं की संख्या यदि नलिका में जल का वेग = 1·0 m/s हो।

(iii) प्रत्येक नलिका की लंबाई।

(iv) नलिकाओं की कुल लंबाई।

निम्नलिखित गुणों के मान लीजिए :

जल का C_p = 4·2 kJ/kg.K

जल का घनत्व = 1000 kg/m^3

भाप के लिए :

$T_{\text{संतृप्त}}$ = 60°C

h_{fg} = 2600 kJ/kg

A shell and tube heat exchanger used in a thermal power plant is designed to condense 500 kg/s of saturated steam entering the condenser at 20 kPa to saturated water. Cooling water enters the heat exchanger at 35°C and leaves at 45°C while flowing through copper tubes of 50 mm diameter with negligible thickness. Overall heat transfer coefficient is estimated to be 1500 W/m^2K. Find the following for the heat exchanger :

(i) Total water flow rate required.

(ii) Number of tubes required if water velocity = 1·0 m/s in the tube.

(iii) Length of each tube.

(iv) Total length of the tubes.

Take the following property values :

C_p of water = 4·2 kJ/kg.K

Density of water = 1000 kg/m^3

For Steam :

$T_{saturation}$ = 60°C

h_{fg} = 2600 kJ/kg *20*

(b) एक अपकेन्द्री पंप व एक प्रत्यागामी पंप में अंतरों को सविस्तार समझाइए। प्रत्यागामी पंप के संदर्भ में स्लिप पद को समझाइए। क्या स्लिप प्रत्यागामी पंप में ऋणात्मक हो सकती है ? यदि हाँ, तो कब ?

Explain in detail the differences between a centrifugal pump and a reciprocating pump. Explain the term slip with reference to reciprocating pump. Can slip be negative in a reciprocating pump ? If yes, then when ? *20*

(c) एक अपरिवर्ती-प्रवाह संपीडक का प्रयोग, 1 atm, 25°C की वायु को एक रुद्धोष्म प्रक्रम में 10 atm तक संपीडित करने के लिए किया जाता है। प्रक्रम के लिए प्रथम नियम दक्षता 90% है। प्रक्रम के लिए अपरिवर्तनीयता एवं द्वितीय नियम दक्षता की गणना कीजिए। T_0 = 15°C लीजिए।

A steady-flow compressor is used to compress air from 1 atm, 25°C to 10 atm in an adiabatic process. The first-law efficiency for the process is 90%. Calculate the irreversibility for the process and the second-law efficiency. Take T_0 = 15°C. *10*

Q4. (a) एक अभिसारी-अपसारी तुंड का डिज़ाइन एक चैम्बर में, जहाँ दाब 800 kPa व तापमान 40°C है, वायु के प्रसार के लिए किया गया है जिससे कि 2·5 मैक दिया जा सके। तुंड का कंठ क्षेत्रफल 0·0025 m^2 है। निम्नलिखित को ज्ञात कीजिए :

(i) डिज़ाइन शर्तों के अन्तर्गत तुंड द्वारा प्रवाह दर।

(ii) तुंड का निर्गम क्षेत्रफल।

(iii) डिज़ाइन पश्च-दाब तथा इस पश्च-दाब पर तुंड द्वारा निर्गमित वायु का तापमान।

(iv) सबसे कम पश्च-दाब जिसके लिए तुंड में केवल अवध्वानिक प्रवाह रहे।

(v) पश्च-दाब जिस पर सामान्य प्रघात तरंग तुंड के निर्गम तल पर हो।

(vi) पश्च-दाब जिसके नीचे तुंड में प्रघात तरंगें ना हों।

(vii) पश्च-दाब जिसके ऊपर तिरछी प्रघात तरंगें तुंड के निर्गम पर हों।

(viii) पश्च-दाब जिसके ऊपर प्रसार तरंगें तुंड के निर्गम पर हों।

समऐन्ट्रॉपी (आइसेन्ट्रॉपिक) व प्रघात सारणियों का प्रयोग कीजिए जो अंत में संलग्न हैं।

A convergent-divergent nozzle is designed to expand air from a chamber in which the pressure is 800 kPa and temperature is 40°C to give Mach 2·5. The throat area of the nozzle is 0·0025 m^2. Find the following :

(i) The flow rate through the nozzle under design conditions.

(ii) The exit area of the nozzle.

(iii) The design back-pressure and the temperature of the air leaving the nozzle with this back-pressure.

(iv) The lowest back-pressure for which there is only subsonic flow in the nozzle.

(v) The back-pressure at which there is a normal shock wave on the exit plane of the nozzle.

(vi) The back-pressure below which there are no shock waves in the nozzle.

(vii) The back-pressure over which there are oblique shock waves in the exhaust from the nozzle.

(viii) The back-pressure over which there are expansion waves in the exhaust from the nozzle.

Use Isentropic and Shock tables attached at the end. 20

(b) एक जंगरोधी इस्पात पट्टिका जिसकी लम्बाई 1 m, चौड़ाई 1 m और मोटाई 10 mm है, क्षैतिज स्थिति में रखी है। पट्टिका की ऊष्मीय चालकता 10 W/mK है। पट्टिका की नीचे की सतह गर्म गैसों में 700°C पर खुली है जबकि निचली सतह का ऊष्मा अंतरण गुणांक 50 W/m^2K है। 69°C पर पट्टिका की ऊपरी सतह को वायु द्वारा ठंडा किया जाता है जो कि ऊपरी सतह के समानान्तर बह रही है। विफलता रोकने के लिए पट्टिका के किसी भाग का अधिकतम अनुमेय तापमान 400°C से अधिक नहीं होना चाहिए। पट्टिका अनुमेय सीमा से अधिक गर्म न हो यह सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक वायु का न्यूनतम अनुमेय वेग ज्ञात कीजिए। पट्टिका के किनारे की सतहों से होने वाली ऊष्मा हानि को नगण्य मानिए तथा एक-विमीय ऊष्मा अंतरण मानिए। प्रश्न को हल करने के लिए निम्नलिखित सहसंबंध का प्रयोग कीजिए :

$$\overline{Nu_L} = Pr^{0 \cdot 333} \left[0 \cdot 037 \, Re_L^{0 \cdot 8} - 871 \right]$$

अन्त में संलग्न सारणी से वायु के उपयुक्त गुणों का चयन कीजिए।

A stainless steel plate of 1 m length, 1 m width and 10 mm thickness is kept horizontal. The thermal conductivity of the plate is 10 W/mK. Bottom surface of the plate is exposed to hot gases at 700°C with heat transfer coefficient at the bottom surface of 50 W/m^2K. Top surface of the plate is cooled by air at 69°C and flowing parallel to the top surface. Any part of the plate should not exceed a maximum permissible temperature of 400°C to avoid failure. Find the minimum permissible velocity of the air required to ensure the plate does not get over-heated beyond the permissible limit. Neglect the heat loss from the side surfaces of the plate and assume one-dimensional heat transfer. Use the following correlation to solve the problem :

$$\overline{Nu_L} = Pr^{0 \cdot 333} \left[0 \cdot 037 \, Re_L^{0 \cdot 8} - 871 \right]$$

Take the appropriate properties of the air from the table attached at the end. *20*

(c) (i) एक ऊर्ध्वाधर चपटी पट्टिका को "T_w°C" तापमान पर अनुरक्षित रखा गया है तथा "T_a°C" निष्पंदित वातावरणीय वायु में अनावृत किया गया है । यदि $T_w < T_a$ है, तो ऊष्मीय एवं वेग सीमान्त परतें, जो पट्टिका की सतह पर विकसित हुई हैं, उनका आकार दर्शाइए । साथ ही परिवर्तन "h_x" को पट्टिका की ऊर्ध्वाधर सतह की दिशा में भी दर्शाइए। प्रवाह को स्तरीय क्षेत्र में मानिए तथा केवल मुक्त संवहन पर विचार कीजिए।

A vertical flat plate is maintained at a temperature of "T_w°C" and exposed to a stagnant atmospheric air "T_a°C". If $T_w < T_a$, show the shape of thermal and velocity boundary layers developed on the surface of the plate. Also show the variation "h_x" along the vertical surface of the plate. Assume the flow is within the laminar region and consider only free convection. 5

