यांत्रिक इंजीनियरी / MECHANICAL ENGINEERING

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : तीन घंटे	अधिकतम अंक : 250
Time Allowed : Three Hours	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 भारी वाहन के चक्के को जिसका भार W तथा त्रिज्या r है, h ऊँचाई के अवरोध पर चक्के के केन्द्र की ओर निर्देशित क्षैतिज बल P से खींचा जाना है । सिद्ध कीजिए कि P, $\frac{W \cdot \sqrt{2rh - h^2}}{r - h}$ से थोड़ा अधिक है ।

A heavy carriage wheel of weight W, and radius r is to be dragged over an obstacle of height h by a horizontal force P applied to the centre of the wheel. Show that P is slightly greater than $\frac{W \cdot \sqrt{2rh - h^2}}{r - h}$. *10*

(b) एक शाफ्ट पर एक चक्रिका लगी है जिस पर 70 mm, 80 mm तथा 50 mm त्रिज्य दूरी पर 6 kg, 5 kg तथा 4 kg के तीन द्रव्यमान क्रमश: 45°, 135° तथा 240° कोणीय स्थितियों पर हैं । कोणीय स्थितियाँ x-अक्ष की दिशा में निर्देश रेखा से वामावर्त दिशा में मापी गई हैं । स्थैतिक संतुलन के लिए आवश्यक 85 mm त्रिज्य दूरी पर प्रति-द्रव्यमान की गणना कीजिए ।

A disc mounted on a shaft is having three masses of 6 kg, 5 kg and 4 kg, which are attached at a radial distance of 70 mm, 80 mm and 50 mm at the angular positions of 45°, 135° and 240° respectively. The angular positions are measured counter-clockwise from the reference line along the x-axis. Calculate the amount of countermass at the radial distance of 85 mm required for the static balance. *10*

(c) एक गुब्बारे से जो कि 25 m/s के वेग से एक तालाब की सतह से ऊपर जा रहा है, एक पत्थर गिरने दिया जाता है और छपाके की आवाज़ 5 सेकण्ड के बाद सुनाई देती है । ध्वनि का वेग 340 m/s मानते हुए गुब्बारे की ऊँचाई उस समय ज्ञात कीजिए जब पत्थर को गिराया जाता है ।

From a balloon ascending with a velocity of 25 m/s above the surface of a lake, a stone is let fall and the sound of the splash is heard 5 seconds later. Find the height of the balloon when the stone was dropped, assuming that the velocity of sound is 340 m/s. *10*

(d) परमाण्वीय पैकिंग गुणक का क्या महत्त्व है ? FCC क्रिस्टल संरचना का परमाण्वीय पैकिंग गुणक ज्ञात कीजिए ।

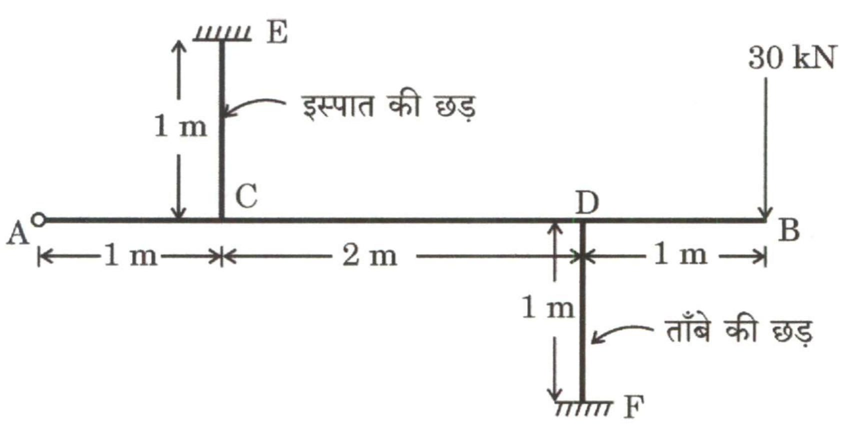
What is the importance of the atomic packing factor ? Compute the atomic packing factor for the FCC crystal structure. *10*

(e) एक 2·0 cm व्यास के 1·5 m लम्बे शाफ्ट के सिरों को लम्बी बेयरिंग्स में रखा जाता है । शाफ्ट के केन्द्र पर स्थित एक चक्रिका का भार 20 kg है । यदि शाफ्ट के पदार्थ का प्रत्यास्थता मापांक 2×10^6 kg/cm^2 हो, तो शाफ्ट की क्रान्तिक गति चक्र प्रति मिनट में परिकलित कीजिए ।

A 1·5 m long shaft having diameter 2·0 cm is held at the ends by long bearings. The weight of a disc at the centre of the shaft is 20 kg. If the modulus of elasticity of the material of shaft is 2×10^6 kg/cm^2, then calculate the critical speed of the shaft in cycles per minute. *10*

Q2. (a) चित्र 2(a) में, AB एक दृढ़ छड़ है, CE, 20 mm व्यास की इस्पात की छड़ तथा DF, 20 mm व्यास की ताँबे की छड़ है । यदि छोर A हिंज़्ड है तथा 30 kN का एक भार स्वतंत्र छोर B पर लग रहा है, तो इस्पात और ताँबे की छड़ों का प्रतिबल तथा A पर प्रतिक्रिया ज्ञात कीजिए ।

दिया गया है : $E_s = 200$ GN/m^2 तथा $E_c = 100$ GN/m^2



चित्र 2(a)

In Figure 2(a), AB is a rigid bar, CE is a steel rod of 20 mm diameter and DF is a copper rod of 20 mm diameter. If the end A is hinged and a load of 30 kN acts at the free end B, find the stresses in the steel and copper rods and the reaction at A.

Given : E_S = 200 GN/m^2 and E_C = 100 GN/m^2 20

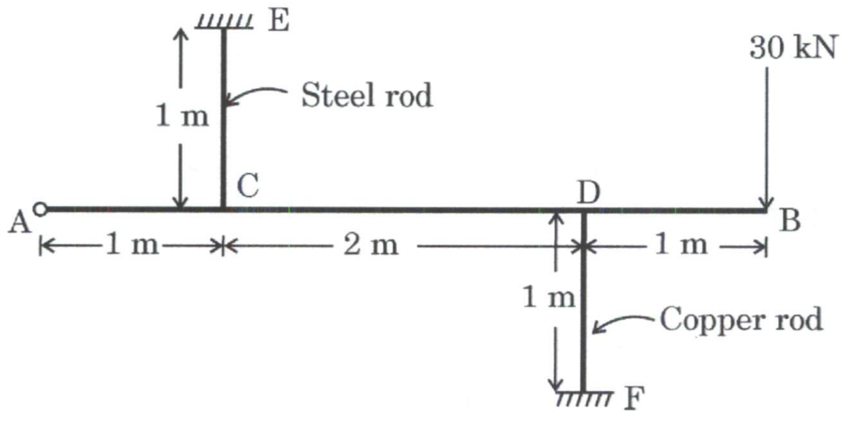


Figure 2(a)

