www.prepp.in

Prepp
Your Personal Exams Guide

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र–II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र संबंधी विशेष अनुदेश

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

इसमें **आठ** प्रश्न हैं, जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** और **अंग्रेजी** 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 **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 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.

prepp
Your Personal Exams Guide

खण्ड—A / SECTION—A

1\. (a) एक पिस्टन-सिलिन्डर में $T_1 = 300$ K तथा $V_1 = 1\ m^3$ पर 2 kg आर्गन निहित है (अवस्था 1)। स्थिर आयतन पर 10 A, 220 वोल्ट के वैद्युत तापक द्वारा आर्गन को 10 सेकन्ड के लिए गर्म किया जाता है; इस प्रक्रिया के दौरान 20% ऊष्मा लुप्त हो जाती है (अवस्था 2)। अब गैस को दाब P_2 से विस्तार कर अंतिम अवस्था में पहुँचने दिया जाता है, जहाँ तापमान $T_3 = 40$ °C तथा अंतिम दाब $P_3 = 0{\cdot}5P_2$ होता है (अवस्था 3)। प्रक्रिया 2–3, PV^n = स्थिरांक का अनुसरण करती है। प्रक्रिया 2–3 हेतु विस्तार सूचकांक n ज्ञात कीजिए। आर्गन के लिए $R = 0{\cdot}2081$ kJ/kg-K और $C_v = 0{\cdot}312$ kJ/kg-K लीजिए।

A piston-cylinder contains 2 kg of argon at $T_1 = 300$ K and $V_1 = 1\ m^3$ (state 1). Argon is heated by an electric heater of 10 A, 220 volts for 10 seconds at constant volume; during the process, 20% heat is lost (state 2). The gas is now allowed to expand from pressure P_2 to a final state with temperature $T_3 = 40$ °C and final pressure $P_3 = 0{\cdot}5P_2$ (state 3). The process 2–3 follows PV^n = constant. Find the index of expansion n for the process 2–3. Take for argon $R = 0{\cdot}2081$ kJ/kg-K and $C_v = 0{\cdot}312$ kJ/kg-K. 10

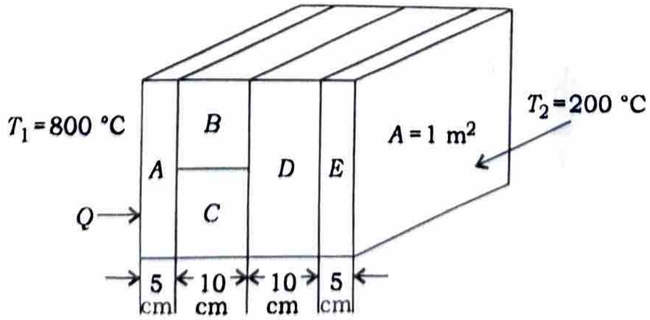
(b) एक गैस टर्बाइन संयंत्र $T_{min} = 300$ K तथा $T_{max} = 1200$ K के मध्य आदर्श ब्रेटन चक्र पर संचालित होता है। प्रति kg वायु द्वारा किया गया अधिकतम कार्य तथा संबंधित चक्र दक्षता ज्ञात कीजिए। वायु के लिए C_p को 1·005 kJ/kg-K मान लीजिए।

A gas turbine plant operates on ideal Brayton cycle between $T_{min} = 300$ K and $T_{max} = 1200$ K. Find the maximum work done per kg of air and the corresponding cycle efficiency. Assume C_p of air as 1·005 kJ/kg-K. 10

(c) 425 K तापमान पर एक वायु प्रधार ($\gamma = 1{\cdot}4$, $R = 287$ J/kg-K) ध्वनिक वेग पर होती है। ज्ञात कीजिए *(i)* स्थिर अवस्था में ध्वनिक वेग, *(ii)* प्रधार का अधिकतम वेग तथा *(iii)* क्रोको संख्या।

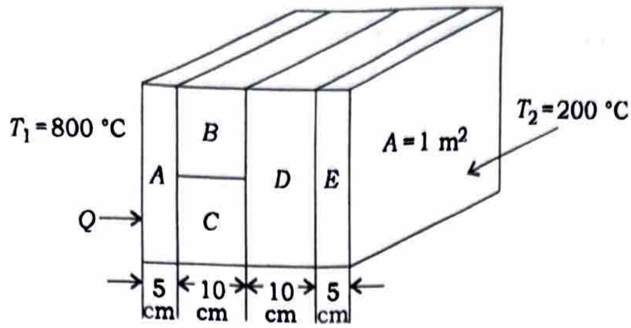
An air jet ($\gamma = 1{\cdot}4$, $R = 287$ J/kg-K) at 425 K has sonic velocity. Determine the *(i)* velocity of sound at the stagnation condition, *(ii)* maximum velocity of the jet and *(iii)* Crocco number. 10

