

यांत्रिक इंजीनियरी / MECHANICAL ENGINEERING

प्रश्न-पत्र I / Paper I

निर्धारित समय : तीन घंटे

Time Allowed : **Three Hours**

अधिकतम अंक : 250

Maximum Marks : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़ें :

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

परीक्षार्थी को कुल पाँच प्रश्नों के उत्तर देने हैं ।

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

प्रत्येक प्रश्न/भाग के अंक उसके सामने दिए गए हैं ।

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका के मुख-पृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेगा ।

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.

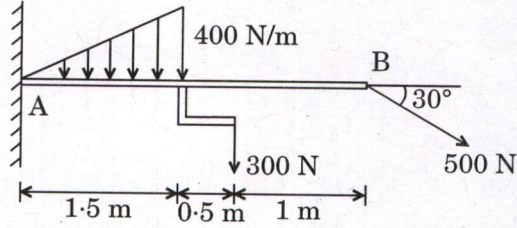
Diagrams/Figures, wherever required, shall be drawn in the space provided for answering the question itself.

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.

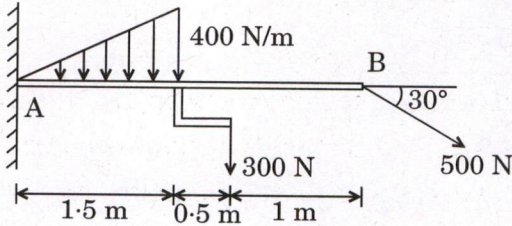
खण्ड A
SECTION A

- Q1.** (a) चित्र में प्रदर्शित एक प्रास (कैन्टीलीवर) धरन के लिए A पर आधारी बल क्या होगा ? धरन के भार को नगण्य मान लीजिए ।



What is the supporting force system at A for the cantilever beam shown in the figure ? Neglect the weight of the beam.

10



- (b) x-y समतल में गतिमान एक कण का वेग समय $t = 3.65 \text{ s}$ पर $6.12\hat{i} + 3.24\hat{j} \text{ m/s}$ द्वारा निर्धारित है । अगले 0.02 s पर्यन्त इसका औसत त्वरण $4\hat{i} + 6\hat{j} \text{ m/s}^2$ है । समय $t = 3.67 \text{ s}$ पर कण का वेग v तथा त्वरण सदिश एवं वेग सदिश के बीच का कोण θ ज्ञात कीजिए ।

The velocity of a particle, moving in the x-y plane is given by $6.12\hat{i} + 3.24\hat{j} \text{ m/s}$ at time $t = 3.65 \text{ s}$. Its average acceleration, during the next 0.02 s is $4\hat{i} + 6\hat{j} \text{ m/s}^2$. Determine the velocity v of the particle at $t = 3.67 \text{ s}$, and the angle θ between the acceleration vector and the velocity vector at $t = 3.67 \text{ s}$.

10

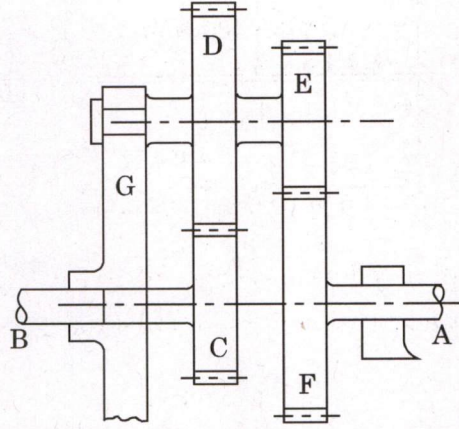
- (c) कार्बन समतुल्य (CE) क्या है ? इस्पात का कार्बन समतुल्य, कठोरीकरण ताप उपचार को कैसे प्रभावित करता है ?

What is carbon equivalent (CE) ? How does the carbon equivalent of a steel affect the hardening heat treatment ?