(b) एक पोर्टर गवर्नर की प्रत्येक भुजा की लंबाई 350 mm है । निचली भुजाएँ घूर्णन अक्ष से 25 mm की दूरी पर स्लीव से संलग्न हैं तथा ऊपरी भुजाएँ घूर्णन अक्ष पर धुराग्रस्थ हैं । स्लीव पर 250 N का भार है तथा प्रत्येक गेंद का वजन 25 N है । यदि गेंदों की घूर्णन त्रिज्या 225 rpm पर 125 mm है, तो निम्नलिखित को परिकलित कीजिए :

(i) गवर्नर की गति जब स्लीव 55 mm उठ गई हो

(ii) प्रयास

(iii) गवर्नर की शक्ति

The length of each arm of a Porter governor is 350 mm. The lower arms are attached to a sleeve at a distance of 25 mm from the axis and the upper arms are pivoted on the axis of rotation. The load on the sleeve is 250 N and the weight of each ball is 25 N. If the radius of rotation of the balls is 125 mm at a speed of 225 rpm, then calculate the following : 20

(i) Speed of governor after the sleeve has lifted 55 mm

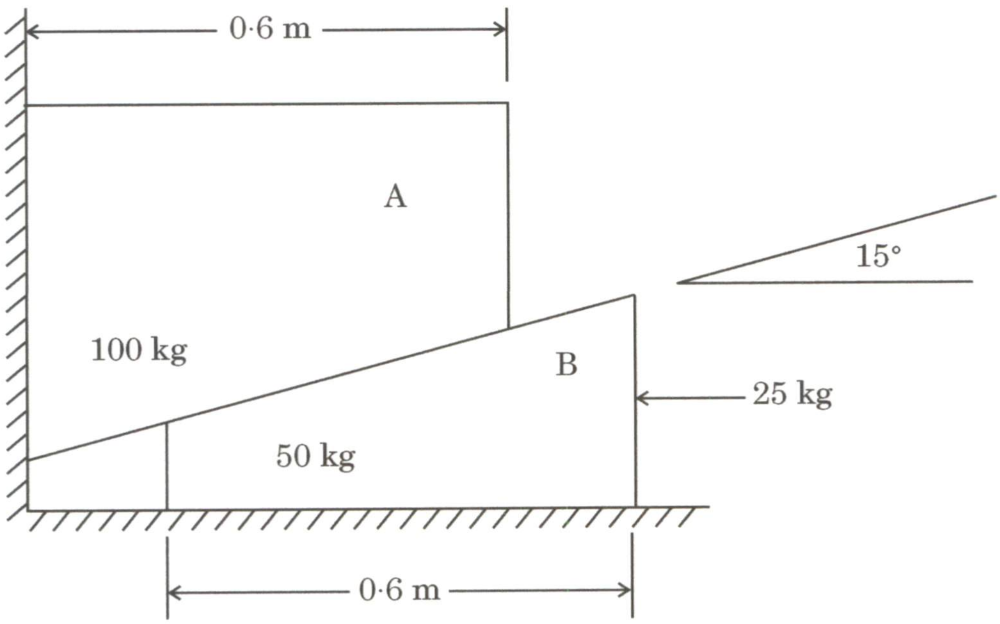
(ii) Effort

(iii) Power of the governor

(c) लौह मिश्रधातु के बहुतायत उपयोग होने के तीन कारणों की विवेचना कीजिए तथा लौह मिश्रधातु के तीन लक्षणों की भी विवेचना कीजिए जो इनकी उपयोगिता को सीमित करते हों ।

Discuss three reasons why ferrous alloys are used so extensively and also discuss three characteristics of ferrous alloys that limit their utilization. 10

Q3. (a) चित्र 3(a) में सभी सम्पर्कीय सतहों का घर्षण गुणांक 0·2 है । क्या 25 kg का बल, गुटका A को ऊपर की तरफ अग्रसर करेगा, संतुलन में रखेगा, या यह इतना छोटा है कि A को नीचे आने से तथा B को बाहर जाने से नहीं रोक पाएगा ? 25 kg का बल गुटके के मध्य-तल पर लग रहा है जिससे कि हम इस समस्या को समतलीय मान सकते हैं ।



चित्र 3(a)

The coefficient of friction for all contacting surfaces in Figure 3(a) is 0·2. Does the 25 kg force move the block A up, hold it in equilibrium, or is it too small to prevent A from coming down and B from moving out ? The 25 kg force is exerted at the mid-plane of the block so that we can consider this a coplanar problem. *20*

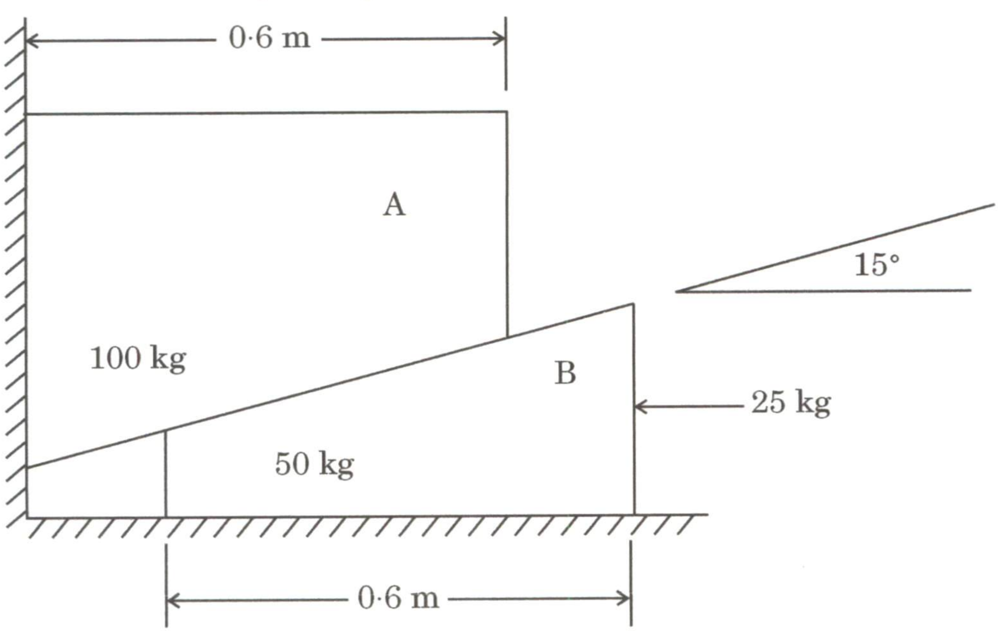
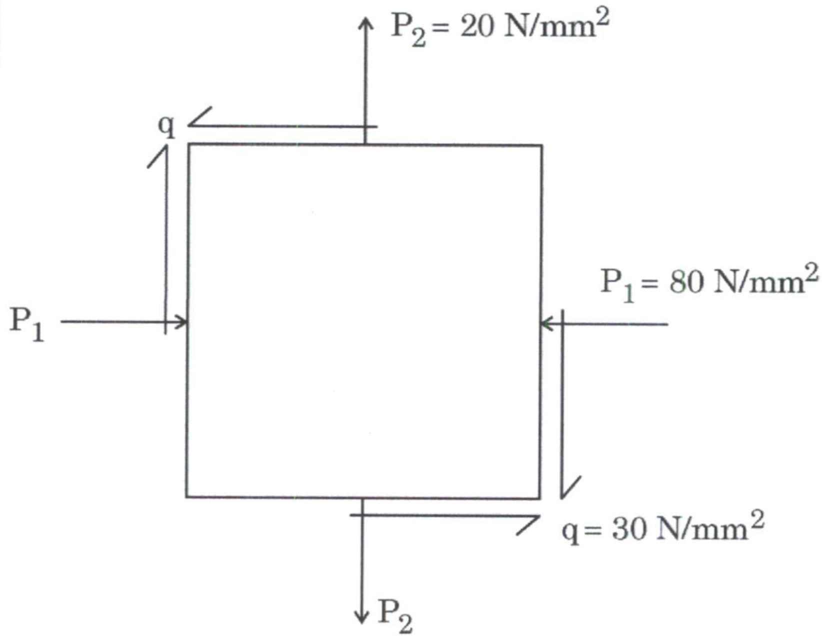