(d) नीचे दिए गए चित्र में दर्शाई गई मिश्रित भित्ति (दीवार) के आर-पार ऊष्मा स्थानांतरण ज्ञात कीजिए। A, B, C, D और E की ऊष्मा चालकताएँ क्रमशः 50, 10, 8, 20 और 25 W/m-K लीजिए तथा एक-आयामी ऊष्मा स्थानांतरण मान लीजिए :



Prepp
Your Personal Exams Guide

Determine the heat transfer through the composite wall shown in the figure below. Take the thermal conductivities of A, B, C, D and E as 50, 10, 8, 20 and 25 W/m-K, respectively and assume one-dimensional heat transfer :



10

(e) मोटाई 0·25 m, 3 W/m-°C ऊष्मा चालकता तथा 10 m^2 पृष्ठीय क्षेत्रफल वाली एक बड़ी समतल भित्ति (दीवार) पर विचार कीजिए। भित्ति के बाएँ भाग पर 750 W/m^2 का कुल ऊष्मा अभिवाह लागू होता है। भित्ति की बायीं ओर का पृष्ठीय तापमान 90 °C है। स्थिर ऊष्मा चालकता तथा भित्ति में ऊष्मा उत्पादन न होने की धारणा के साथ, भित्ति के आर-पार स्थायी एक-आयामी ऊष्मा चालन के लिए अवकल समीकरण तथा परिसीमा प्रतिबंधों को व्यक्त कीजिए। साथ ही, अवकल समीकरण को हल करके भित्ति में तापमान के परिवर्तन के लिए एक संबंध प्राप्त कीजिए और भित्ति के दाहिने भाग का तापमान ज्ञात कीजिए।

Consider a large plane wall of thickness 0·25 m, having thermal conductivity 3 W/m-°C and surface area 10 m^2. The left side of the wall is subjected to a net heat flux of 750 W/m^2. The surface temperature of the left side of the wall is 90 °C. Assuming constant thermal conductivity and no heat generation in the wall, express the differential equation and boundary conditions for steady one-dimensional heat conduction through the wall. Also, obtain a relation for the variation of temperature in the wall by solving the differential equation and find the temperature of the right side of the wall. 10

2. *(a)* *(i)* ऊष्मा अंतरण प्रक्रिया के दौरान, जल जैसे असंपीड्य पदार्थों के एन्ट्रॉपी परिवर्तन को $\Delta S = mC_{avg} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$ सूत्र से निर्धारित किया जा सकता है। दर्शाइए कि बड़ी झीलों जैसे ऊष्मीय ऊर्जा भंडारों के लिए, यह संबंध घटकर $\Delta S = \frac{Q}{T}$ में परिवर्तित हो जाता है।

During a heat transfer process, the entropy change of incompressible substances, such as water, can be determined from $\Delta S = mC_{avg} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$.

Show that for thermal energy reservoirs, such as large lakes, this relation reduces to $\Delta S = \frac{Q}{T}$. 10

(ii) एक प्रशीतलन प्रणाली द्वारा 400 g औसत द्रव्यमान वाली ब्रेड की लोफ को, 400 लोफ प्रति घण्टे की दर से, –25 °C वाली प्रशीतित हवा का उपयोग करके, 25 °C से –10 °C तक ठंडा करना है। ब्रेड की औसत विशिष्ट और गुप्त ऊष्माएँ क्रमशः 2·90 kJ/kg-°C तथा 109·15 kJ/kg लेते हुए निर्धारित कीजिए (1) kJ/hr में ब्रेड से ऊष्मा निष्कासन की दर और (2) m^3/hr में हवा की

Prepp
Your Personal Exams Guide

आवश्यक आयतन प्रवाह दर, यदि हवा के तापमान में 5 °C से अधिक वृद्धि न हो। हवा के लिए गैस स्थिरांक 0·287 kPa-m^3/kg-K है। औसत तापमान पर हवा की विशिष्ट ऊष्मा 1·0 kJ/kg-°C है। वायुमण्डलीय वायु दाब को 101·3 kPa लीजिए।

A refrigeration system is to cool bread loaves with an average mass of 400 g from 25 °C to −10 °C at a rate of 400 loaves per hour by refrigerated air at −25 °C. Taking the average specific and latent heats of bread to be 2·90 kJ/kg-°C and 109·15 kJ/kg, respectively, determine (1) the rate of heat removal from the bread in kJ/hr and (2) the required volume flow rate of air in m^3/hr, if the temperature rise of air is not to exceed 5 °C. The gas constant of air is 0·287 kPa-m^3/kg-K. The specific heat of air at average temperature is 1·0 kJ/kg-°C. Take atmospheric air pressure as 101·3 kPa. 10

(b) (i) दर्शाइए कि किसी वाहिनी में रुद्धोष्म प्रवाह के दौरान सामान्य प्रघात के आर-पार एन्ट्रॉपी परिवर्तन $\Delta S = -R\ln\left(\frac{P_{0Y}}{P_{0X}}\right)$ द्वारा दिया जाता है।