10

- (d) चित्र में प्रदर्शित अधिचक्रिक गियर माला में, चक्र 'C' शैफ्ट 'B' में कुंजीयित है। 'D' तथा 'E' संयुक्त गियर हैं। 'C', 'D' तथा 'E' में क्रमशः 35, 65 व 32 दाँतें हैं। सभी गियरों का एक ही मॉड्यूल है।

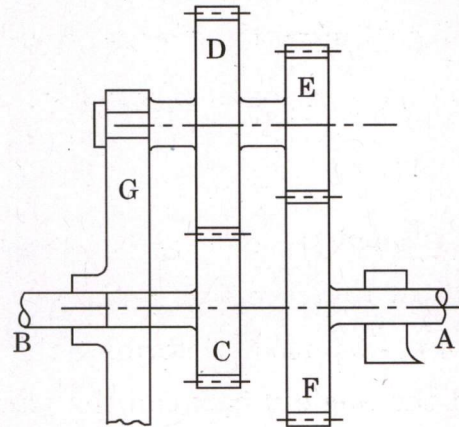
यदि 'A' और 'B' क्रमशः 60 rpm तथा 28 rpm पर विपरीत दिशा में घूर्णन करते हैं, तो भुजा 'G' के घूर्णन की गति व दिशा ज्ञात कीजिए।



In the epicyclic gear train shown in the figure, the wheel 'C' is keyed to the shaft 'B'. 'D' and 'E' are compound gears. 'C', 'D' and 'E' have 35, 65 and 32 teeth respectively. All the gears have same module.

If 'A' and 'B' rotate at 60 rpm and 28 rpm respectively in opposite directions, find the speed and direction of rotation of arm 'G'.

10



- (e) 8 mm व्यास एवं 50 m लम्बाई का एक इस्पात का तार, अपने निम्नतम सिरे पर 2000 N के भार को उठाने के लिए प्रयोग किया जाता है। यदि इस्पात का घनत्व 8000 kg/m^3 तथा $E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ है, तो तार के सम्पूर्ण दीर्घीकरण की गणना कीजिए।

A steel wire of 8 mm diameter and length 50 m is used to lift a weight of 2000 N at its lowest end. Calculate the total elongation of the wire, if the density of the steel is 8000 kg/m^3 and $E = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$.

10

- Q2.** (a) एक सर्पी-क्रैंक शैफ्ट यंत्र युक्ति में क्रैंक तथा संयोजी दण्ड की लम्बाई क्रमशः 150 mm तथा 600 mm हैं। क्रैंक के IDC से 30° घूमने के बाद की स्थिति के लिए यंत्र युक्ति के सभी I-केन्द्रों का स्थान निर्धारित कीजिए। यदि क्रैंक 30 rad/s पर घूर्णन कर रहा हो, तो संपर्क (स्लाइडर) का वेग तथा संयोजी दण्ड का कोणीय वेग भी ज्ञात कीजिए।

In a slider-crank mechanism, the lengths of the crank and connecting rod are 150 mm and 600 mm respectively. Locate all the I-centres of the mechanism for the position when the crank has turned 30° from IDC. Also, find the velocity of the slider and the angular velocity of the connecting rod, if the crank rotates at 30 rad/s.

15

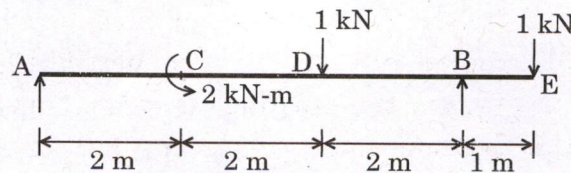
- (b) एक द्रव्यमान जिसका भार 100 N है, एक ऐसी स्प्रिंग से लटका है जिसका स्थिरांक $k = 4000$ N/m है। समय $t = 0$ पर स्थैतिक स्थिरता (संतुलन) के स्थान से गुजरते समय इसका नीचे की ओर वेग 1 m/s है। निम्न का मान ज्ञात कीजिए :