(ii) एक तरल एक नलिका में बह रहा है जो कि स्थिर ऊष्मा फ्लक्स अवस्था में अनावृत है। प्रवाह विक्षुब्ध प्रवाह क्षेत्र में है जिसमें डिटस-बोएल्टर (Dittus-Boelter) सहसंबंध का प्रयोग, नीचे दर्शाए अनुसार Nu संख्या ज्ञात करने के लिए किया जाता है :

$$Nu_d = (0{\cdot}023)\ Re^{0{\cdot}8}\ Pr^{0{\cdot}4}$$

नलिका का सतह तापमान घटाने के लिए, यह सलाह दी जाती है कि प्रवाह का वेग दुगुना कीजिए। बढ़े हुए वेग के कारण ऊष्मा अन्तरण गुणांक में प्रतिशत बढ़ोतरी को ज्ञात कीजिए।

A fluid flows through a tube exposed to constant heat flux condition. The flow is in the turbulent flow regime for which the Dittus-Boelter correlation is applicable for determining the Nu number as given below :

$$Nu_d = (0{\cdot}023)\ Re^{0{\cdot}8}\ Pr^{0{\cdot}4}$$

In order to reduce the surface temperature of the tube, it is suggested to double the velocity of the flow. Find the percentage increase in the heat transfer coefficient due to increased velocity. 5

खण्ड B

SECTION B

Q5. (a) शक्ति बॉयलरों में उपयोग होने वाले तीन प्रकार के अतितापकों के कार्यों को समझाइए। एक T-s आरेख चार्ट पर उनमें ऊष्मा योग प्रक्रम का खाका बनाइए। साथ ही विअतितापक (तापमान संयामक) का कार्य भी बताइए।

Explain the functions of three types of superheaters used in power boilers. Sketch the heat addition process in them on a T-s chart. Also mention the function of desuperheater (or attemperator). *10*

(b) एक योजनाबद्ध आरेख का प्रयोग करते हुए, सह-उत्पादन संयंत्रों के कार्य-सिद्धांत को समझाइए।

Explain the principle of operation of cogeneration plants using a schematic diagram. *10*

(c) एक प्रशीतक एक प्रयोगशाला में R-134a को कार्यकारी वस्तु के रूप में प्रयोग करता है। उच्च दाब 1200 kPa, निम्न दाब 101·3 kPa तथा संपीडक प्रतिवर्ती है। उसे एक नमूने से 500 W निकालना है जो कि अभी – 20°C पर (चक्र में T_L के बराबर नहीं है) अर्थात् जो कि एक प्रशीतित स्थान पर है। चक्र की COP तथा आवश्यक विद्युत शक्ति ज्ञात कीजिए।

संपीडक निर्गम पर अतितापित R-134a की 1200 kPa पर एन्थेल्पी 430 kJ/kg ली जा सकती है।

संलग्न R-134a की गुण तालिका, जो कि अन्त में दी गई है, का प्रयोग कीजिए। संपीडक में प्रशीतक संतृप्त वाष्प के रूप में प्रवेश करता है।

A refrigerator in a laboratory uses R-134a as the working substance. The high pressure is 1200 kPa, the low pressure is 101·3 kPa and the compressor is reversible. It should remove 500 W from a specimen currently at – 20°C (not equal to T_L in the cycle), that is inside the refrigerated space. Find the cycle COP and the electrical power required.

The enthalpy of superheated R-134a at 1200 kPa may be taken as 430 kJ/kg at compressor outlet.

Use the R-134a property table attached. The refrigerant enters the compressor as saturated vapour. *10*

(d) SI अथवा CI, कौन-सा इंजन उच्चतर अदग्ध HC उत्सर्जन निकालता है ? IC इंजनों से UHC उत्सर्जनों के क्या कारण हैं ? संक्षेप में समझाइए।

SI or CI, which engine emits higher unburnt HC emissions ? What are the causes for UHC emissions from IC engines ? Explain in brief. *10*

(e) एक वायु धावक का योजनाबद्ध व्यवस्थात्मक आरेख खींचिए। विभिन्न वातानुकूलन प्रक्रमों का वर्णन कीजिए जिनको यह सम्पन्न कर सकता है।

Draw the schematic arrangement diagram of an air washer. Describe the various air-conditioning processes it can perform. *10*

Q6. (a) एक चार सिलिन्डर गैसोलीन इंजन का बोर 75 mm तथा स्ट्रोक की लंबाई 100 mm है। इसको 3000 rpm पर चलाया जाता है तथा इस गति पर एक ब्रेक के विरुद्ध, जिसकी बल-आघूर्ण की भुजा 40 cm है, परीक्षण किया जाता है। नेट ब्रेक भार 150 N तथा ईंधन की खपत 7·8 *l*/h निरीक्षण के दौरान पाई गई। एक मोर्स टेस्ट किया गया तथा सिलिन्डरों को 1, 2, 3, 4 के क्रम में तब कट-आउट किया गया है जबकि तदनुरूपी ब्रेक भार क्रमश: 110 N, 108 N, 106 N व 104 N हैं। ईंधन का विशिष्ट गुरुत्व 0·79 लिया जा सकता है तथा उसका कैलोरिफिक मान 44000 kJ/kg है।

निम्नलिखित की गणना कीजिए :

(i) ब्रेक शक्ति

(ii) bmep

(iii) bsfc

(iv) सूचित शक्ति

(v) यांत्रिक दक्षता

(vi) imep

A four-cylinder gasoline engine has a bore of 75 mm and a stroke length of 100 mm. It is operated at 3000 rpm and tested at this speed against a brake which has a torque arm of 40 cm. The net brake load is 150 N and the fuel consumption is observed as 7·8 *l*/h. A Morse test is carried out and the cylinders are cut-out in the order 1, 2, 3, 4 with the corresponding brake loads of 110 N, 108 N, 106 N and 104 N respectively. The specific gravity of the fuel may be taken as 0·79 and it has a calorific value of 44000 kJ/kg.

Calculate the following : *20*

(i) brake power

(ii) bmep

(iii) bsfc

(iv) indicated power

(v) mechanical efficiency

(vi) imep

(b) एक ऊष्मा पंप जो एक आदर्श वाष्प संपीडन चक्र पर R-134a के साथ काम करता है, उसका उपयोग करके एक घर को गर्म किया जाता है तथा घर को 20°C पर बनाए रखा जाता है जबकि 10°C के भू-जल को ऊष्मा-स्रोत के रूप में उपयोग में लाया जाता है। घर 75 MJ/h की दर से ऊष्मा खो रहा है। वाष्पित्र व संघनित्र दाब क्रमश: 320 kPa व 800 kPa हैं। ऊष्मा पंप में शक्ति निवेश एवं प्रतिरोध तापक के प्रयोग के बिना ऊष्मा पंप द्वारा बचत की गई विद्युत शक्ति निर्धारित कीजिए।

अतितापित R-134a का 800 kPa पर संपीडक के निर्गम पर एन्थेल्पी 420 kJ/kg ली जा सकती है।

R-134a की गुण तालिका, जो कि अन्त में संलग्न है, का प्रयोग कीजिए।

संपीडक के प्रवेश पर संतृप्त वाष्प ली जा सकती है।

A heat pump that operates on ideal vapour compression cycle with R-134a is used to heat a house and maintain it at 20°C, using underground water at 10°C as the heat source. The house is losing heat at a rate of 75 MJ/h. The evaporator and condenser pressure are 320 kPa and 800 kPa respectively. Determine the power input to the heat pump and the electric power saved by the heat pump instead of using a resistance heater.

The enthalpy of superheated R-134a at 800 kPa at compressor outlet may be taken as 420 kJ/kg.

Use the R-134a property table attached at the end.