Figure 3(a)

(b) तलीय प्रतिबल की दशा एक भारित संरचना के एक बिन्दु पर मौजूद है । प्रतिबलों का परिमाण तथा दिशाएँ चित्र 3(b) में एक प्रतिबल अंश पर दर्शाया गया है । उस तल पर प्रतिबल को परिकलित कीजिए जो कि इस अंश को 15° के कोण द्वारा घड़ी की दिशा में घुमाकर प्राप्त किया गया हो ।



चित्र 3(b)

A plane stress condition exists at a point in a loaded structure. The stresses have the magnitude and directions shown on the stress element of Figure 3(b). Calculate the stress acting on the planes obtained by rotating the element clockwise through an angle of 15°. *20*

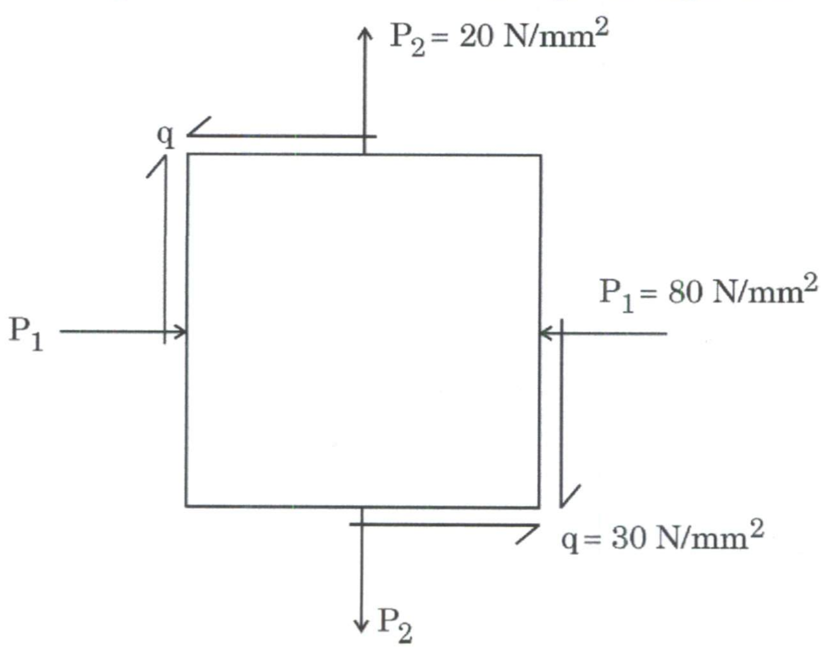


Figure 3(b)

(c) पर्लाइट, बेनाइट तथा मार्टेन्साइट की सूक्ष्म-संरचना तथा यांत्रिक गुणों की विवेचना कीजिए ।

Discuss microstructure and mechanical properties of pearlite, bainite and martensite. *10*

Q4. (a) दो अंतर्वलित गियर (मेश में) का दाब कोण 20° तथा प्रमात्रक (मॉड्यूल) 6 mm है । पिनियन पर दाँतों की संख्या 28 तथा बड़े गियर पर 52 दाँतें हैं ।

निम्नलिखित की गणना कीजिए :

(i) संपर्क अनुपात

(ii) गियर पहिये और पिनियन का क्रिया कोण

(iii) सर्पण वेग और रोलिंग वेग का अनुपात

(I) संपर्क के प्रारम्भ में,

(II) पिच बिंदु पर,

(III) संपर्क की समाप्ति पर ।

पिनियन और गियर व्हील पर एडेंडा एक प्रमात्रक (मॉड्यूल) के बराबर मान लीजिए ।

Two involute gears in mesh have pressure angle of 20° and module of 6 mm. The number of teeth on pinion is 28 and the larger gear has 52 teeth.

Calculate the following : *20*

(i) Contact ratio

(ii) Angle of action of gear wheel and pinion

(iii) Ratio of sliding velocity to rolling velocity at

(I) Starting of contact,

(II) Pitch point,

(III) End of contact.

Consider the addenda on pinion and gear wheel as equal to one module.

(b) एक इस्पात के ठोस वर्तुल शाफ्ट पर 12 kNm का बंकन आघूर्ण और 16 kNm का ऐंठन आघूर्ण लगाया जाता है । एक सामान्य एक-अक्षीय तनन परीक्षण में इस पदार्थ का पराभव बिन्दु प्रतिबल 300 N/mm^2 पाया गया । सुरक्षा गुणक को 2 मानते हुए इस वर्तुल शाफ्ट के न्यूनतम आवश्यक व्यास का आकलन (i) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धांत, तथा (ii) अधिकतम अपरूपण प्रतिबल सिद्धांत का प्रयोग करते हुए कीजिए ।

A solid circular shaft made of steel is subjected to a bending moment of 12 kNm and a twisting moment of 16 kNm. In a simple uniaxial tensile test of the same material it gave the stress at yield point = 300 N/mm^2. Assuming factor of safety = 2, estimate the minimum diameter required for the circular shaft using (i) Maximum Principal Stress theory, and (ii) Maximum Shear Stress theory. *20*

(c) निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए :

(i) मृत्तिका-शिल्प

(ii) नैनो-पदार्थ

Write short notes on the following : *10*

(i) Ceramics

(ii) Nano-materials

खण्ड B
SECTION B

Q5. (a) विद्युत-अपघट्य के रूप में सोडियम क्लोराइड विलयन का उपयोग करते हुए एक लोहे की सतह की विद्युत-रासायनिक मशीनन प्रक्रिया की गई जिसमें निम्नलिखित प्रेक्षण पाए गए :

विद्युत-अपघट्य का विशिष्ट प्रतिरोध = 5 Ω cm (ohm-cm)

वोल्टेज आपूर्ति = 15 V दिष्ट धारा

लोहे की सतह का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल = 20 mm × 20 mm

औज़ार और कार्यखंड के बीच का अंतराल = 0·3 mm

लोहे के लिए निम्नलिखित आँकड़ों का प्रयोग कीजिए :

संयोजकता = 2, परमाणु भार = 55·85, तथा घनत्व = 7860 kg/m^3

धारा की दक्षता को 100% तथा फैराडे स्थिरांक = 96540 कूलॉम मानिए ।

उपर्युक्त विद्युत-रासायनिक मशीनन प्रक्रिया में पदार्थ-पृथक्करण दर तथा इलेक्ट्रोड प्रभरण दर की गणना कीजिए ।

In an electrochemical machining process of an iron surface using sodium chloride solution as electrolyte, following observations were made :

Specific resistance of the electrolyte = 5 Ω cm (ohm-cm)

Supply voltage = 15 V DC

Cross-sectional area of iron surface = 20 mm × 20 mm

Gap between the tool and workpiece = 0·3 mm

Use the following data for iron :

Valency = 2, Atomic weight = 55·85, and Density = 7860 kg/m^3

Consider the current efficiency as 100% and Faraday's constant = 96540 Coulombs.

Calculate the material removal rate and electrode feed rate in the above mentioned electrochemical machining process. *10*

(b) एक 2×10^5 W/mm^2 शक्ति-क्षमता की लेजर किरण-पुंज एक जंगरोधी-इस्पात (स्टेनलेस स्टील) की चादर पर गिरती है । यदि केवल 10% किरण-पुंज की शक्ति अवशोषित होती है, तो यह ज्ञात कीजिए कि जंगरोधी-इस्पात की सतह कितने समय बाद गलनांक पर पहुँच जाएगी ।

निम्नलिखित का प्रयोग कीजिए :

ऊष्मा चालकता = 0·27 W/cm-°C

आयतनी विशिष्ट ऊष्मा = 3·36 J/cm^3-°C

गलन बिन्दु तापमान = 1455°C

A laser beam with power intensity of 2×10^5 W/mm^2 falls on a stainless steel sheet. Find out the time required for the stainless steel surface to reach melting temperature, assuming that only 10% of the beam power is absorbed. *10*

Use : Thermal conductivity = 0·27 W/cm-°C

Volume specific heat = 3·36 J/cm^3-°C

Melting point temperature = 1455°C

(c) अनुरूपता की विभिन्न लागतों और ग़ैर-अनुरूपता की लागतों पर विचार करते हुए लागत और गुणवत्ता के बीच अदला-बदली (दुविधा) की विवेचना कीजिए ।

Discuss the trade-off between cost and quality considering various costs of conformance and costs of non-conformance. *10*

(d) एक निगम 'X' अपनी नयी एसेंबली लाइन की अभिकल्पना कर रहा है । यह लाइन 50 इकाई एक घंटे में उत्पादित करेगी । इसके कार्य, समय तथा पूर्ववर्तियों को निम्नांकित तालिका में दिखाया गया है :

कार्य	तात्कालिक पूर्ववर्ती	कार्य का समय (सेकण्ड)
A	–	55
B	A	30
C	A	22
D	B	35
E	B, C	50
F	C	15
G	F	5
H	G	10

(i) नेटवर्क आरेख खींचिए ।

(ii) अपेक्षित 50 इकाई/घंटा का चक्र समय परिकलित कीजिए ।

(iii) कार्य-स्टेशनों की सैद्धांतिक संख्या ज्ञात कीजिए तथा कार्य-स्टेशनों पर कार्य को निर्दिष्ट कीजिए । क्या आप सैद्धांतिक न्यूनतम से अधिक कार्य-स्टेशनों का उपयोग करके इसे प्राप्त किए हैं ?

(iv) लाइन की दक्षता एवं बैलेंस डिले ज्ञात कीजिए । (सबसे लम्बे समय विधि का उपयोग कीजिए)

The corporation 'X' is designing its new assembly line. The line will produce 50 units per hour. The tasks, their times, and their predecessors are shown in the following table :

Task	Immediate Predecessor	Task Time (sec.)
A	–	55
B	A	30
C	A	22
D	B	35
E	B, C	50
F	C	15
G	F	5
H	G	10

(i) Draw the network diagram.

(ii) Compute the cycle time with a desired output of 50 units/hour.

(iii) Compute the theoretical number of work-stations and assign the task on the work-stations. Did you end up using more work-stations than the theoretical minimum ?

(iv) Compute the efficiency and balance delay of the line.

(Use longest time method) *10*

(e) यह अनुमानित करते हुए कि माँग लगभग चरघातांकी विधि से बढ़ रही है, दिए गए आँकड़ों पर माँग का छठे साल में पूर्वानुमान लगाने के लिए समाश्रयण विश्लेषण कीजिए ।

($y = ae^{bx}$; जहाँ a और b स्थिरांक हैं, x वर्षों की संख्या तथा y पूर्वानुमानित माँग है)

वर्षों की संख्या	1	2	3	4	5
माँग (इकाइयाँ)	40	60	200	700	1000

On the given data, perform regression analysis to forecast the demand for the 6^{th} year, considering that the demand is increasing approximately exponentially. *10*

($y = ae^{bx}$; where a and b are constants, x is the number of the year and y is forecasted demand)

No. of the year	1	2	3	4	5
Demand (units)	40	60	200	700	1000

Q6. (a) केन्द्र खराद मशीन पर दो विभिन्न कार्य पदार्थों X और Y के मशीनन के दौरान निम्नांकित आँकड़े मिले :

कार्य पदार्थ	कर्तन औज़ार उम्र (मिनट)	कर्तन गति (मीटर/मिनट)
X	20 15	125 150
Y	45 25	250 300

यदि कार्य पदार्थ X मानक पदार्थ है, तो औज़ार की उम्र को 50 मिनट आधार मानते हुए सापेक्षिक मशीनन-सुकरता ज्ञात कीजिए ।

Following data were observed while machining two different work materials X and Y using a centre lathe machine :

Work Material	Cutting Tool Life (min.)	Cutting Speed (m/min.)
X	20 15	125 150
Y	45 25	250 300

If work material X is standard material, then determine the relative machinability considering the tool life of 50 minutes as criterion. *20*

(b) पाँच कृत्यकों का प्रक्रमण समय तथा नियत तिथि निम्नांकित तालिका में दिए हुए हैं । इन पाँचों कृत्यकों को निम्नांकित तरीके से क्रमबद्ध (अनुक्रमण) किया जाना है :

(i) पहले आओ पहले पाओ (FCFS)

(ii) जल्द-से-जल्द नियत तिथि (EDD)

(iii) न्यूनतम शैथिल्य (SLACK)

(iv) न्यूनतम प्रक्रमण समय (SPT)

आपके द्वारा इन चारों में से कौन-से अनुक्रमण नियम की सिफारिश की जाएगी ?