- स्थैतिक स्प्रिंग विस्थापन।
- तंत्र की स्वाभाविक आवृत्ति।
- समय के फलन के रूप में द्रव्यमान का विस्थापन (x), जहाँ x का मापन स्थैतिक संतुलन के स्थान से किया जाता है।
- द्रव्यमान द्वारा लब्ध अधिकतम त्वरण।

A mass weighing 100 N is suspended from a spring of constant $k = 4000$ N/m. At time $t = 0$, it has a downward velocity of 1 m/s as it passes through the position of static equilibrium. Determine the following :

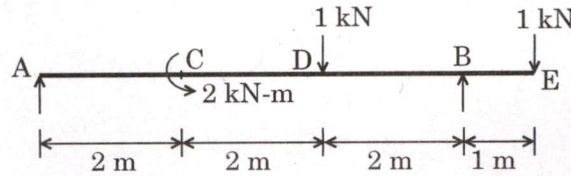
15

- The static spring deflection.
 - The natural frequency of the system.
 - The displacement (x) of the mass as a function of time, where x is measured from the position of static equilibrium.
 - The maximum acceleration attained by the mass.
- (c) चित्र में दर्शाए अनुसार टेक A और B पर आधारित (स्थित) एक धरन के विभिन्न काटों (सेक्शन्स) के लिए अपरूपक बल और बंकन आघूर्ण हेतु समीकरण लिखिए तथा SFD एवं BMD आरेखित कीजिए।



Write the equations for shearing force and bending moment for various sections and draw SFD and BMD for the beam supported at A and B as shown in the figure.

20



3. (a) कठोरीकृत इस्पात के पायन (टेम्परिंग) का क्या प्रयोजन है ? तापक तापमान की आवश्यकता तथा सूक्ष्म संरचनागत परिवर्तनों को समाहित करते हुए उपयुक्त योजनाबद्ध आरेख के माध्यम से पायन के सिद्धांत को समझाइए ।

What is the purpose of tempering of hardened steel ? Explain the principle of tempering using suitable schematics including heating temperature requirement and microstructural changes.

15

- (b) एक ठोस वर्तुल शैफ्ट पर 2500 N-m का बंकन आघूर्ण और 8000 N-m का बल-आघूर्ण लगाया जाता है । शैफ्ट के पदार्थ का चरम तनन प्रतिबल तथा चरम अपरूपण प्रतिबल क्रमशः 700 MPa और 500 MPa है । सुरक्षा गुणक को 6 मानते हुए शैफ्ट के व्यास की गणना कीजिए ।

A solid circular shaft is subjected to a bending moment of 2500 N-m and a torque of 8000 N-m. The ultimate tensile stress and ultimate shear stress of the shaft material are 700 MPa and 500 MPa respectively. Assuming a factor of safety as 6, determine the diameter of the shaft.

15

- (c) एक एकल सिलिंडर, चार-स्ट्रोक इंजन 250 rpm पर 20 kW विकसित करता है । गैसों द्वारा प्रसरण स्ट्रोक में किया गया कार्य गैसों पर संपीड़न स्ट्रोक में किए गए कार्य का 3 गुना है । चूषण तथा रेचक स्ट्रोकों में किए गए कार्यों को नगण्य मान सकते हैं । प्रसरण और संपीड़न स्ट्रोकों के दौरान टर्निंग आघूर्ण वक्र को त्रिभुजीय मान लिया गया है । यदि गतिपालक चक्र का द्रव्यमान 1500 kg तथा परिभ्रमण त्रिज्या 0.6 m है, तो गति के उच्चावचन का गुणांक ज्ञात कीजिए ।

A single cylinder, four-stroke engine develops 20 kW at 250 rpm. The work done by the gases during the expansion stroke is 3 times the work done on the gases during the compression stroke. The work done during the suction and exhaust strokes may be neglected. During expansion and compression strokes the turning moment curve is assumed to be triangular. If the flywheel has a mass of 1500 kg and has a radius of gyration of 0.6 m, find the coefficient of fluctuation of speed.