The inlet to the compressor may be taken as saturated vapour. *20*

(c) भाप टरबाइनों में प्रयोग होने वाले किन्हीं दो प्रकार के अधिनियंत्रणों को स्वच्छ चित्रों के माध्यम से समझाइए।

Explain using neat sketches any two types of governing used in steam turbines. *10*

Q7. (a) एक ऊष्मीय शक्ति संयंत्र में प्रयोग होने वाली एक शीतन मीनार में 26,000 kg/s की दर से वायु DBT = 20°C एवं आपेक्षिक आर्द्रता 20% पर प्रवेश करती है। वह शीतन मीनार को 35°C DBT व 80% आपेक्षिक आर्द्रता पर छोड़ती है।

I. निम्नलिखित को ज्ञात कीजिए :

(i) वायु में योग की गई कुल ऊष्मा

(ii) जल की वाष्पन हानि

(iii) प्रवेश व निकास पर वायु का WBT

(iv) शीतन मीनार में वायु के आयतन प्रवाह दर में परिवर्तन

II. साइक्रोमीट्रिक चार्ट पर प्रकम को समझाइए।

अन्त में संलग्न साइक्रोमीट्रिक चार्ट का प्रयोग कीजिए।

In a cooling tower used in a thermal power plant, 26,000 kg/s of air enters at DBT = 20°C and relative humidity at 20%. It leaves the cooling tower at 35°C DBT and 80% relative humidity.

I. Find the following :

(i) Total heat added to the air

(ii) Evaporation loss of water

(iii) WBT of the air at inlet and exit

(iv) Change in the volume flow rate of the air in the cooling tower

II. Explain the process on the Psychrometric chart.

Use Psychrometric chart attached at the end. *20*

(b) एक भाप शक्ति संयंत्र बॉयलर से 20 kg/s भाप उत्पादन 2 MPa व 600°C पर करने के साथ, काम करता है। संघनित्र 50°C पर काम करता है, जबकि वह ऊर्जा का क्षेपण, 20°C औसत तापमान वाली नदी में करता है। एक खुला प्रभरण तापक है जो टरबाइन से निष्कर्षण 600 kPa पर निर्गम पर संतृप्त द्रव के रूप में करता है। निष्कर्षित प्रवाह (द्रव) की द्रव्यमान प्रवाह दर ज्ञात कीजिए। यदि नदी के जल को 5°C से ऊपर गर्म नहीं करना चाहिए, तो कितना जल नदी से ऊष्मा विनियमित्र (संघनित्र) में पंप करना चाहिए ?

2 MPa, 600°C पर भाप के गुण हैं :

h = 3690·14 kJ/kg
s = 7·7023 kJ/kg K
600 kPa पर तथा s = 7·7023 kJ/kg K, h = 3270·25 kJ/kg लीजिए।

अन्य गुणों के लिए अन्त में संलग्न भाप सारणियों का उपयोग कीजिए।

A steam power plant operates with a boiler output of 20 kg/s steam at 2 MPa and 600°C. The condenser operates at 50°C, dumping energy into a river that has an average temperature of 20°C. There is an open feed heater with extraction from the turbine at 600 kPa, at its exit is saturated liquid. Find the mass flow rate of the extracted flow (liquid). If the river water should not be heated more than 5°C, how much water should be pumped from the river to the heat exchanger (condenser) ?
The steam properties at 2 MPa, 600°C are :
h = 3690·14 kJ/kg
s = 7·7023 kJ/kg K
At 600 kPa and for s = 7·7023 kJ/kg K, take h = 3270·25 kJ/kg.
Use the Steam Tables given at the end to get other properties. *20*

(c) IC इंजन का शीतन एक जटिल समस्या है। IC इंजनों से ऊष्मा अंतरण को प्रभावित करने वाले विभिन्न कारकों की संक्षेप में विवेचना कीजिए।

IC engine cooling is a complex issue. Discuss in brief various factors affecting the heat transfer from IC engines. *10*

Q8. (a) एक सह-उत्पादक भाप शक्ति संयंत्र बॉयलर उत्पादन 25 kg/s भाप 7 MPa, 500°C पर देते हुए कार्यरत है। संघनित्र 7·5 kPa पर कार्यरत है तथा प्रक्रम की ऊष्मा 500 kPa पर, 5 kg/s की दर से टरबाइन से निकाली जाती है तथा प्रयोग के बाद 100 kPa पर संतृप्त द्रव के रूप में वापस की जाती है। सभी अवयवों को आदर्श मानते हुए, ज्ञात कीजिए :

(i) संघनित्र पंप को छोड़ने वाले जल का तापमान

(ii) कुल टरबाइन उत्पादन

(iii) कुल प्रक्रम ऊष्मा अंतरण

टरबाइन के प्रवेश पर मानिए, h = 3410 kJ/kg एवं s = 6·802 kJ/kg K

अन्त में संलग्न भाप सारणियों से आँकड़ों का भी प्रयोग कीजिए।

A cogenerating steam power plant operates with a boiler output of 25 kg/s steam at 7 MPa, 500°C. The condenser operates at 7·5 kPa and the process heat is extracted at 5 kg/s from the turbine at 500 kPa and after use is returned as saturated liquid at 100 kPa. Assuming all components are ideal, find :

(i) temperature of water leaving the condenser pump

(ii) total turbine output

(iii) total process heat transfer

At inlet to the turbine, assume h = 3410 kJ/kg and s = 6·802 kJ/kg K

Also, use data from Steam Tables given at the end. *20*

(b) एक अन्तर्दहन (IC) इंजन के ईंधन में 85% कार्बन, 10% हाइड्रोजन, 3% ऑक्सीजन तथा शेष नाइट्रोजन, भार के अनुसार संघटन में पाया जाता है। रासायनिक रूप से सही वायु/ईंधन अनुपात का निर्धारण कीजिए। यदि 30% अतिरिक्त वायु की आपूर्ति की जाती है, तो शुष्क उत्पादों के दहन निकास का प्रतिशत संघटन, भार एवं आयतन के आधार पर ज्ञात कीजिए।

The fuel of an IC engine contains 85% carbon, 10% hydrogen, 3% oxygen and the remaining is nitrogen in composition by weight. Determine the chemically correct Air/Fuel ratio. If 30% excess air is supplied, find the percentage composition of dry products of combustion exhaust by weight and by volume. *20*

(c) एक अन्तर्दहन (IC) इंजन के ईंधन की आण्विक संरचना उसकी अपस्फोटन प्रवृत्ति को कैसे प्रभावित करती है ? संक्षेप में समझाइए ।

Explain in brief, how the molecular structure of the IC engine fuels affects the tendency to knock. *10*

Question 4(a)