कृत्यक	प्रक्रमण समय (दिनों में)	नियत तिथि (दिनों में)
A	5	10
B	10	15
C	2	5
D	8	12
E	6	8

The work processing time and due date of five jobs are given in the following table. These five jobs are to be sequenced as per :

(i) First Come First Serve (FCFS)

(ii) Earliest Due Date (EDD)

(iii) Minimum Slack (SLACK)

(iv) Shortest Processing Time (SPT)

Which sequencing rule among these four rules will be recommended by you ? *20*

Jobs	Processing Time (days)	Due Date (days)
A	5	10
B	10	15
C	2	5
D	8	12
E	6	8

(c) एक कंपनी पंप बनाती है । पंप की संरचना की लागत निम्न प्रकार है :

सामग्री लागत : ₹ 1000/इकाई

श्रमिक लागत : ₹ 500/इकाई

परिवर्तनशील उपरि लागत : श्रमिक और सामग्री लागत का 50%

यदि पंप बनाने की स्थिर लागत ₹ 10,00,000 है तथा विक्रय मूल्य (S), $S = 4D^2$, (जहाँ D माँग इकाई के रूप में) के अनुरूप बदल रहा हो, तो ब्रेक-ईवन (लाभ-अलाभ) बिन्दु तक पहुँचने के लिए कंपनी को कितनी इकाइयाँ बेचनी होंगी ?

A company is producing pumps. The cost of the structure of a pump is as under :

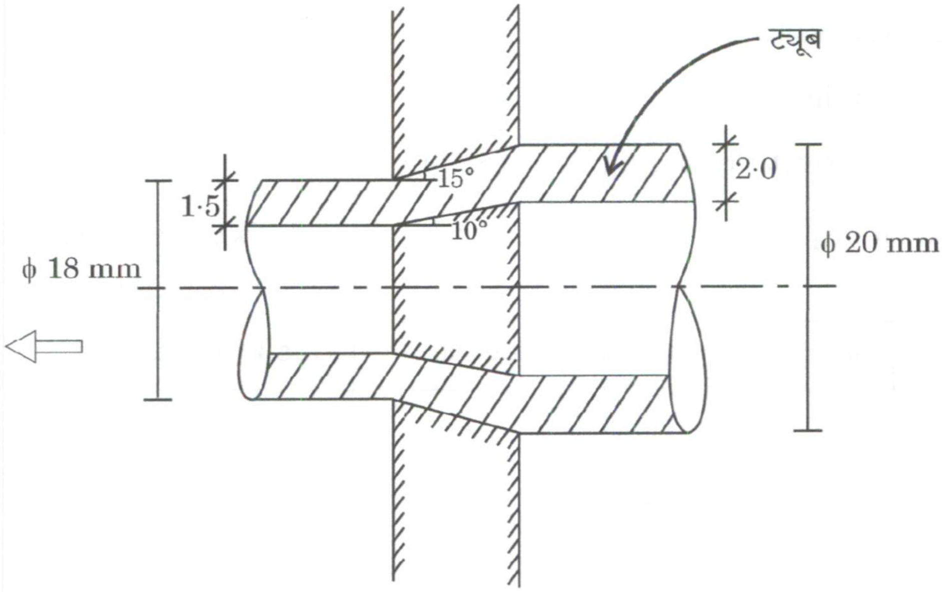
Material cost : ₹ 1000/unit

Labour cost : ₹ 500/unit

Variable cost overheads : 50% of labour and material cost

If the fixed cost for the production of pumps amounts to ₹ 10,00,000 and selling price (S) varies as $S = 4D^2$, where D is demand in units, how many items will the company have to sell to reach break-even point ? *10*

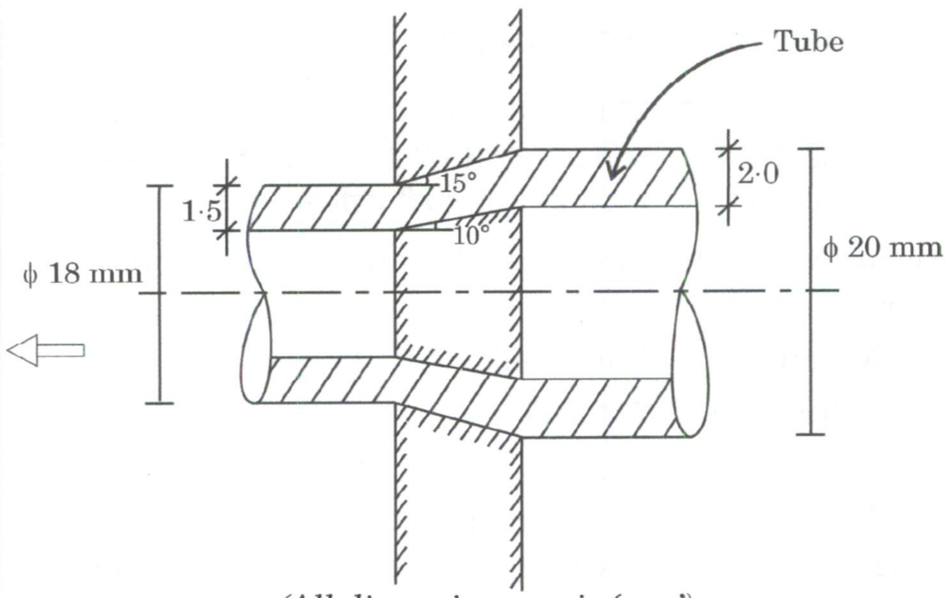
Q7. (a) (i) चित्र 7(a)(i) में डाई, प्लग और ट्यूब दिखाया गया है जिसमें से ट्यूब का कर्षण करना है । धातु को कार्य कठोरन अवस्था में, पराभव प्रतिबल 1·40 kN/mm^2, डाई तथा प्लग का घर्षण गुणांक 0·15 मानते हुए, आवश्यक कर्षण लोड (बल) तथा मोटर की शक्ति ज्ञात कीजिए जबकि ट्यूब का 0·50 m/s की गति से कर्षण किया जा रहा है ।



(सभी विमाएँ 'मिमी' में हैं)

चित्र 7(a)(i)