Show that the entropy change across the normal shock in an adiabatic flow in a duct is given by $\Delta S = -R\ln\left(\frac{P_{0Y}}{P_{0X}}\right)$. 10

(ii) फैनो तथा रेले प्रवाहों के बीच अंतर स्पष्ट कीजिए।

Differentiate between Fanno and Rayleigh flows. 10

(c) एक घर की 12 m लंबी तथा 5 m ऊँची भित्ति के साथ-साथ 50 km/hr की गति से हवा बह रही है। वायुमंडलीय हवा का तापमान 4 °C है तथा भित्ति का पृष्ठीय तापमान 10 °C है। संवहन द्वारा भित्ति से ऊष्मा हानि की दर निर्धारित कीजिए। 1 वायुमंडल दाब तथा औसत फिल्म तापमान पर हवा के गुणधर्मों को इस प्रकार लिया जा सकता है :

$k = 0{\cdot}0248$ W/m-°C
$\nu = 1{\cdot}412 \times 10^{-5}$ m^2/s
$Pr = 0{\cdot}72$

संयुक्त प्रवाह के लिए नुसेल्ट संख्या सहसंबंध का उपयोग कीजिए :

$Nu = (0{\cdot}037\,Re^{0{\cdot}8} - 871)\,Pr^{0{\cdot}33}$

Wind is blowing at 50 km/hr along a 12 m long and 5 m high wall of a house. The atmospheric air is at 4 °C and the wall surface temperature is 10 °C. Determine the rate of heat loss from the wall by convection. The properties of air at 1 atmosphere and at mean film temperature may be taken as :

$k = 0{\cdot}0248$ W/m-°C
$\nu = 1{\cdot}412 \times 10^{-5}$ m^2/s
$Pr = 0{\cdot}72$

Use the Nusselt number correlation for combined flow :

$Nu = (0{\cdot}037\,Re^{0{\cdot}8} - 871)\,Pr^{0{\cdot}33}$

10

Prepp
Your Personal Exams Guide

3. *(a)* एक विद्युत् संयंत्र में 40 °C तापमान वाली भाप को 12 °C तापमान पर उपलब्ध शीतलन जल का उपयोग करके संघनित किया जाता है। भाप की प्रवाह दर 0·15 kg/s है। शीतलन जल को 6 m लंबी और 1·25 cm आंतरिक व्यास वाली पतली ताँबे की नलियों के एक समूह के माध्यम से 3·5 m/s के औसत वेग से प्रसारित किया जाता है, और यह 20 °C के तापमान पर बाहर निकलता है। 40 °C पर नलियाँ लगभग समतापी होती हैं। जल और नलियों के बीच औसत ऊष्मा स्थानांतरण गुणांक की गणना कीजिए और संघनित्र में निर्दिष्ट ऊष्मा स्थानांतरण दर प्राप्त करने के लिए आवश्यक नलियों की संख्या ज्ञात कीजिए। औसत तापमान पर जल के गुणधर्मों को इस प्रकार लिया जा सकता है :

$\rho = 998 \cdot 8 \text{ kg/m}^3$

$C_p = 4184 \cdot 5 \text{ J/kg-°C}$

h_{fg} (जल) $= 2406 \text{ kJ/kg}$

Steam at 40 °C is condensed in a power plant using cooling water available at 12 °C. The flow rate of steam is 0·15 kg/s. The cooling water is circulated through a bank of 6 m long and 1·25 cm internal diameter thin copper tubes at a mean velocity of 3·5 m/s, and leaves at a temperature of 20 °C. The tubes are nearly isothermal at 40 °C. Calculate the average heat transfer coefficient between the water and the tubes, and find the number of tubes needed to achieve the indicated heat transfer rate in the condenser. The properties of water at an average temperature may be taken as :

$\rho = 998 \cdot 8 \text{ kg/m}^3$

$C_p = 4184 \cdot 5 \text{ J/kg-°C}$

h_{fg} (water) $= 2406 \text{ kJ/kg}$ 20

(b) एक अक्षीय प्रवाह सम्पीडक के रोटर का औसत व्यास 0·5 m है, और यह 15000 r.p.m. पर घूमता है। प्रवाह वेग 220 m/s है और यह स्थिर है। अन्तर्गम पर भँवर का वेग 80 m/s है। अन्तर्गम पर दाब और तापमान क्रमशः 1 बार (bar) और 300 K हैं। पद-दक्षता 0·88 है। पद में दाब अनुपात 1·5 है। वेग त्रिभुज बनाइए और निर्धारित कीजिए *(i)* अन्तर्गम तथा निर्गम पर फलक कोण, *(ii)* निविष्ट शक्ति तथा *(iii)* प्रतिक्रिया की मात्रा। हवा की विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात = 1·4 तथा C_p = 1·005 kJ/kg-K लीजिए।