Isentropic Flow
Perfect Gas, $k = 1.4$

M	M*	p/p_0	ρ/ρ_0	T/T_0	A/A^*	F/F^*	$\frac{A}{A^*} \cdot \frac{p}{p_0}$
0	0	1.0000,0	1.0000,0	1.00000	∞	∞	∞
.01	.01096	.9999,3	.9999,5	.99998	5,7.874	4,5.650	5,7.870
.02	.02191	.9997,2	.9998,0	.99992	2,8.942	2,2.834	2,8.934
.03	.03286	.9993,7	.9995,5	.99982	1,9.300	15.,232	1,9.288
.04	.04381	.9988,8	.9992,0	.99968	14.,482	11.,435	14.,465
.05	.05476	.9982,5	.9987,5	.99950	11.5,915	9.,1584	11.,5712
.06	.06570	.9974,8	.9982,0	.99928	9.6,659	7.,6428	9.,6415
.07	.07664	.9965,8	.9975,5	.99902	8.2,915	6.5,620	8.2,631
.08	.08758	.9955,3	.9968,0	.99872	7.2,616	5.7,529	7.2,291
.09	.09851	.9943,5	.9959,6	.99838	6.4,613	5.1,249	6.4,248
.10	.10943	.9930,3	.9950,2	.99800	5.8,218	4.6,236	5.7,812
.11	.12035	.9915,7	.9939,8	.99758	5.2,992	4.2,146	5.2,546
.12	.13126	.9899,8	.9928,4	.99714	4.8,643	3.8,747	4.8,157
.13	.14216	.9882,6	.9916,0	.99664	4.4,968	3.58,80	4.4,440
.14	.15306	.9864,0	.9902,7	.99610	4.18,24	3.34,32	4.12,55
.15	.16395	.9844,1	.9888,4	.99552	3.91,03	3.13,17	3.84,93
.16	.17483	.9822,8	.9873,1	.99490	3.67,27	2.94,74	3.60,76
.17	.18569	.9800,3	.9856,9	.99425	3.46,35	2.78,55	3.39,43
.18	.19654	.9776,5	.9839,8	.99356	3.27,79	2.64,22	3.20,46
.19	.20738	.9751,4	.9821,7	.99283	3.11,22	2.51,46	3.03,48
.20	.21822	.9725,0	.9802,7	.99206	2.96,35	2.40,04	2.88,20
.21	.22904	.9697,3	.9782,8	.99125	2.82,93	2.29,76	2.74,37
.22	.23984	.9668,5	.9762,1	.99041	2.70,76	2.20,46	2.61,78
.23	.25063	.9638,3	.9740,3	.98953	2.59,68	2.12,03	2.50,29
.24	.26141	.9607,0	.9717,7	.98861	2.49,56	2.04,34	2.39,75
.25	.27216	.9574,5	.9694,2	.98765	2.40,27	1.97,32	2.30,05
.26	.28291	.9540,8	.9669,9	.98666	2.31,73	1.90,88	2.21,09
.27	.29364	.9506,0	.9644,6	.98563	2.23,85	1.84,96	2.12,79
.28	.30435	.9470,0	.9618,5	.98456	2.16,56	1.795,0	2.05,08
.29	.31504	.9432,9	.9591,6	.98346	2.09,79	1.744,6	1.97,89
.30	.32572	.9394,7	.9563,8	.98232	2.035,1	1.697,9	1.911,9
.31	.33638	.9355,4	.9535,2	.98114	1.976,5	1.654,6	1.849,1
.32	.34701	.9315,0	.9505,8	.97993	1.921,8	1.614,4	1.790,2
.33	.35762	.9273,6	.9475,6	.97868	1.870,7	1.576,9	1.734,8
.34	.36821	.9231,2	.9444,6	.97740	1.822,9	1.542,0	1.682,8
.35	.37879	.9187,7	.9412,8	.97608	1.778,0	1.509,4	1.633,6
.36	.38935	.9143,3	.9380,3	.97473	1.735,8	1.478,9	1.587,1
.37	.39988	.9097,9	.9347,0	.97335	1.696,1	1.450,3	1.543,1
.38	.41039	.9051,6	.9312,9	.97193	1.658,7	1.423,6	1.501,4
.39	.42087	.9004,4	.9278,2	.97048	1.623,4	1.398,5	1.461,8
.40	.43133	.8956,2	.9242,8	.96899	1.590,1	1.374,9	1.424,1
.41	.44177	.8907,1	.9206,6	.96747	1.558,7	1.352,7	1.388,3
.42	.45218	.8857,2	.9169,7	.96592	1.528,9	1.331,8	1.354,2
.43	.46256	.8806,5	.9132,2	.96434	1.500,7	1.312,2	1.321,6
.44	.47292	.8755,0	.9094,0	.96272	1.474,0	1.293,7	1.290,5

Notes : (1) For values of M from 0 to 5.00, all digits to the left of the comma are valid for linear interpolation. Where no comma is indicated in this region, all digits are valid for linear interpolation.

(2) The notation $.0_3429$ signifies .000429. The notation 5370_4 signifies 5,370.000.

M	M*	p/p_0	ρ/ρ_0	T/T_0	A/A^*	F/F^*	$\frac{A}{A^*} \cdot \frac{p}{p_0}$
.95	.95781	.55946	.66044	.84710	1.0021,4	1.0009,3	.5606,6
.96	.96633	.55317	.65513	.84437	1.0013,6	1.0005,9	.5539,2
.97	.97481	.54691	.64982	.84162	1.0007,6	1.0003,3	.5473,2
.98	.98325	.54067	.64452	.83887	1.0003,3	1.0001,4	.5408,5
.99	.99165	.53446	.63923	.83611	1.0000,8	1.0000,3	.5345,0
1.00	1.00000	.52828	.63394	.83333	1.0000,0	1.0000,0	.5282,8
1.01	1.00831	.52213	.62866	.83055	1.0000,8	1.0000,3	.5221,8
1.02	1.01658	.51602	.62339	.82776	1.0003,3	1.0001,3	.5161,9
1.03	1.02481	.50994	.61813	.82496	1.0007,4	1.0003,0	.5103,1
1.04	1.03300	.50389	.61288	.82215	1.0013,0	1.0005,3	.5045,4
1.05	1.04114	.49787	.60765	.81933	1.0020,2	1.0008,2	.4988,8
1.06	1.04924	.49189	.60243	.81651	1.0029,0	1.0011,6	.4933,2
1.07	1.05730	.48595	.59722	.81368	1.0039,4	1.0015,5	.4878,7
1.08	1.06532	.48005	.59203	.81084	1.0051,2	1.0020,0	.4825,1
1.09	1.07330	.47418	.58685	.80800	1.0064,5	1.0025,0	.4772,4
1.10	1.08124	.46835	.58169	.80515	1.0079,3	1.00305	.4720,6
1.11	1.08914	.46256	.57655	.80230	1.0095,5	1.00365	.4669,8
1.12	1.09699	.45682	.57143	.79944	1.0113,1	1.00429	.4619,9
1.13	1.10480	.45112	.56632	.79657	1.0132,2	1.00497	.4570,8
1.14	1.11256	.44545	.56123	.79370	1.0152,7	1.00569	.4522,5
1.15	1.1203	.43983	.55616	.79083	1.0174,6	1.00646	.4475,1
1.16	1.1280	.43425	.55112	.78795	1.0197,8	1.00726	.4428,4
1.17	1.1356	.42872	.54609	.78507	1.0222,4	1.00810	.4382,5
1.18	1.1432	.42323	.54108	.78218	1.0248,4	1.00897	.4337,4
1.19	1.1508	.41778	.53610	.77929	1.0275,7	1.00988	.4293,0
1.20	1.1583	.4123,8	.53114	.77640	1.0304,4	1.01082	.4249,3
1.21	1.1658	.4070,2	.52620	.77350	1.0334,4	1.01178	.4206,3
1.22	1.1732	.4017,1	.52129	.77061	1.0365,7	1.01278	.4164,0
1.23	1.1806	.3964,5	.51640	.76771	1.0398,3	1.01381	.4122,4
1.24	1.1879	.3912,3	.51154	.76481	1.0432,3	1.01486	.4081,4