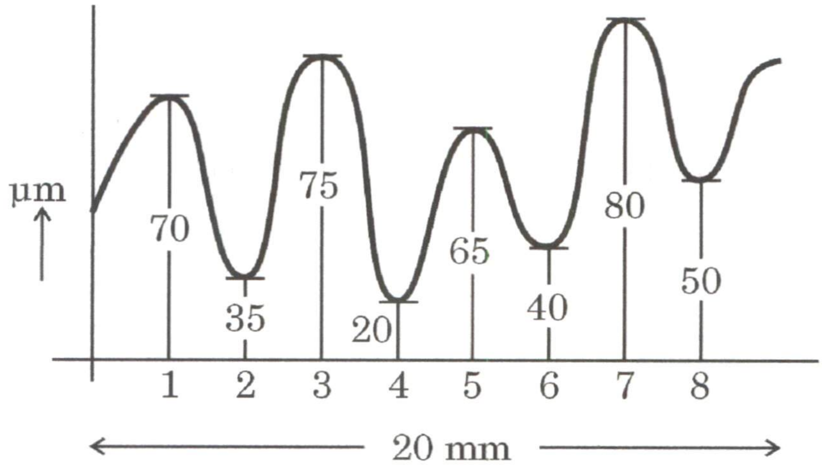
A tube is to be drawn as per the dimensions given in the following Figure 7(a)(i) showing die, plug and tube. Assuming the metal in work hardened condition with yield stress 1·40 kN/mm^2, coefficient of friction for die as well as for plug is 0·15, calculate the drawing load and power of the motor required for drawing the tube with the speed of drawing 0·50 m/s. *10*



(All dimensions are in 'mm')

Figure 7(a)(i)

(ii) सतह खुरदरापन प्रतीक को चित्रित एवं नामांकित कीजिए यदि मशीनन का तरीका मिलिंग था, नमूने की लंबाई 3·0 mm, बिछाने (ले) की दिशा तल के लंबवत्, मशीनन छूट 2 mm, खुरदरापन $R_a = 6{\cdot}3\ \mu m$ है । निम्नांकित 20 mm लंबाई के नमूने {चित्र 7(a)(ii)} के सतही खुरदरापन के केन्द्रीय रेखा औसत तथा वर्ग माध्य मूल मानों की भी गणना कीजिए ।



चित्र 7(a)(ii)

Draw and label the surface roughness symbol, if the method of machining was milling, sample length 3·0 mm, direction of lay is perpendicular to the surface, machining allowance is 2 mm with roughness R_a as 6·3 μm. Also, calculate the centre line average and root mean square values of surface roughness for the following measurements {figure 7(a)(ii)} taken over a sample length of 20 mm. *10*

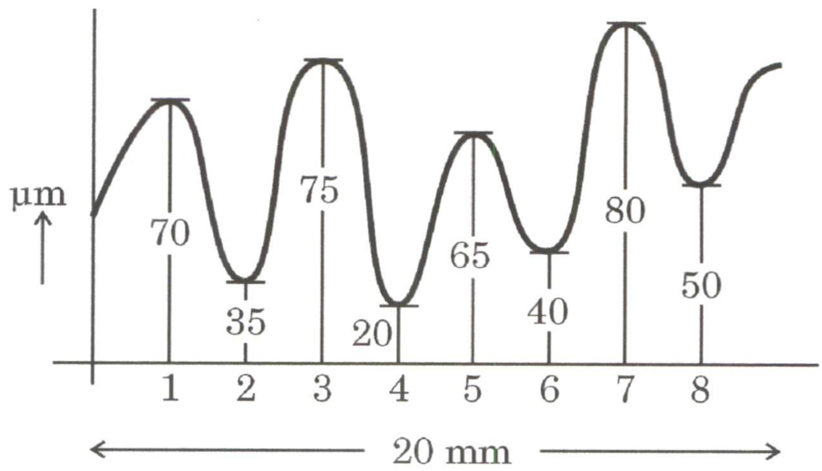


Figure 7(a)(ii)

(b) एक दुकानदार द्वारा सामानों की खरीद और बिक्री की निम्नलिखित जानकारी दी गई है :

वार्षिक माँग : 8000 इकाई

आदेश लागत : ₹ 180/आदेश

धारण लागत : सामग्री की लागत का 10%

दुकानदार को अलग-अलग लॉट साइज के लिए निम्नलिखित प्रस्ताव दिए गए हैं :

लॉट साइज	इकाई लागत (₹)
1 – 999	22·00
1000 – 1499	20·00
1500 – 1999	19·00
2000 और उससे अधिक	18·50

मितव्ययी आदेश मात्रा का उपयोग करते हुए अलग-अलग प्रस्तावों की व्यवहार्यता की जाँच कीजिए तथा व्यवहार्य प्रस्तावों की कुल वार्षिक लागतों की तुलना कीजिए ।

The following information is given for the items procured and sold by a shopkeeper :

Annual Demand : 8000 units

Ordering Cost : ₹ 180/order

Holding Cost : 10% of the item cost

Following offers are given to the shopkeeper for different lot sizes :

Lot Size	Unit Price (₹)
1 – 999	22·00
1000 – 1499	20·00
1500 – 1999	19·00
2000 and above	18·50

Check the feasibility of different offers using Economic Order Quantity and compare the total annual costs of the feasible offers. *20*

(c) गुणवत्ता वाले उत्पादों के अभिकल्पन, निर्माण और वितरण के माध्यम से ग्राहकों की संतुष्टि में सुधार के लिए कुल गुणवत्ता प्रबंधन की प्रमुख विशेषताएँ क्या हैं ?

What are the key features of Total Quality Management to improve customer satisfaction through design, manufacture and delivery of quality products ? *10*

Q8. (a) निम्नलिखित आँकड़े पिछले 10 दिनों के हैं जो एक कम्पनी की दो प्रक्रियाओं A और B द्वारा 50 इकाई प्रतिदिन उत्पादित निजी कंप्यूटर (पी.सी.) के निरीक्षण के परिणामों को दर्शाते हैं :

नमूना संख्या	प्रक्रिया A ग़ैर-अनुरूपक इकाइयों की संख्या	प्रक्रिया B ग़ैर-अनुरूपक इकाइयों की संख्या
1	5	8
2	6	7
3	7	8
4	5	9
5	4	10
6	6	11
7	5	15
8	7	8
9	9	9
10	6	7

दोनों प्रक्रियाओं A और B के लिए अलग-अलग नियंत्रण सीमा परिकलित कीजिए तथा यह भी देखिए कि क्या किसी प्रक्रिया की नियंत्रण सीमा में बदलाव की जरूरत है ।

कम्पनी यह भी दावा करती है कि ज्यादा-से-ज्यादा 50 उत्पादित पी.सी. में 5 ग़ैर-अनुरूपक हो सकते हैं । Z-आबंटन का उपयोग करते हुए प्रत्येक प्रक्रिया के लिए परिकल्पना जाँच कीजिए यह ज्ञात करने के लिए कि कम्पनी द्वारा दावा की गई दोनों प्रक्रियाओं के लिए यह सही है या नहीं । (सामान्य वितरण तालिका का प्रयोग कीजिए)

The following data represents the results of inspecting 50 units/day of personal computers produced by two processes A and B of a company for the past ten days.