The mean diameter of the rotor of an axial flow compressor is 0·5 m, and it rotates at 15000 r.p.m. The flow velocity is 220 m/s and is constant. The velocity of whirl at the inlet is 80 m/s. The inlet pressure and temperature are 1 bar and 300 K, respectively. The stage efficiency is 0·88. The pressure ratio through the stage is 1·5. Draw the velocity triangles and determine the *(i)* blade angles at inlet and outlet, *(ii)* power input and *(iii)* degree of reaction. Take ratio of specific heats for air = 1·4 and C_p = 1·005 kJ/kg-K. 20

(c) एक पदार्थ प्रक्रमण संयंत्र की भट्टी से 2·5 m × 2·5 m आकार की पतली वर्गाकार पट्टिकाएँ 280 °C तापमान पर निर्गमन कर रही हैं। इन पट्टिकाओं को उनकी सतह के क्षैतिज रूप से समानांतर 20 °C तापमान वाली परिवेशी हवा प्रवाहित करके ठंडा किया जाता है। उस हवा का वेग निर्धारित कीजिए जिसके ऊपर ऊष्मा स्थानांतरण पर स्वाभाविक संवहन का प्रभाव 12% से कम हो जाता है और इस प्रकार नगण्य हो जाता है। हवा की शुद्धगतिक श्यानता को 1 वायुमंडल दाब पर $\nu = 2 \cdot 859 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ माना जा सकता है।

Prepp
Your Personal Exams Guide

Thin square plates of size 2·5 m × 2·5 m are coming out of an oven at 280 °C in a material processing facility. The plates are cooled by blowing ambient air at 20 °C horizontally parallel to their surfaces. Determine the air velocity above which the natural convection effects on heat transfer are less than 12% and thus are negligible. The kinematic viscosity of air at 1 atmosphere may be taken as $\nu = 2 \cdot 859 \times 10^{-5}$ m^2/s. 10

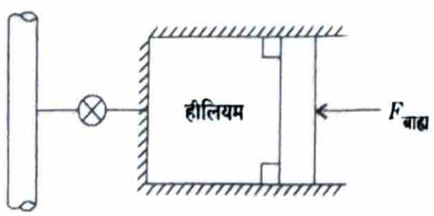
4\. *(a)* *(i)* ऊष्मा विनिमयित्र का एन० टी० यू० क्या दर्शाता है? क्या बहुत बड़े एन० टी० यू० मान वाला ऊष्मा विनिमयित्र आवश्यक रूप से अच्छा होता है?

What does the NTU of a heat exchanger represent? Is a heat exchanger with a very large NTU necessarily a good one? 10

(ii) एक तेल-से-तेल द्वि-नली ऊष्मा विनिमयित्र पर विचार कीजिए, जहाँ प्रवाह व्यवस्था ज्ञात नहीं है। तापमान मापन से पता चलता है कि ठंडा तेल 18 °C पर प्रवेश करता है और 50 °C पर बाहर निकलता है, जबकि गर्म तेल 75 °C पर प्रवेश करता है और 40 °C पर बाहर निकलता है। दोनों तेलों की द्रव्यमान प्रवाह दर समान मानते हुए इस ऊष्मा विनिमयित्र की प्रभावशीलता और प्रवाह विन्यास निर्धारित कीजिए।

Consider an oil-to-oil double-pipe heat exchanger, whose flow arrangement is not known. The temperature measurements indicate that the cold oil enters at 18 °C and leaves at 50 °C, while the hot oil enters at 75 °C and leaves at 40 °C. Assuming the mass flow rates of both the oils to be identical, determine the effectiveness and flow configuration of this heat exchanger. 10

(b) एक क्षैतिज ऊष्मारोधी सिलिन्डर में एक घर्षणहीन और रुद्धोष्म पिस्टन लगा है, जिसे 500 kN के बाह्य बल द्वारा स्टॉपों के सहारे रोककर रखा गया है, जैसा कि नीचे चित्र में दर्शाया गया है। पिस्टन का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल 0·5 m^2 है, और इसका प्रारंभिक आयतन 0·25 m^3 है। सिलिन्डर में हीलियम गैस 200 kPa, 100 °C पर है। अब एक लाइन में वाल्व खोला जाता है, जिससे 1·2 MPa, 200 °C पर हीलियम प्रवाहित हो रही है। हीलियम तब तक अंदर आती है, जब तक कि सिलिन्डर का दाब पिस्टन पर लग रहे बाह्य बल के ठीक बराबर नहीं हो जाता, और इसी बिंदु पर वाल्व को बंद कर दिया जाता है। परिवेश को $T_0 = 300$ K; हीलियम के लिए $C_p = 5 \cdot 193$ kJ/kg-K, $R = 2 \cdot 0771$ kJ/kg-K तथा $C_v = 3 \cdot 116$ kJ/kg-K मान लीजिए :



निर्धारित कीजिए :