Isentropic Flow *(Continued)*
Perfect Gas, $k = 1.4$

M	M*	p/p_0	ρ/ρ_0	T/T_0	A/A^*	F/F^*	$\frac{A}{A^*} \cdot \frac{p}{p_0}$
1.95	1.6099	.13813	.24317	.56802	1.6193	1.1155	.22367
1.96	1.6146	.13600	.24049	.56551	1.6326	1.1170	.22204
1.97	1.6193	.13390	.23784	.56301	1.6461	1.1184	.22042
1.98	1.6239	.13184	.23522	.56051	1.6597	1.1198	.21882
1.99	1.6285	.12981	.23262	.55803	1.6735	1.1213	.21724
2.00	1.6330	.12780	.23005	.55556	1.6875	1.1227	.21567
2.01	1.6375	.12583	.22751	.55310	1.7017	1.1241	.21412
2.02	1.6420	.12389	.22499	.55064	1.7160	1.1255	.21259
2.03	1.6465	.12198	.22250	.54819	1.7305	1.1269	.21107
2.04	1.6509	.12009	.22004	.54576	1.7452	1.1283	.20957
2.05	1.6553	.11823	.21760	.54333	1.7600	1.1297	.20808
2.06	1.6597	.11640	.21519	.54091	1.7750	1.1311	.20661
2.07	1.6640	.11460	.21281	.53850	1.7902	1.1325	.20515
2.08	1.6683	.11282	.21045	.53611	1.8056	1.1339	.20371
2.09	1.6726	.11107	.20811	.53373	1.8212	1.1352	.20228
2.10	1.6769	.10935	.20580	.53135	1.8369	1.1366	.20087
2.11	1.6811	.10766	.20352	.52898	1.8529	1.1380	.19947
2.12	1.6853	.10599	.20126	.52663	1.8690	1.1393	.19809
2.13	1.6895	.10434	.19902	.52428	1.8853	1.1407	.19672
2.14	1.6936	.10272	.19681	.52194	1.9018	1.1420	.19537
2.15	1.6977	.10113	.19463	.51962	1.9185	1.1434	.19403
2.16	1.7018	.09956	.19247	.51730	1.9354	1.1447	.19270
2.17	1.7059	.09802	.19033	.51499	1.9525	1.1460	.19138
2.18	1.7099	.09650	.18821	.51269	1.9698	1.1474	.19008
2.19	1.7139	.09500	.18612	.51041	1.9873	1.1487	.18879
2.20	1.7179	.09352	.18405	.50813	2.0050	1.1500	.18751
2.21	1.7219	.09207	.18200	.50586	2.0229	1.1513	.18624
2.22	1.7258	.09064	.17998	.50361	2.0409	1.1526	.18499
2.23	1.7297	.08923	.17798	.50136	2.0592	1.1539	.18375
2.24	1.7336	.08784	.17600	.49912	2.0777	1.1552	.18252
2.25	1.7374	.08648	.17404	.49689	2.0964	1.1565	.18130
2.26	1.7412	.08514	.17211	.49468	2.1154	1.1578	.18009
2.27	1.7450	.08382	.17020	.49247	2.1345	1.1590	.17890
2.28	1.7488	.08252	.16830	.49027	2.1538	1.1603	.17772
2.29	1.7526	.08123	.16643	.48809	2.1734	1.1616	.17655
2.30	1.7563	.07997	.16458	.48591	2.1931	1.1629	.17539
2.31	1.7600	.07873	.16275	.48374	2.2131	1.1641	.17424
2.32	1.7637	.07751	.16095	.48158	2.2333	1.1653	.17310
2.33	1.7673	.07631	.15916	.47944	2.2537	1.1666	.17197
2.34	1.7709	.07513	.15739	.47730	2.2744	1.1678	.17085

Isentropic Flow *(Continued)*
Perfect Gas, $k = 1.4$

M	M*	p/p_0	ρ/ρ_0	T/T_0	A/A^*	F/F^*	$\frac{A}{A^*} \cdot \frac{p}{p_0}$
2.35	1.7745	.07396	.15564	.47517	2.2953	1.1690	.16975
2.36	1.7781	.07281	.15391	.47305	2.3164	1.1703	.16866
2.37	1.7817	.07168	.15220	.47095	2.3377	1.1715	.16757
2.38	1. 7852	.07057	.15052	.46885	2.3593	1.1727	.16649
2.39	1.7887	.06948	.14885	.46676	2.3811	1.1739	.16543
2.40	1.7922	.06840	.14720	.46468	2.4031	1.1751	.16437
2.41	1.7957	.06734	.14557	.46262	2.4254	1.1763	.16332
2.42	1.7991	.06630	.14395	.46056	2.4479	1.1775	.16229
2.43	1.8025	.06527	.14235	.45851	2.4706	1.1786	.16126
2.44	1.8059	.06426	.14078	.45647	2.4936	1.1798	.16024
2.45	1.8093	.06327	.13922	.45444	2.5168	1.1810	.15923
2.46	1.8126	.06229	.13768	.45242	2.5403	1.1821	.15823
2.47	1.8159	.06133	.13616	.45041	2.5640	1.1833	.15724
2.48	1.8192	.06038	.13465	.44841	2.5880	1.1844	.15626
2.49	1.8225	.05945	.13316	.44642	2.6122	1.1856	.15528
2.50	1.8258	.05853	.13169	.44444	2.6367	1.1867	.15432
2.51	1.8290	.05763	.13023	.44247	2.6615	1.1879	.15337
2.52	1.8322	.05674	.12879	.44051	2.6865	1.1890	.15242
2.53	1.8354	.05586	.12737	.43856	2.7117	1.1901	.15148
2.54	1.8386	.05500	.12597	.43662	2.7372	1.1912	.15055
2.55	1.8417	.05415	.12458	.43469	2.7630	1.1923	.14963
2.56	1.8448	.05332	.12321	.43277	2.7891	1.1934	.14871
2.57	1.8479	.05250	.12185	.43085	2.8154	1.1945	.14780
2.58	1.8510	.05169	.12051	.42894	2.8420	1.1956	.14691
2.59	1.8541	.05090	.11418	.42705	2.8689	1.1967	.14601
2.60	1.8572	.05012	.11787	.42517	2.8960	1.1978	.14513
2.61	1.8602	.04935	.11658	.42330	2.9234	1.1989	.14426
2.62	1.8632	.04859	.11530	.42143	2.9511	1.2000	.14339
2.63	1.8662	.04784	.11403	.41957	2.9791	1.2011	.14253
2.64	1.8692	.04711	.11278	.41772	3.0074	1.2021	.14168
2.65	1.8721	.04639	.11154	.41589	3.0359	1.2031	.14083
2.66	1.8750	.04568	.11032	.41406	3.0647	1.2042	.13999
2.67	1.8779	.04498	.10911	.41224	3.0938	1.2052	.13916
2.68	1.8808	.04429	.10792	.41043	3.1233	1.2062	.13834
2.69	1.8837	.04361	.10674	.40863	3.1530	1.2073	.13752
2.70	1.8865	.04295	.10557	.40684	3.1830	1.2083	.13671
2.71	1.8894	.04230	.10442	.40505	3.2133	1.2093	.13591
2.72	1.8922	.04166	.10328	.40327	3.2440	1.2103	.13511
2.73	1.8950	.04102	.10215	.40151	3.2749	1.2113	.13432
2.74	1.8978	.04039	.10104	.39976	3.3061	1.2123	.13354
2.75	1.9005	.03977	.09994	.39801	3.3376	1.2133	.13276
2.76	1.9032	.03917	.09885	.39627	3.3695	1.2143	.13199
2.77	1.9060	.03858	.09777	.39454	3.4017	1.2153	.13123
2.78	1.9087	.03800	.09671	.39282	3.4342	1.2163	.13047
2.79	1.9114	.03742	.09566	.39111	3.4670	1.2173	.12972

Question 4(a)