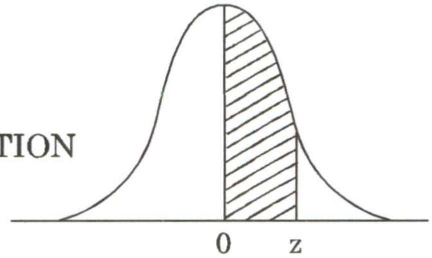
Sample No.	Process A No. of Non-Conforming Units	Process B No. of Non-Conforming Units
1	5	8
2	6	7
3	7	8
4	5	9
5	4	10
6	6	11
7	5	15
8	7	8
9	9	9
10	6	7

Calculate control limits for both the processes A and B separately and also see if there is need for revision of control limits in any of the processes.

The company claims that 5 PCs may be non-conforming at most out of 50 produced. Perform hypothesis tests for each process using Z-distribution to determine whether the claim of the company is valid for both or not. *20*

(Use Normal Distribution table)

AREAS UNDER THE STANDARD
NORMAL PROBABILITY DISTRIBUTION



Values in the table represent the proportion of area under the normal curve between the mean ($\mu = 0$) and a positive value of z.

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2703	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

(b) मध्यम कार्बन इस्पात की बेलनाकार छड़ का मशीनन लांबिक कर्तन अवस्था में HSS कर्तन औज़ार से किया गया है जिसका नति कोण 12° है ।

मशीनन के दौरान निम्नलिखित आँकड़ों को अभिलेखबद्ध किया गया :

कर्तन बल का ऊर्ध्वाधर घटक = 1600 N

कर्तन बल का क्षैतिज घटक = 1250 N

छीलन की मोटाई का अनुपात = 0·25

उपर्युक्त मशीनन अवस्था के लिए निम्नलिखित को ज्ञात कीजिए :

(i) नति (रेक) तल के लम्बवत् कार्यरत बल

(ii) नति (रेक) तल की दिशा में घर्षण बल

(iii) परिणामी कर्तन बल

(iv) छीलन तथा औज़ार के अंतराफलक का घर्षण गुणांक

(v) अपरूपण तल के लम्बवत् कार्यरत बल

(vi) अपरूपण तल के अनुदिश अपरूपण बल

A medium carbon steel cylindrical rod is being machined under orthogonal cutting condition with an HSS cutting tool having rake angle as 12°.

While machining, following data were recorded :

Vertical component of cutting force = 1600 N

Horizontal component of cutting force = 1250 N

Chip thickness ratio = 0·25

Calculate the following for the above mentioned machining condition : *20*

(i) Normal force on the rake face

(ii) Friction force along the rake face

(iii) Resultant cutting force

(iv) Coefficient of friction at chip tool interface

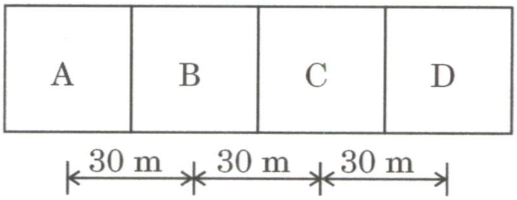
(v) Normal force on the shear plane

(vi) Shear force along the shear plane

(c) एक विनिर्माण कंपनी कार्य-स्टेशन A, B, C तथा D को इस तरह व्यवस्थित करना चाहती है जिससे सामानों की अंतर्विभागीय हस्तन लागत कम हो जाए । सामानों का प्रवाह और मौजूदा कार्य-स्टेशन का खाका नीचे दर्शाया गया है :

	A	B	C	D
A	–	400	500	50
B	300	–	200	0
C	0	0	–	700
D	0	0	0	–

सामानों का कार्य-स्टेशन के बीच प्रवाह



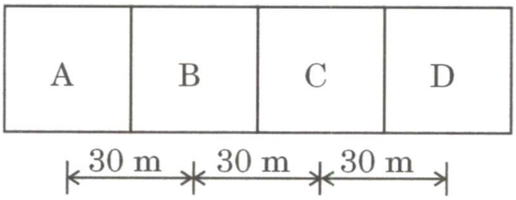
मौजूदा खाका दूरियों के साथ

संशोधित खाका का सुझाव दीजिए ।

A manufacturing company wants to arrange work-centres A, B, C and D, so as to minimize inter-departmental parts handling costs. The flow of parts and existing work-centres layout are shown below :

	A	B	C	D
A	–	400	500	50
B	300	–	200	0
C	0	0	–	700
D	0	0	0	–

Parts moved between work-centres



Existing layout with distances

Suggest a modified layout. 10

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।

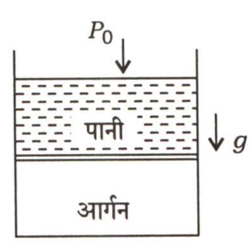
(ii) लिखिए कि मूल ऊष्मा विनिमयित्र विश्लेषण में किस स्थिति में एल० एम० टी० डी० विधि और किस स्थिति में एन० टी० यू० विधि लागू होगी।

(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

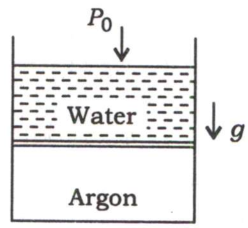
2. *(a)* $0 \cdot 6$ m^2 के अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल वाले एक 15 m ऊँचे सिलिन्डर में 20 kg द्रव्यमान के पतले ऊष्मारोधित पिस्टन के शीर्ष पर 25 °C पर 3 m^3 तरल पानी निहित है। पिस्टन के नीचे, 15 °C पर 3 m^3 आयतन के साथ आर्गन गैस है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। आर्गन को ऊष्मा की आपूर्ति इस प्रकार की 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)

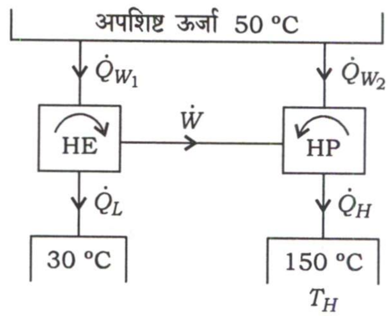
Table : समएन्ट्रॉपी प्रवाह (Isentropic Flow)