20

- Q4. (a)** FCC क्रिस्टल संरचना के लिए परमाणु संकुलन गुणक का मान ज्ञात कीजिए ।
 एक इरीडियम (Ir) परमाणु की त्रिज्या की गणना कीजिए । दिया गया है कि Ir की संरचना एक FCC क्रिस्टल संरचना है, घनत्व 22.4 g/cm^3 तथा परमाणु भार 192.2 g/mol है ।
 [आवोगाद्रो की संख्या (N_A) = 6.022×10^{23} परमाणु/मोल है]
 Find out the value of atomic packing factor for the FCC crystal structure.
 Calculate the radius of an iridium (Ir) atom, given that Ir has an FCC crystal structure, a density of 22.4 g/cm^3 and an atomic weight of 192.2 g/mol . 15
 [Avogadro's number (N_A) = 6.022×10^{23} atoms/mol]
- (b) प्रत्येक भुजा 'a' वाले एक त्रिकोने पटल पर एक वृत्तीय छिद्र अन्तर्वृत्त (इन्स्क्राइब्ड) है । इस पटल का एक भुजा के सापेक्ष क्षेत्रफलीय जड़त्व आघूर्ण ज्ञात कीजिए ।
 An inscribed circular hole is made in a triangular lamina with each side 'a'. Find the area moment of inertia of this lamina about one of the sides. 15
- (c) चार द्रव्यमान A, B, C तथा D समान त्रिज्या पर घूर्णन करते हैं और एक शैफ्ट पर बराबर दूरी पर हैं । द्रव्यमान B का भार 6 kg है । द्रव्यमान B से द्रव्यमान C तथा D क्रमशः 90° व 240° का कोण एक ही दिशा में बनाते हैं ।
 यदि तंत्र पूर्णतया संतुलन में है, तो द्रव्यमान A, C तथा D का परिमाण और A की कोणीय स्थिति ज्ञात कीजिए ।
 Four masses A, B, C and D revolve at equal radii and are equally spaced along a shaft. The mass B weighs 6 kg . Masses C and D make angles of 90° and 240° respectively with B in the same direction.
 Find the magnitude of the masses A, C and D and the angular position of A, if the system is in complete balance. 20

खण्ड B
SECTION B

Q5. (a) 5 mm मोटाई की दो चादरों का TIG वेल्डन 200 A विद्युत धारा (I) तथा 12 V आर्क वोल्टता (V) पर किया जाता है। मान लीजिए कि आर्क द्वारा जनित 70% ऊष्मा का उपयोग मूल धातु के पिघलाने में होता है। यदि इस्पात जिसका वेल्डन होना है उसको पिघलाने के लिए 20 J/mm^3 ऊष्मा की आवश्यकता होती है, तो निम्न को ज्ञात कीजिए :

- (i) वेल्डन आर्क की शक्ति (W)
- (ii) वह दर जिस पर ऊर्जा गलाने के लिए प्रदान की जाती है (W)
- (iii) वह आयतन दर (mm^3/sec) जिस पर वेल्ड धातु का उत्पादन होता है

TIG welding of two sheets of 5 mm thickness is performed using welding current (I) of 200 A and arc voltage (V) of 12 V. Assume 70% of generated arc heat is utilised for melting of base metals. If the steel being welded needs 20 J/mm^3 heat for melting, then determine the following :

10

- (i) Power of welding arc (W)
- (ii) Rate at which energy is delivered for melting (W)
- (iii) Volume rate (mm^3/sec) at which weld metal is produced

(b) एक उच्च चाल इस्पात (HSS) के कर्तन औज़ार का ऐलुमिनियम के 60 मी./मिनट की चाल पर खरादन के दौरान औज़ार जीवन काल 3 घंटे है। n का मान 0.27 मानते हुए तथा उपर्युक्त आँकड़ों का प्रयोग करते हुए निम्न को ज्ञात कीजिए :

- (i) 80 मी./मिनट कर्तन चाल पर, खरादन करने पर औज़ार आयु।
- (ii) वह कर्तन चाल जिस पर कर्तन औज़ार की आयु 2 घंटे होगी।

A high speed steel (HSS) cutting tool during turning of aluminium offers tool life of 3 hours at cutting speed of 60 m/minute. Determine the following using above data and assuming value of n is 0.27 :

10

- (i) Life of tool if turning is performed at 80 m/minute cutting speed.
- (ii) Cutting speed at which cutting tool will have tool life of 2 hours.