Table : Normal Shock
Perfect Gas, $k = 1.4$

M_x	M_y	p_y / p_x	V_x / V_y and ρ_y / ρ_x	T_y / T_x	A_x^*/A_y^* and p_{0y} / p_{0x}	p_{0y} / p_x
2.35	.52861	6.2762	3.1490	1.9931	.56148	7.5920
2.36	.52749	6.3312	3.1617	2.0025	.55717	7.6524
2.37	.52638	6.3864	3.1743	2.0119	.55288	7.7131
2.38	.52528	6.4418	3.1869	2.0213	.54862	7.7741
2.39	.52419	6.4974	3.1994	2.0308	.54438	7.8354
2.40	.52312	6.5533	3.2119	2.0403	.54015	7.8969
2.41	.52206	6.6094	3.2243	2.0499	.53594	7.9587
2.42	.52100	6.6658	3.2366	2.0595	.53175	8.0207
2.43	.51996	6.7224	3.2489	2.0691	.52758	8.0830
2.44	.51894	6.7792	3.2611	2.0788	.52344	8.1455
2.45	.51792	6.8362	3.2733	2.0885	.51932	8.2083
2.46	.51691	6.8935	3.2854	2.0982	.51521	8.2714
2.47	.51592	6.9510	3.2975	2.1080	.51112	8.3347
2.48	.51493	7.0088	3.3095	2.1178	.50706	8.3983
2.49	.51395	7.0668	3.3214	2.1276	.50303	8.4622
2.50	.51299	7.1250	3.3333	2.1375	.49902	8.5262
2.51	.51204	7.1834	3.3451	2.1474	.49502	8.5904
2.52	.51109	7.2421	3.3569	2.1574	.49104	8.6549
2.53	.51015	7.3010	3.3686	2.1674	.48709	8.7198
2.54	.50923	7.3602	3.3802	2.1774	.48317	8.7850
2.55	.50831	7.4196	3.3918	2.1875	.47927	8.8505
2.56	.50740	7.4792	3.4034	2.1976	.47540	8.9162
2.57	.50651	7.5391	3.4149	2.2077	.47155	8.9821
2.58	.50562	7.5992	3.4263	2.2179	.46772	9.0482
2.59	.50474	7.6595	3.4376	2.2281	.46391	9.1146
2.60	.50387	7.7200	3.4489	2.2383	.46012	9.1813
2.61	.50301	7.7808	3.4602	2.2486	.45636	9.2481
2.62	.50216	7.8418	3.4714	2.2589	.45262	9.3154
2.63	.50132	7.9030	3.4825	2.2693	.44891	9.3829
2.64	.50048	7.9645	3.4936	2.2797	.44522	9.4507
2.65	.49965	8.0262	3.5047	2.2901	.44155	9.5187
2.66	.49883	8.0882	3.5157	2.3006	.43791	9.5869
2.67	.49802	8.1504	3.5266	2.3111	.43429	9.6553
2.68	.49722	8.2128	3.5374	2.3217	.43070	9.7241
2.69	.49642	8.2754	3.5482	2.3323	.42713	9.7932
2.70	.49563	8.3383	3.5590	2.3429	.42359	9.8625
2.71	.49485	8.4014	3.5697	2.3536	.42007	9.9320
2.72	.49408	8.4648	3.5803	2.3643	.41657	10.0017
2.73	.49332	8.5284	3.5909	2.3750	.41310	10.0718
2.74	.49256	8.5922	3.6014	2.3858	.40965	10.1421
2.75	.49181	8.6562	3.6119	2.3966	.40622	10.212
2.76	.49107	8.7205	3.6224	2.4074	.40282	10.283
2.77	.49033	8.7850	3.6328	2.4183	.39945	10.354
2.78	.48960	8.8497	3.6431	2.4292	.39610	10.426
2.79	.48888	8.9147	3.6533	2.4402	.39276	10.498

Question 4(b)

Table : Properties of air at atmospheric pressure

The values of μ, k, c_p and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures

T, K	ρ kg/m^3	c_v kJ/kg .°C	$\mu \times 10^5$ kg/m . s	$\nu \times 10^6$ m^2/s	k W/m . °C	$\alpha \times 10^4$ m^2/s	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

Question 5(c) and 6(b)

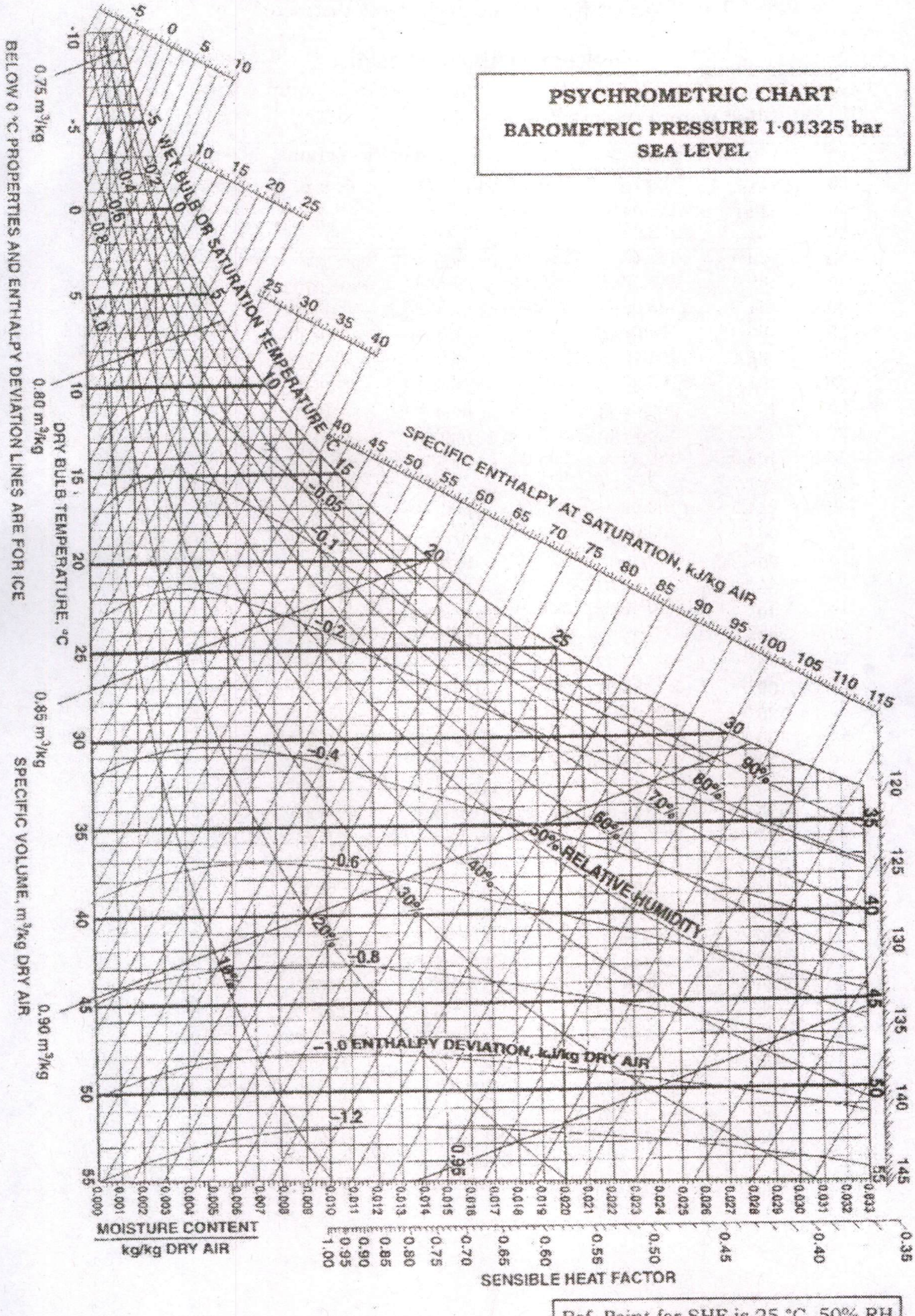
Table : Saturated R-134a

Temp. (°C)	Press. (kPa)	Specific Volume, m³/kg — Sat. Liquid v_f	Evap. v_{fg}	Sat. Vapor v_g
– 70	8.3	0.000675	1.97207	1.97274
– 65	11.7	0.000679	1.42915	1.42983
– 60	16.3	0.000684	1.05199	1.05268
– 55	22.2	0.000689	0.78609	0.78678
– 50	29.9	0.000695	0.59587	0.59657
– 45	39.6	0.000701	0.45783	0.45853
– 40	51.8	0.000708	0.35625	0.35696
– 35	66.8	0.000715	0.28051	0.28122
– 30	85.1	0.000722	0.22330	0.22402
– 26.3	101.3	0.000728	0.18947	0.19020
– 25	107.2	0.000730	0.17957	0.18030
– 20	133.7	0.000738	0.14576	0.14649
– 15	165.0	0.000746	0.11932	0.12007
– 10	201.7	0.000755	0.09845	0.09921
– 5	244.5	0.000764	0.08181	0.08257
0	294.0	0.000773	0.06842	0.06919
5	350.9	0.000783	0.05755	0.05833
10	415.8	0.000794	0.04866	0.04945
15	489.5	0.000805	0.04133	0.04213
20	572.8	0.000817	0.03524	0.03606
25	666.3	0.000829	0.03015	0.03098
30	771.0	0.000843	0.02587	0.02671
35	887.6	0.000857	0.02224	0.02310
40	1017.0	0.000873	0.01915	0.02002
45	1160.2	0.000890	0.01650	0.01739
50	1318.1	0.000908	0.01422	0.01512
55	1491.6	0.000928	0.01224	0.01316
60	1681.8	0.000951	0.01051	0.01146
65	1889.9	0.000976	0.00899	0.00997
70	2117.0	0.001005	0.00765	0.00866
75	2364.4	0.001038	0.00645	0.00749
80	2633.6	0.001078	0.00537	0.00645
85	2926.2	0.001128	0.00437	0.00550
90	3244.5	0.001195	0.00341	0.00461
95	3591.5	0.001297	0.00243	0.00373
100	3973.2	0.001557	0.00108	0.00264
101.2	4064.0	0.001969	0	0.00197