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

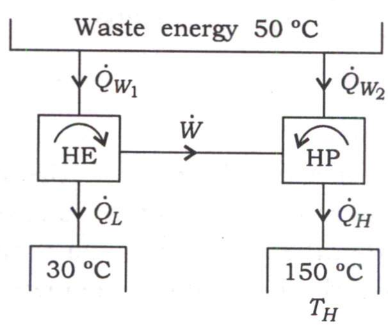
3. *(a)* 1 cm मोटाई की एक जंगरोधी इस्पात पट्टिका (ऊष्मा चालकता = 22 W/m-K) में 600 MW/m^3 की एकसमान दर से ऊष्मा उत्पन्न होती है। पट्टिका के बायीं ओर का तापमान 200 °C पर स्थिर बनाए रखा जाता है और दाहिनी ओर को 100 °C पर स्थिर बनाए रखा जाता है। *(i)* पट्टिका में तापमान वितरण, *(ii)* अधिकतम तापमान का स्थान 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 $(\rho) = 984 \cdot 4\ \text{kg/m}^3$

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

विशिष्ट ऊष्मा $(C_p) = 4178$ J/kg-K

प्रांड्ल संख्या $(\text{Pr}) = 3 \cdot 12$

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

रेनॉल्ड्स संख्या $\equiv \text{Re}_D$

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

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 (Pr) $= 3 \cdot 12$

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

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

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

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 डी० बी० टी० 35 °C और डब्ल्यू० बी० टी० 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 = डी० पी० टी० के अनुरूप जलवाष्प का आंशिक दाब

p_v' = डब्ल्यू० बी० टी० के अनुरूप जलवाष्प का आंशिक दाब

t = डी० बी० टी०

t' = डब्ल्यू० बी० टी०

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)

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

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 $P = \frac{WN}{20000}$ 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 $P = \frac{WN}{20000}$, 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 $pv^{1\cdot 3}$ = स्थिरांक से अतिसंतृप्त हो

दिया गया है, 5 bar, 250 °C पर

$$v = 0\cdot 4744 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad s = 7\cdot 2709 \text{ kJ/kg-K}, \quad h = 2960\cdot 7 \text{ kJ/kg}$$

और 1 bar पर

$$v_f = 0\cdot 001044 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad v_g = 1\cdot 6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$
$$h_f = 419\cdot 04 \text{ kJ/kg}, \quad h_g = 2676\cdot 1 \text{ kJ/kg}$$
$$s_f = 1\cdot 3069 \text{ kJ/kg-K}, \quad s_g = 7\cdot 3549 \text{ kJ/kg-K}$$

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 $pv^{1\cdot 3}$ = constant

Given, at 5 bar, 250 °C

$$v = 0\cdot 4744 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad s = 7\cdot 2709 \text{ kJ/kg-K}, \quad h = 2960\cdot 7 \text{ kJ/kg}$$

and at 1 bar

$$v_f = 0\cdot 001044 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad v_g = 1\cdot 6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$
$$h_f = 419\cdot 04 \text{ kJ/kg}, \quad h_g = 2676\cdot 1 \text{ kJ/kg}$$
$$s_f = 1\cdot 3069 \text{ kJ/kg-K}, \quad s_g = 7\cdot 3549 \text{ kJ/kg-K}$$

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।

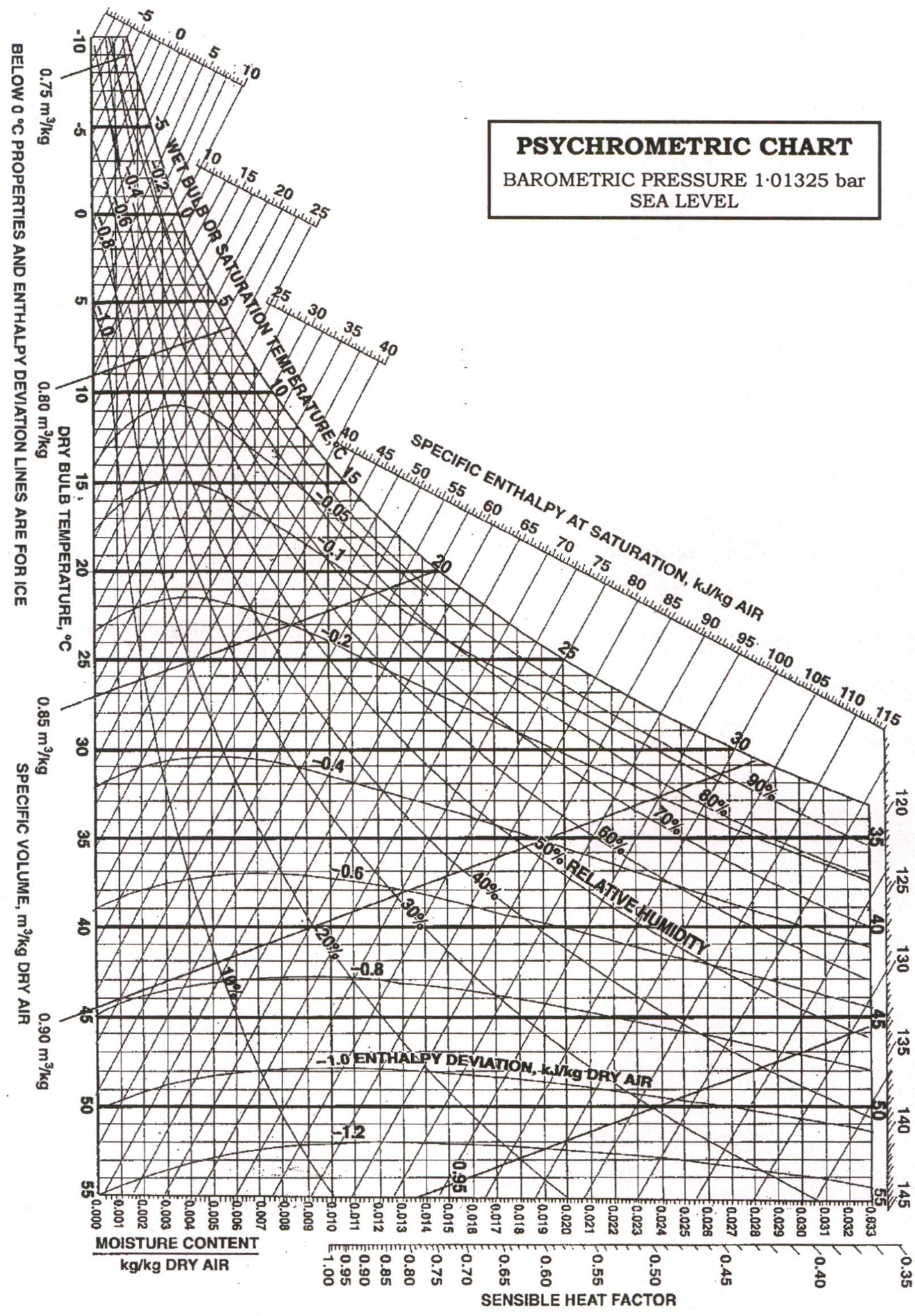
तंत्र का एक योजनाबद्ध आरेख बनाइए और सभी प्रक्रियाओं को एक साइक्रोमीट्रिक चार्ट के ढाँचे पर दर्शाइए।

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

★ ★ ★