(c) उत्पादन उद्योगों में सामग्री-सूची हस्तगत (कैरी) करने के क्या कारण हैं ?

What are the reasons for carrying inventories in production industries ? 10

- (d) एक XYZ कंपनी ने एक नया उत्पाद अवतरित किया जिसकी अवतरण के प्रथम पाँच महीनों में बिक्री क्रमशः 5, 17, 29, 41 व 39 इकाइयों की थी। विक्रय मैनेजर अब अगले महीने में विक्रय पूर्वानुमान चाहते हैं।

- (i) निम्नलिखित विधियों से विक्रय पूर्वानुमान ज्ञात कीजिए : आखिरी मान विधि (Last Value Method), औसत विधि और तीन अति नवीनतम महीनों में चल औसत विधि द्वारा।
- (ii) अभी तक दिए गए विक्रय प्रतिरूप के अनुसार क्या ऊपर दी गई विधियों में कोई भी विधि पूर्वानुमान प्राप्त करने के लिए अनुपयुक्त है? क्यों?

An XYZ company launched a new product which had sales of 5, 17, 29, 41 and 39 units respectively in its first five months of launch. The Sales Manager now wants a forecast of sales in the next month.

- (i) Find out sales forecast by the last value method, the averaging method and the moving average method with the 3 most recent months.
- (ii) Given the sales pattern so far, do any of the above methods seem inappropriate for obtaining the forecast? Why?

10

- (e) एक मैकेनिक को $30^{+0.06}$ mm व्यास तक के छिद्रों जिनका मशीन होना है, के व्यास की जाँच के लिए एक गेज की आवश्यकता है। यदि एक पार्श्विक सहिष्णुता प्रणाली का पालन होना हो, तो गेज की विमाएँ क्या होंगी? मान लीजिए कि गेज सहिष्णुता व निघर्षण छूट प्रत्येक, कार्य सहिष्णुता का 10% है।

A mechanic needs a gauge for checking the diameter of holes to be machined to a diameter of $30^{+0.06}$ mm. What should be the dimensions of the gauge, if unilateral system of tolerances are incorporated? Assume gauge tolerance and wear allowance each as 10% of work tolerance.

10

- Q6.** (a) पाँच कृत्यों A, B, C, D व E का मशीन पर प्रक्रमण होना है। प्रक्रमण समय (दिनों में) व नियत तिथि (अभी से) निम्नवत हैं :

कृत्यक	प्रक्रमण समय (दिनों में)	नियत तिथि (अभी से)
A	6	5
B	4	10
C	5	15
D	8	20
E	7	30

सभी कृत्यों के लिए कुल समापन समय (दिनों में), औसत प्रवाह समय, प्रति दिन निकाय में कृत्यों की माध्य संख्या तथा न्यूनतम प्रसंस्करण समय (SPT) नियम से माध्य विलंबन ज्ञात कीजिए, जिससे कि कृत्यों के प्रक्रमण के लिए सटीक क्रम निर्धारित किया जा सके।

Five jobs A, B, C, D and E need to be processed on a machine. Processing time (in days) and due date (from now) are given below :

Jobs	Processing Time (in days)	Due Date (from now)
A	6	5
B	4	10
C	5	15
D	8	20
E	7	30

Determine the total completion time (in days) for all jobs, average flow time, average number of jobs in system per day and average tardiness using Shortest Processing Time (SPT) rule so as to establish appropriate sequence for processing of jobs.