(i) सिलिन्डर में अंतिम द्रव्यमान (kg में)

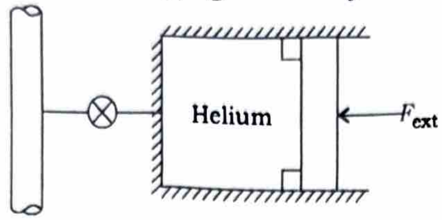
(ii) सिलिन्डर में अंतिम तापमान (K में)

(iii) कुल एन्ट्रॉपी उत्पादन (kJ/K में)

(iv) अप्रतिक्रम्यता (kJ में)

www.prepp.in
Prepp
Your Personal Exams Guide

A horizontal insulated cylinder has a frictionless and adiabatic piston held against stops by an external force of 500 kN, as shown in the figure below. The cross-sectional area of the piston is $0 \cdot 5 \text{ m}^2$, and the initial volume is $0 \cdot 25 \text{ m}^3$. Helium gas in the cylinder is at 200 kPa, 100 °C. A valve is now opened to a line through which helium is flowing at $1 \cdot 2$ MPa, 200 °C, and the helium flows in, until the cylinder pressure just balances the external force on the piston, at which point the valve is closed. Assume ambient at $T_0 = 300$ K; for helium, $C_p = 5 \cdot 193$ kJ/kg-K, $R = 2 \cdot 0771$ kJ/kg-K and $C_v = 3 \cdot 116$ kJ/kg-K :



Determine :

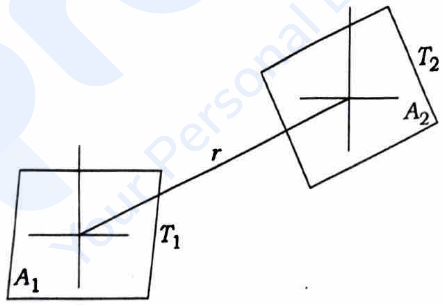
(i) The final mass in the cylinder (in kg)

(ii) The final temperature in the cylinder (in K)

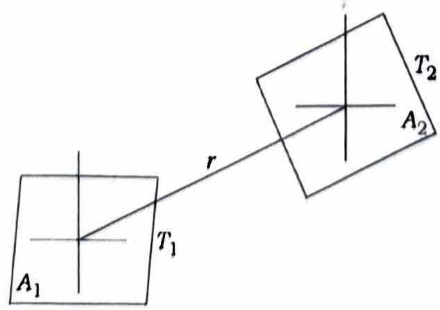
(iii) The total entropy generation (in kJ/K)

(iv) The irreversibility (in kJ) 20

(c) नीचे चित्र में दर्शाए गए अनुसार दो काले पृष्ठों A_1 तथा A_2 पर विचार कीजिए। 'विकिरण आकृति गुणक' पद को परिभाषित कीजिए। साथ ही, जब इन पृष्ठों को क्रमशः T_1 और T_2, भिन्न-भिन्न तापमानों पर रखा जाता है, तो इनके मध्य में होने वाले ऊर्जा विनिमय के लिए एक सामान्य व्यंजक भी ज्ञात कीजिए। यदि दोनों पृष्ठ समान तापमान पर हैं, तो उनके मध्य पारस्परिकता संबंध ज्ञात कीजिए :



Consider two black surfaces A_1 and A_2 as shown in the figure below. Define the term 'radiation shape factors'. Also, find a general expression for the energy exchange between these surfaces when they are maintained at different temperatures T_1 and T_2, respectively. If both the surfaces are at the same temperature, find out the reciprocity relationship between them :



10

www.prepp.in
Prepp
Your Personal Exams Guide

खण्ड—B / SECTION—B

5\. (a) एस० आइ० इंजन का वायु-ईंधन अनुपात विभिन्न परिचालन स्थितियों के अंतर्गत बदलता रहता है। निम्नलिखित परिस्थितियों में, कारणों सहित, किसी इंजन के लिए वायु-ईंधन अनुपात की आवश्यकता लिखिए :

(i) निष्कर्मण या बिना-भार अवस्था

(ii) प्रसम या आंशिक-भार अवस्था

(iii) अधिकतम शक्ति या पूर्ण-भार अवस्था

The air-fuel ratio of an SI engine varies under different operating conditions. Write the air-fuel ratio requirement for an engine under the following conditions with reasons :

(i) Idling or no-load condition

(ii) Cruising or part-load condition

(iii) Maximum power or full-load condition 10

(b) आइ० सी० इंजन में प्रयुक्त स्नेहक के क्या कार्य हैं? आइ० सी० इंजन स्नेहक के आवश्यक गुणों का उल्लेख कीजिए।

What are the functions of lubricant used in IC engines? Mention the essential properties of IC engine lubricant. 10

(c) किसी अभिसारी तुंड (कन्वर्जेंट नोजल) में भाप के प्रवाह के व्यवहार का वर्णन कीजिए, जब उसे निम्न पर संचालित किया जाता है :