Table : Saturated R-134a *(Continued)*

Temp. (°C)	Press. (kPa)	Enthalpy, kJ/kg Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Entropy, kJ/k-K Sat.Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapor s_g
– 70	8.3	119.47	235.15	354.62	0.6645	1.1575	1.8220
– 65	11.7	123.18	234.55	357.73	0.6825	1.1268	1.8094
– 60	16.3	127.53	233.33	360.86	0.7031	1.0947	1.7978
– 55	22.2	132.37	231.63	364.00	0.7256	1.0618	1.7874
– 50	29.9	137.62	229.54	367.16	0.7493	1.0286	1.7780
– 45	39.6	143.18	227.14	370.32	0.7740	0.9956	1.7695
– 40	51.8	148.98	224.50	373.48	0.7991	0.9629	1.7620
– 35	66.8	154.98	221.67	376.64	0.8245	0.9308	1.7553
– 30	85.1	161.12	218.68	379.80	0.8499	0.8994	1.7493
– 26.3	101.3	165.80	216.36	382.16	0.8690	0.8763	1.7453
– 25	107.2	167.38	215.57	382.95	0.8754	0.8687	1.7441
– 20	133.7	173.74	212.34	386.08	0.9007	0.8388	1.7395
– 15	165.0	180.19	209.00	389.20	0.9258	0.8096	1.7354
– 10	201.7	186.72	205.56	392.28	0.9507	0.7812	1.7319
– 5	244.5	193.32	202.02	395.34	0.9755	0.7534	1.7288
0	294.0	200.00	198.36	398.36	1.0000	0.7262	1.7262
5	350.9	206.75	194.57	401.32	1.0243	0.6995	1.7239
10	415.8	213.58	190.65	404.23	1.0485	0.6733	1.7218
15	489.5	220.49	186.58	407.07	1.0725	0.6475	1.7200
20	572.8	227.49	182.35	409.84	1.0963	0.6220	1.7183
25	666.3	234.59	177.92	412.51	1.1201	0.5967	1.7168
30	771.0	241.79	173.29	415.08	1.1437	0.5716	1.7153
35	887.6	249.10	168.42	417.52	1.1673	0.5465	1.7139
40	1017.0	256.54	163.28	419.82	1.1909	0.5214	1.7123
45	1160.2	264.11	157.85	421.96	1.2145	0.4962	1.7106
50	1318.1	271.83	152.08	423.91	1.2381	0.4706	1.7088
55	1491.6	279.72	145.93	425.65	1.2619	0.4447	1.7066
60	1681.8	287.79	139.33	427.13	1.2857	0.4182	1.7040
65	1889.9	296.00	132.21	428.30	1.3099	0.3910	1.7008
70	2117.0	304.64	124.47	429.11	1.3343	0.3627	1.6970
75	2364.4	313.51	115.94	429.45	1.3592	0.3330	1.6923
80	2633.6	322.79	106.40	429.19	1.3849	0.3013	1.6862
85	2926.2	332.65	95.45	428.10	1.4117	0.2665	1.6782
90	3244.5	343.38	82.31	425.70	1.4404	0.2267	1.6671
95	3591.5	355.83	64.98	420.81	1.4733	0.1765	1.6498
100	3973.2	374.74	32.47	407.21	1.5228	0.0870	1.6098
101.2	4064.0	390.98	0	390.98	1.5658	0	1.5658

Question 7(a)


PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 1·01325 bar
SEA LEVEL
WET BULB OR SATURATION TEMPERATURE °C
SPECIFIC ENTHALPY AT SATURATION, kJ/kg AIR
DRY BULB TEMPERATURE, °C
SPECIFIC VOLUME, m³/kg DRY AIR
BELOW 0 °C PROPERTIES AND ENTHALPY DEVIATION LINES ARE FOR ICE
50% RELATIVE HUMIDITY
ENTHALPY DEVIATION, kJ/kg DRY AIR
MOISTURE CONTENT
kg/kg DRY AIR
SENSIBLE HEAT FACTOR
Ref. Point for SHF is 25 °C, 50% RH

Question 7(b) and 8(a)

Steam Tables (Pressure)

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Specific Volume, m³/kg: Sat. Liquid v_f	Evap. v_{fg}	Sat. Vapor v_g
0.6113	0.01	0.001000	206.131	206.132
1	6.98	0.001000	129.20702	129.20802
1.5	13.03	0.001001	87.97913	87.98013
2	17.50	0.001001	67.00285	67.00385
2.5	21.08	0.001002	54.25285	54.25385
3	24.08	0.001003	45.66402	45.66502
4	28.96	0.001004	34.79915	34.80015
5	32.88	0.001005	28.19150	28.19251
7.5	40.29	0.001008	19.23674	19.23775
10	45.81	0.001010	14.67254	14.67355
15	53.97	0.001014	10.02117	10.02218
20	60.06	0.001017	7.64835	7.64937
25	64.97	0.001020	6.20322	6.20424
30	69.10	0.001022	5.22816	5.22918
40	75.87	0.001026	3.99243	3.99345
50	81.33	0.001030	3.23931	3.24034
75	91.77	0.001037	2.21607	2.21711
100	99.62	0.001043	1.69296	1.69400
125	105.99	0.001048	1.37385	1.37490
150	111.37	0.001053	1.15828	1.15933
175	116.06	0.001057	1.00257	1.00363
200	120.23	0.001061	0.88467	0.88573
225	124.00	0.001064	0.79219	0.79325
250	127.43	0.001067	0.71765	0.71871
275	130.60	0.001070	0.65624	0.65731
300	133.55	0.001073	0.60475	0.60582
325	136.30	0.001076	0.56093	0.56201
350	138.88	0.001079	0.52317	0.52425
375	141.32	0.001081	0.49029	0.49137
400	143.63	0.001084	0.46138	0.46246
450	147.93	0.001088	0.41289	0.41398
500	151.86	0.001093	0.37380	0.37489
550	155.48	0.001097	0.34159	0.34268
600	158.85	0.001101	0.31457	0.31567
650	162.01	0.001104	0.29158	0.29268
700	164.97	0.001108	0.27176	0.27286
750	167.77	0.001111	0.25449	0.25560
800	170.43	0.001115	0.23931	0.24043