15

- (b) तीन शहरों चेन्नई, दिल्ली व कोलकाता को एक नए संयंत्र के लिए संभावित लोकेशन माना जा रहा है। प्रत्येक संभावित लोकेशन के लिए वार्षिक स्थिर लागत, परिवर्त्य लागत तथा आय प्रति इकाई के अनुमानित आँकड़े नीचे सारणी में दिए गए हैं। संयंत्र के लिए अनुमानित 40000 इकाइयों की वार्षिक उत्पादन मात्रा के लिए सबसे आकर्षक लोकेशन का निर्धारण कीजिए। प्रत्येक लोकेशन के लिए उत्पादन की संतुलन स्तर मात्रा भी ज्ञात कीजिए।

शीर्ष	शहर		
	चेन्नई	दिल्ली	कोलकाता
स्थिर लागत (₹)	800000	600000	500000
परिवर्त्य लागत प्रति इकाई (₹)	30	40	50
आय प्रति इकाई (₹)	60	60	60

Three cities namely Chennai, Delhi and Kolkata are being considered as potential locations for a new plant. Estimated data of annual fixed cost, variable cost and revenue per unit for each potential location are given below in the table. Determine the most attractive location for the plant if the estimated annual production volume desired is 40000 units. Also determine break-even production volume for each location.

15

Head	City		
	Chennai	Delhi	Kolkata
Fixed cost (₹)	800000	600000	500000
Variable cost per unit (₹)	30	40	50
Revenue per unit (₹)	60	60	60

- (c) एक एकल बिन्दु कर्तन औज़ार जिसका रेक कोण 10° है, से एक धातु का लंबकोणीय खरादन किया जाता है। खरादन प्रक्रम छीलन मोटाई अनुपात 0.2, क्षैतिज कर्तन बल (F_H) 1400 N तथा ऊर्ध्वाधर कर्तन बल (F_V) 2000 N उत्पन्न करता है। अपरूपण तल कोण, अभिलम्ब बल, रेक फलक पर घर्षण बल तथा घर्षण कोण ज्ञात कीजिए।

Orthogonal turning of a metal is performed using single point cutting tool having rake angle of 10° . The turning operation produces chip-thickness ratio of 0.2, horizontal cutting force (F_H) of 1400 N and vertical cutting force (F_V) of 2000 N. Determine the shear plane angle, normal force, friction force on rake face and friction angle.

20

- Q7. (a) एक कार सर्विसिंग कंपनी अपने ग्राहकों के लिए प्रतीक्षा काल घटाने में रुचि रखती है। वे प्रत्येक दिन चार ग्राहक यादृच्छिक रूप से चुनकर प्रत्येक ग्राहक का प्रतीक्षा काल ज्ञात करते हैं जब उसकी कार सर्विस हो रही है। इन प्रेक्षणों से प्रतिदर्श औसत व सीमा ज्ञात की जाती है। इस प्रक्रिया को 25 दिन तक दोहराया जाता है। इन प्रेक्षणों के सारांश आँकड़े निम्नवत हैं :

$$\sum_{i=1}^{25} \bar{X}_i = 1000, \quad \sum_{i=1}^{25} R_i = 250$$

- \bar{X} व R चार्ट नियंत्रण सीमाएँ ज्ञात कीजिए।
- यह मानते हुए कि प्रक्रिया नियंत्रण में है तथा प्रतीक्षा काल का वितरण सामान्य है, उन ग्राहकों का प्रतिशत ज्ञात कीजिए जिनको 50 मिनट से ज्यादा प्रतीक्षा नहीं करनी होगी।
- 2σ नियंत्रण सीमाएँ ज्ञात कीजिए।

(माध्य रेखा व तीन-सिग्मा नियंत्रण सीमाओं की गणना के लिए गुणक तथा संचयी मानक नार्मल वितरण सारणी प्रश्न-पत्र के साथ संलग्न हैं)

A car servicing company is interested in reducing the waiting time for its customers. They select four customers randomly each day and find the waiting time for each customer while his/her car is serviced. From these observations, the sample average and range are found. This process is repeated for 25 days. The summary data for these observations are as under :

$$\sum_{i=1}^{25} \bar{X}_i = 1000, \quad \sum_{i=1}^{25} R_i = 250$$

- Find out \bar{X} and R chart control limits.