(i) अभिकल्प दाब अनुपात

(ii) अभिकल्प मान से अधिक दाब अनुपात

(iii) अभिकल्प मान से कम दाब अनुपात

Describe the behaviour of steam flow in a convergent nozzle when it is operated at—

(i) design pressure ratio;

(ii) pressure ratio higher than the design value;

(iii) pressure ratio lower than the design value. 10

(d) सरल संतृप्त वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र की तुलना में, वास्तविक वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र में संपीडन प्रक्रिया के दौरान होने वाले विचलनों की सूची बनाइए। साथ ही, इन विचलनों के कारण भी स्पष्ट कीजिए।

List the deviations that occur in a compression process in actual vapour compression refrigeration cycle in comparison to simple saturated vapour compression refrigeration cycle. Also, specify the reasons for these deviations. 10

(e) कक्ष ए० डी० पी० और कुंडली ए० डी० पी० में क्या अंतर है? किस परिस्थिति में दोनों का मान समान होगा?

What is the difference between room ADP and coil ADP? Under which condition, both will have the same value? 10

www.prepp.in
Prepp
Your Personal Exams Guide

6. *(a)* एक ऑटो चक्र में, संपीडन के आरंभ में दाब और तापमान क्रमशः 1 बार (bar) और 47 °C होते हैं। यदि संपीडन के अंत में दाब 15 बार (bar) हो, तो इस चक्र की सैद्धांतिक ऊष्मीय दक्षता की गणना कीजिए।

चक्र के दौरान अधिकतम तापमान 2100 K है।

गणना कीजिए—

(i) प्रति किलोग्राम हवा को आपूर्ति की गई ऊष्मा;
(ii) प्रति किलोग्राम हवा द्वारा किया गया कार्य;
(iii) प्रसार के अंत में दाब।

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

In an Otto cycle, the pressure and temperature at the beginning of compression are 1 bar and 47 °C, respectively. Calculate the theoretical thermal efficiency of this cycle, if the pressure at the end of the compression is 15 bar.

The peak temperature during the cycle is 2100 K.

Calculate—

(i) the heat supplied per kg of air;
(ii) the work done per kg of air;
(iii) the pressure at the end of expansion.

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

(b) 200 m/s की फलक गति तथा 4 kg/s की द्रव्यमान प्रवाह दर वाला एकल-पंक्ति आवेग भाप टर्बाइन 300 kW शक्ति उत्पन्न करता है। तुंड से भाप 500 m/s की गति से निकलती है और फलक वेग गुणांक 0·92 है। यदि भाप टर्बाइन से ऐसे कोण पर निकलती है कि निकास निरपेक्ष वेग न्यूनतम रहे, तो सभी कोणों तथा आरेख दक्षता का निर्धारण कीजिए। संयुक्त वेग त्रिभुज बनाइए।

A single-row impulse steam turbine with a blade speed of 200 m/s and mass flow rate of 4 kg/s develops 300 kW of power. Steam leaves the nozzle at 500 m/s and the blade velocity coefficient is 0·92. If the steam leaves the turbine at such an angle that the exit absolute velocity is kept minimum, determine all the angles and diagram efficiency. Draw compound velocity triangles. 20

(c) "समान तापमान की स्थितियों में, साधारण वाष्प अवशोषण प्रशीतन प्रणाली का सी० ओ० पी० एक साधारण वाष्प संपीडन प्रशीतन प्रणाली के सी० ओ० पी० से कम होता है।" क्या यह कथन ऊष्मागतिकीय दृष्टि से सही है? अपने उत्तर का औचित्य सिद्ध कीजिए।

"The COP of a simple vapour absorption refrigeration system is lower than the COP of a simple vapour compression refrigeration system under identical temperature conditions." Is this statement correct thermodynamically? Justify your answer. 10

www.prepp.in

Prepp
Your Personal Exams Guide

7. *(a)* एक सहजनन संयंत्र में, शुद्ध विद्युत् उत्पादन 6 MW है तथा तापन भार 1·5 MW है। 40 बार (bar) तथा 500 °C पर भाप उत्पन्न होती है और इसे एक टर्बाइन के माध्यम से आइसेंट्रॉपिक रूप से विस्तारित करके 0·1 बार (bar) पर संघनित्र में भेजा जाता है। तापन भार की आपूर्ति टर्बाइन से 2 बार (bar) पर भाप निकालकर की जाती है, जिसे एक प्रक्रम तापक में 2 बार (bar) पर संतृप्त द्रव में संघनित किया जाता है और फिर बॉयलर में वापस पंप किया जाता है। योजनाबद्ध और *T-s* आरेख बनाइए। निर्धारित कीजिए *(i)* बॉयलर की भाप उत्पादन क्षमता (kg/s में) तथा *(ii)* तापन भार के माध्यम से भाप की द्रव्यमान प्रवाह दर (kg/s में)।

40 बार (bar), 500 °C पर भाप के गुणधर्म हैं $h = 3445 \cdot 21$ kJ/kg, $s = 7 \cdot 09$ kJ/kg-K.