Steam Tables (Pressure) *(Continued)*

Saturated Water Pressure Entry

		Enthalpy, kJ/kg			**Entropy, kJ/kg-K**		
Press. (kPa)	**Temp. (°C)**	**Sat. Liquid** h_f	**Evap.** h_{fg}	**Sat. Vapor** h_g	**Sat. Liquid** s_f	**Evap.** s_{fg}	**Sat. Vapor** s_g
0.6113	0.01	0.00	2501.3	2501.3	0	9.1562	9.1562
1.0	6.98	29.29	2484.89	2514.18	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	54.70	2470.59	2525.30	0.1956	8.6322	8.8278
2.0	17.50	73.47	2460.02	2533.49	0.2607	8.4629	8.7236
2.5	21.08	88.47	2451.56	2540.03	0.3120	8.3311	8.6431
3.0	24.08	101.03	2444.47	2545.50	0.3545	8.2231	8.5775
4.0	28.96	121.44	2432.93	2554.37	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	137.79	2423.66	2561.45	0.4763	7.9187	8.3950
7.5	40.29	168.77	2406.02	2574.79	0.5763	7.6751	8.2514
10	45.81	191.81	2392.82	2584.63	0.6492	7.5010	8.1501
15	53.97	225.91	2373.14	2599.06	0.7548	7.2536	8.0084
20	60.06	251.38	2358.33	2609.70	0.8319	7.0766	7.9085
25	64.97	271.90	2346.29	2618.19	0.8930	6.9383	7.8313
30	69.10	289.21	2336.07	2625.28	0.9439	6.8247	7.7686
40	75.87	317.55	2319.19	2636.74	1.0258	6.6441	7.6700
50	81.33	340.47	2305.40	2645.87	1.0910	6.5029	7.5939
75	91.77	384.36	2278.59	2662.96	1.2129	6.2434	7.4563
100	99.62	417.44	2258.02	2675.46	1.3025	6.0568	7.3593
125	105.99	444.30	2241.05	2685.35	1.3739	5.9104	7.2843
150	111.37	467.08	2226.46	2693.54	1.4335	5.7897	7.2232
175	116.06	486.97	2213.57	2700.53	1.4848	5.6868	7.1717
200	120.23	504.68	2201.96	2706.63	1.5300	5.5970	7.1271
225	124.00	520.69	2191.35	2712.04	1.5705	5.5173	7.0878
250	127.43	535.34	2181.55	2716.89	1.6072	5.4455	7.0526
275	130.60	548.87	2172.42	2721.29	1.6407	5.3801	7.0208
300	133.55	561.45	2163.85	2725.30	1.6717	5.3201	6.9918
325	136.30	573.23	2155.76	2728.99	1.7005	5.2646	6.9651
350	138.88	584.31	2148.10	2732.40	1.7274	5.2130	6.9404
375	141.32	594.79	2140.79	2735.58	1.7527	5.1647	6.9174
400	143.63	604.73	2133.81	2738.53	1.7766	5.1193	6.8958
450	147.93	623.24	2120.67	2743.91	1.8206	5.0359	6.8565
500	151.86	640.21	2108.47	2748.67	1.8606	4.9606	6.8212
550	155.48	655.91	2097.04	2752.94	1.8972	4.8920	6.7892
600	158.85	670.54	2086.26	2756.80	1.9311	4.8289	6.7600
650	162.01	684.26	2076.04	2760.30	1.9627	4.7704	6.7330
700	164.97	697.20	2066.30	2763.50	1.9922	4.7158	6.7080
750	167.77	709.45	2056.98	2766.43	2.0199	4.6647	6.6846
800	170.43	721.10	2048.04	2769.13	2.0461	4.6166	6.6627

Question 7(b) and 8(a)

Steam Tables (Temperature)

Saturated water

Temp. (°C)	Press. (kPa)	Specific Volume, m^3/kg Sat. Liquid v_f	Evap. v_{fg}	Sat. Vapor v_g
0.01	0.6113	0.001000	206.131	206.132
5	0.8721	0.001000	147.117	147.118
10	1.2276	0.001000	106.376	106.377
15	1.705	0.001001	77.924	77.925
20	2.339	0.001002	57.7887	57.7897
25	3.169	0.001003	43.3583	43.3593
30	4.246	0.001004	32.8922	32.8932
35	5.628	0.001006	25.2148	25.2158
40	7.384	0.001008	19.5219	19.5229
45	9.593	0.001010	15.2571	15.2581
50	12.350	0.001012	12.0308	12.0318
55	15.758	0.001015	9.56734	9.56835
60	19.941	0.001017	7.66969	7.67071
65	25.03	0.001020	6.19554	6.19656
70	31.19	0.001023	5.04114	5.04217
75	38.58	0.001026	4.13021	4.13123
80	47.39	0.001029	3.40612	3.40715
85	57.83	0.001032	2.82654	2.82757
90	70.14	0.001036	2.35953	2.36056
95	84.55	0.001040	1.98082	1.98186
100	101.3	0.001044	1.67185	1.67290
105	120.8	0.001047	1.41831	1.41936
110	143.3	0.001052	1.20909	1.21014
115	169.1	0.001056	1.03552	1.03658
120	198.5	0.001060	0.89080	0.89186
125	232.1	0.001065	0.76953	0.77059
130	270.1	0.001070	0.66744	0.66850
135	313.0	0.001075	0.58110	0.58217
140	361.3	0.001080	0.50777	0.50885
145	415.4	0.001085	0.44524	0.44632
150	475.9	0.001090	0.39169	0.39278
155	543.1	0.001096	0.34566	0.34676
160	617.8	0.001102	0.30596	0.30706
165	700.5	0.001108	0.27158	0.27269
170	791.7	0.001114	0.24171	0.24283
175	892.0	0.001121	0.21568	0.21680
180	1002.2	0.001127	0.19292	0.19405
185	1122.7	0.001134	0.17295	0.17409
190	1254.4	0.001141	0.15539	0.15654

Steam Tables (Temperature) *(Continued)*

Saturated Water

		Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg-K		
Temp. (°C)	**Press. (kPa)**	**Sat. Liquid** h_f	**Evap.** h_{fg}	**Sat. Vapor** h_g	**Sat.Liquid** s_f	**Evap.** s_{fg}	**Sat. Vapor** s_g
0.01	0.6113	0.00	2501.35	2501.35	0	9.1562	9.1562
5	0.8721	20.98	2489.57	2510.54	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	41.99	2477.75	2519.74	0.1510	8.7498	8.9007
15	1.705	62.98	2465.93	2528.91	0.2245	8.5569	8.7813
20	2.339	83.94	2454.12	2538.06	0.2966	8.3706	8.6671
25	3.169	104.87	2442.30	2547.17	0.3673	8.1905	8.5579
30	4.246	125.77	2430.48	2556.25	0.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	146.66	2418.62	2565.28	0.5052	7.8478	8.3530
40	7.384	167.54	2406.72	2574.26	0.5724	7.6845	8.2569
45	9.593	188.42	2394.77	2583.19	0.6386	7.5261	8.1647
50	12.350	209.31	2382.75	2592.06	0.7037	7.3725	8.0762
55	15.758	230.20	2370.66	2600.86	0.7679	7.2234	7.9912
60	19.941	251.11	2358.48	2609.59	0.8311	7.0784	7.9095
65	25.03	272.03	2346.21	2618.24	0.8934	6.9375	7.8309
70	31.19	292.96	2333.85	2626.80	0.9548	6.8004	7.7552
75	38.58	313.91	2321.37	2635.28	1.0154	6.6670	7.6824
80	47.39	334.88	2308.77	2643.66	1.0752	6.5369	7.6121
85	57.83	355.88	2296.05	2651.93	1.1342	6.4102	7.5444
90	70.14	376.90	2283.19	2660.09	1.1924	6.2866	7.4790
95	84.55	397.94	2270.19	2668.13	1.2500	6.1659	7.4158
100	101.3	419.02	2257.03	2676.05	1.3068	6.0480	7.3548
105	120.8	440.13	2243.70	2683.83	1.3629	5.9328	7.2958
110	143.3	461.27	2230.20	2691.47	1.4184	5.8202	7.2386
115	169.1	482.46	2216.50	2698.96	1.4733	5.7100	7.1832
120	198.5	503.69	2202.61	2706.30	1.5275	5.6020	7.1295
125	232.1	524.96	2188.50	2713.46	1.5812	5.4962	7.0774
130	270.1	546.29	2174.16	2720.46	1.6343	5.3925	7.0269
135	313.0	567.67	2159.59	2727.26	1.6869	5.2907	6.9777
140	361.3	589.11	2144.75	2733.87	1.7390	5.1908	6.9298
145	415.4	610.61	2129.65	2740.26	1.7906	5.0926	6.8832
150	475.9	632.18	2114.26	2746.44	1.8417	4.9960	6.8378
155	543.1	653.82	2098.56	2752.39	1.8924	4.9010	6.7934
160	617.8	675.53	2082.55	2758.09	1.9426	4.8075	6.7501
165	700.5	697.32	2066.20	2763.53	1.9924	4.7153	6.7078
170	791.7	719.20	2049.50	2768.70	2.0418	4.6244	6.6663
175	892.0	741.16	2032.42	2773.58	2.0909	4.5347	6.6256
180	1002.2	763.21	2014.96	2778.16	2.1395	4.4461	6.5857
185	1122.7	785.36	1997.07	2782.43	2.1878	4.3586	6.5464
190	1254.4	807.61	1978.76	2786.37	2.2358	4.2720	6.5078