- (ii) Assuming that the process is in control and the distribution of waiting time is normal, find the percentage of customers who will not have to wait for more than 50 minutes.

- (iii) Find the 2σ control limits.

(Factors for Computing Centerline and Three-Sigma Control Limits and Cumulative Standard Normal Distribution table are appended in the question paper)

15

Factors for Computing Centerline and Three-Sigma Control Limits

Observations in Sample, n	\bar{X} - Charts			s - Charts						R - Charts						
	Factors for Control Limits			Factor for Centerline		Factors for Control Limits				Factors for Centerline		Factors for Control Limits				
	A	A ₂	A ₃	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.8865	0.853	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.5907	0.888	0.000	4.358	0.000	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.4857	0.880	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.4299	0.864	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0.000	5.078	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Cumulative Standard Normal Distribution

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.10	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.20	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.30	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.40	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.50	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.60	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.70	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.80	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.90	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.00	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.10	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.20	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.30	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.40	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.50	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.60	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.70	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.80	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.90	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.00	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.10	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.20	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.30	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.40	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.50	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.60	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.70	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.80	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.90	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.00	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990

- (b) लीन निकाय किस प्रकार कार्य करते हैं ? लीन निकायों के क्या लक्षण हैं ? लीन निकायों के लाभों व जोखिमों की भी विवेचना कीजिए ।

How do lean systems function ? What are the characteristics of lean systems ? Also, discuss the benefits and risks of lean systems.

15

- (c) खुली डाई फोर्जन के संदर्भ में, दो समानांतर डाइयों के बीच एक चपटी पट्टी के फोर्जन के लिए प्रति इकाई लम्बाई पर लगाने वाले फोर्जन बल को ज्ञात करने के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। उपर्युक्त व्यंजक को व्युत्पन्न करने के दौरान मानी गई पूर्वधारणाएँ भी बताइए।

In a case of open die forging, derive the expression for determining forging force per unit length for forging a flat strip between two parallel dies. Also, state the assumptions made while deriving the above mentioned expression.

20

- Q8. (a) किसी ECM प्रक्रम में जिसमें प्रयुक्त विद्युत धारा = 1800 amps तथा वोल्टता = 12 volts है, में इलेक्ट्रोड का सम्मुख कार्य-क्षेत्र 2000 mm^2 है। जिस पदार्थ को काटा जाता है, वह निकैल (संयोजकता = 2) है, जिसकी विशिष्ट पृथक्करण दर $3.42 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{A-s}$ है।

- (i) यदि प्रक्रम 90% दक्ष है, तो $\text{mm}^3/\text{minute}$ में धातु पृथक्करण दर ज्ञात कीजिए।
 (ii) यदि इलेक्ट्रोलाइट की प्रतिरोधकता 140 ohm-mm है, तो कार्यकारी रिक्ति ज्ञात कीजिए।

The frontal working area of the electrode is 2000 mm^2 in a certain ECM operation in which the applied current = 1800 amps and the voltage = 12 volts. The material being cut is nickel (Valency = 2), whose specific removal rate is $3.42 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{A-s}$.

- (i) If the process is 90% efficient, determine the rate of material removal in $\text{mm}^3/\text{minute}$.
 (ii) If the resistivity of the electrolyte is 140 ohm-mm , determine the working gap.