अन्य गुणों के लिए अंत में संलग्न भाप सारणियों का उपयोग कीजिए।

In a cogeneration plant, the net power output is 6 MW and the heating load is 1·5 MW. Steam is generated at 40 bar and 500 °C, and is expanded isentropically through a turbine to a condenser at 0·1 bar. The heating load is supplied by extracting steam from the turbine at 2 bar, which is condensed in a process heater to saturated liquid at 2 bar and then pumped back to the boiler. Draw the schematic and *T-s* diagram. Determine *(i)* the steam generation capacity (in kg/s) of the boiler and *(ii)* mass flow rate (in kg/s) of the steam through the heating load.

The steam properties at 40 bar, 500 °C are $h = 3445 \cdot 21$ kJ/kg, $s = 7 \cdot 09$ kJ/kg-K.

Use steam tables given at the end to get other properties. 20

(b) एक R717 साधारण संतृप्ति चक्र प्रशीतित्र 40 °C संघनित्र तथा –16 °C वाष्पक तापमान पर संचालित होता है। सी० ओ० पी० तथा शक्ति प्रति TR निर्धारित कीजिए। यदि प्रणाली में 15 °C तापमान वाली चूषण वाष्प के साथ एक द्रव-वाष्प पुनर्योजी (रिजेनरेटिव) ऊष्मा विनिमयित्र स्थापित किया जाता है, तो सी० ओ० पी० तथा शक्ति प्रति TR पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

मान लीजिए कि संघनित्र तापमान पर वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा 3·1 kJ/kg-K है, जब कोई ऊष्मा विनिमयित्र का उपयोग नहीं किया जाता है तथा 2·9 kJ/kg-K है, जब ऊष्मा विनिमयित्र का उपयोग किया जाता है।

R717 के गुणधर्म नीचे तालिका में दिए गए हैं :

तापमान (°C)	*एन्थैल्पी* (kJ/kg)		*एन्ट्रॉपी* (kJ/kg-K)	
	द्रव (h_f)	*वाष्प* (h_g)	*द्रव* (s_f)	*वाष्प* (s_g)
–16	126·73	1442·60	0·72511	5·8420
40	390·59	1490·42	1·64377	5·1558

P-h आरेख भी बनाइए। वाष्पक तापमान के अनुरूप वाष्प की विशिष्ट ऊष्मा को 2·38 kJ/kg-K माना जा सकता है।

An R717 simple saturation cycle refrigerator operates at 40 °C condenser and −16 °C evaporator temperatures. Determine COP and power per TR. If a liquid-vapour regenerative heat exchanger is installed in the system, with the suction vapour at 15 °C, what will be the effect on COP and power per TR? Assume specific heat of vapour at condenser temperature as 3·1 kJ/kg-K, when no heat exchanger is used, and 2·9 kJ/kg-K, when heat exchanger is used.

The properties of R717 are given in the table below :

Temperature (°C)	*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* (kJ/kg-K)	
	Liquid (h_f)	*Vapour* (h_g)	*Liquid* (s_f)	*Vapour* (s_g)
−16	126·73	1442·60	0·72511	5·8420
40	390·59	1490·42	1·64377	5·1558

Draw the *P-h* diagram also. The specific heat of vapour corresponding to evaporator temperature may be assumed as 2·38 kJ/kg-K. 20

(c) एस० आइ० तथा सी० आइ० इंजन ईंधन की रेटिंग का निर्धारण कैसे किया जाता है? संक्षेप में समझाइए।

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

8. *(a)* एक वातानुकूलित स्थान को 25 °C DBT तथा 50% RH पर बनाए रखा जाता है। बाह्य परिस्थितियाँ 40 °C DBT तथा 27 °C WBT हैं। इस स्थान में 24·5 kW की संवेद्य ऊष्मा वृद्धि होती है। वातानुकूलित वायु 10 °C पर संतृप्त वायु के रूप में इस स्थान में आपूर्ति की जाती है। इस उपकरण में एक वायु धावक (वाशर) शामिल है। वायु धावक (वाशर) में प्रवेश करने वाली वायु में 25% बाहरी वायु समाविष्ट होती है, शेष भाग पुनःसंचरित कमरे की वायु होती है। गणना कीजिए—

(i) उस स्थान पर आपूर्ति की गई वायु की आयतन प्रवाह दर;

(ii) कक्ष संवेद्य ऊष्मा गुणक;

(iii) वायु धावक (वाशर) का शीतलन भार (TR में)।

आर्द्रतामितीय (साइक्रोमेट्रिक) लेखा-चित्र तालिका अंत में संलग्न है। साथ ही, योजनाबद्ध आरेख बनाइए तथा एक सारांशित आर्द्रतामितीय लेखा-चित्र पर विभिन्न प्रक्रियाओं को दर्शाइए।

An air-conditioned space is maintained at 25 °C DBT and 50% RH. The outside conditions are 40 °C DBT and 27 °C WBT. The space has a sensible heat gain of 24·5 kW. Conditioned air is supplied to the space as saturated air at 10 °C. The equipment consists of an air washer. The air entering the air washer comprises 25% of outside air, the remainder being recirculated room air. Calculate the—

(i) volume flow rate of air supplied to space;

(ii) room sensible heat factor;

(iii) cooling load (in TR) of air washer.

Psychrometric chart is given at the end. Also, draw the schematic diagram and show the various processes on a skeleton psychrometric chart. 20

www.prepp.in

Prepp
Your Personal Exams Guide

(b) (i) मोर्स परीक्षण का उपयोग करके एक आइ० सी० इंजन की सूचित शक्ति ज्ञात करने की विधि का वर्णन कीजिए।

Describe the method of finding indicated power of an IC engine using Morse test. 5

(ii) एक चार-सिलिन्डर, चार-स्ट्रोक इंजन पर किए गए परीक्षण में निम्नलिखित विवरण नोट किए गए हैं :

व्यास = 100 mm
स्ट्रोक = 125 mm
इंजन की गति = 1500 r.p.m.
ईंधन की खपत = 0·2 kg/min
ईंधन का कैलोरी मान = 44000 kJ/kg
ब्रेक घिरनी के दोनों ओर के तनाव का अंतर = 450 N
ब्रेक ड्रम की परिधि = 300 cm

यदि यांत्रिक दक्षता 80% है, तो गणना कीजिए—

(1) ब्रेक ऊष्मीय दक्षता;
(2) सूचित ऊष्मीय दक्षता;
(3) सूचित माध्य प्रभावी दाब;
(4) ब्रेक-विशिष्ट ईंधन खपत।

The following details are noted in a test on a four-cylinder, four-stroke engine :

Diameter = 100 mm
Stroke = 125 mm
Speed of the engine = 1500 r.p.m.
Fuel consumption = 0·2 kg/min
Calorific value of fuel = 44000 kJ/kg
Difference in tension on either side of the brake pulley = 450 N
Brake drum circumference = 300 cm

If the mechanical efficiency is 80%, calculate the—

(1) brake thermal efficiency;
(2) indicated thermal efficiency;
(3) indicated mean effective pressure;
(4) brake-specific fuel consumption. 15

(c) 35 m ऊँची एक चिमनी 300 °C पर फ्लू गैसों को विसर्जित कर रही है, जबकि परिवेश का तापमान 25 °C है। प्रति kg ईंधन जलाने के लिए 16 kg वायु की आपूर्ति की जाती है। निर्धारित कीजिए—

(i) जल का mm में उत्पादित प्रवात;
(ii) गर्म गैस स्तंभ के मीटर में समतुल्य प्रवात;
(iii) चिमनी की दक्षता, यदि कृत्रिम प्रवात का न्यूनतम तापमान 120 °C है तथा गर्म फ्लू गैसों की औसत विशिष्ट ऊष्मा 1·005 kJ/kg-K है;
(iv) यदि ईंधन का शुद्ध कैलोरी मान 33000 kJ/kg है, तो प्राकृतिक प्रवात प्रणाली में खर्च की गई ऊष्मा का प्रतिशत।

www.prepp.in

Prepp
Your Personal Exams Guide

A chimney of 35 m height is discharging the flue gases at 300 °C, when the ambient temperature is 25 °C. The quantity of air supplied is 16 kg per kg of fuel burnt. Determine the—

(i) draught produced in mm of water;

(ii) equivalent draught in metres of hot gas column;

(iii) efficiency of the chimney, if the minimum temperature of artificial draught is 120 °C and the mean specific heat of hot flue gases is 1·005 kJ/kg-K;

(iv) percentage of heat spent in natural draught system, if the net calorific value of the fuel is 33000 kJ/kg. 10

* * *

Prepp
Your Personal Exams Guide

For Question No. **7**(*a*) :

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Specific Volume (m^3/kg)			Internal Energy (kJ/kg)		
		Sat. Liquid v_f	Evap. v_{fg}	Sat. Vapour v_g	Sat. Liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapour u_g
0·6113	0·01	0·001000	206·131	206·132	0	2375·3	2375·3
1·0	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
2·0	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
3·0	24·08	0·001003	45·66402	45·66502	101·03	2307·48	2408·51
4·0	28·96	0·001004	34·79915	34·80015	121·44	2293·73	2415·17
5·0	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

www.prepp.in
Prepp
Your Personal Exams Guide

For Question No. 7(a) :

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Enthalpy (kJ/kg) Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapour h_g	Entropy (kJ/kg-K) Sat. Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapour s_g
0·6113	0·01	0·00	2501·30	2501·30	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

www.prepp.in

For Question No. **8**(*a*) :