15

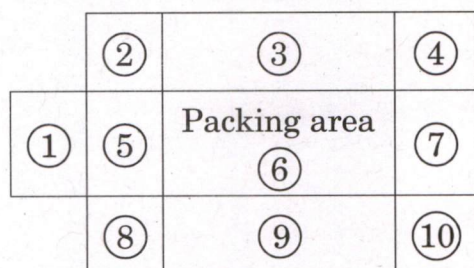
- (b) पदार्थ भंडारण विभाग का विन्यास नीचे दिया गया है। पदार्थ प्रवाह पैकिंग क्षेत्र (संख्या 6) व अन्य 9 विभाग/क्षेत्र के बीच हो रहा है। भार पैकिंग क्षेत्र 6 से शिपिंग/अभिग्रहण क्षेत्र 1 की ओर स्थानान्तरित किए जा रहे हैं जबकि अन्य सभी भार विभिन्न विभागों/क्षेत्रों (2, 3, 4, 5, 7, 8, 9) से पैकिंग क्षेत्र 6 की तरफ स्थानान्तरित किए जाते हैं। विभागों को/से औसत वार्षिक भार स्थानान्तरण/प्रवाह निम्नवत हैं :

	②	③	④
①	⑤	पैकिंग क्षेत्र ⑥	⑦
	⑧	⑨	⑩

प्रवाह से – तक	वार्षिक औसत भार (संख्या)	तय की गई दूरी (m)
2 से 6 तक	200	50
3 से 6 तक	300	50
4 से 6 तक	400	50
5 से 6 तक	500	50
7 से 6 तक	600	50
8 से 6 तक	700	50
9 से 6 तक	800	50
10 से 6 तक	900	50
6 से 1 तक	4400	100

मानिए कि एक भार की इकाई दूरी (m) स्थानान्तरण करने की लागत ₹ 1/मी. है। पदार्थ प्रहस्तन की कुल वार्षिक लागत की गणना कीजिए।

The layout of material storage section is given below. The material flow occurs between packing area (No. 6) and other 9 sections/areas. Loads are moved from packing area 6 to shipping/receiving area 1, while all other loads move from different sections/areas (2, 3, 4, 5, 7, 8, 9) to packing area No. 6. Average annual load movement/flow to/from sections is as under :



Flow From – To	Average Annual Load (No.)	Distance Covered (m)
2 to 6	200	50
3 to 6	300	50
4 to 6	400	50
5 to 6	500	50
7 to 6	600	50
8 to 6	700	50
9 to 6	800	50
10 to 6	900	50
6 to 1	4400	100

Assume cost of moving a load by unit distance (m) is ₹ 1/m. Determine the annual total cost of material handling.

15

- (c) NC मशीनों के संदर्भ में 'निर्देशांक प्रणाली' व 'गति नियंत्रण' की व्याख्या कीजिए ।

Explain 'Coordinate system' and 'Motion control' with reference to NC machines.

20

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र II)

MECHANICAL ENGINEERING (Paper II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

Time Allowed : Three Hours

अधिकतम अंक : 250

Maximum Marks : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें।

इसमें आठ प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा हिन्दी एवं अंग्रेजी दोनों में छपे हैं।

उम्मीदवार को कुल पाँच प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

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

प्रत्येक प्रश्न/भाग के लिए नियत अंक उसके सामने दिए गए हैं।

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

प्रश्नोत्तर लिखते समय यदि कोई पूर्वधारणा की जाए, उसको स्पष्टतया निर्दिष्ट किया जाना चाहिए।

जहाँ आवश्यक हो, आरेख/चित्र उत्तर के लिए दिए गए स्थान में ही दर्शाइए।

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

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जाएगी। आंशिक रूप से दिए गए प्रश्नों के उत्तर को भी मान्यता दी जाएगी यदि उसे काटा न गया हो। प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़े गए कोई पृष्ठ अथवा पृष्ठ के भाग को पूर्णतः काट दीजिए।

QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

Please read each of the following instructions carefully before attempting questions.

There are EIGHT questions divided in TWO SECTIONS and printed both in HINDI and in ENGLISH.

Candidate has to attempt FIVE questions in all.

Question Nos. 1 and 5 are compulsory and out of the remaining, THREE are to be attempted choosing at least ONE question from each Section.

The number of marks carried by a question/part is indicated against it.

Answers must be written in the medium authorized in the Admission Certificate which must be stated clearly on the cover of this Question-cum-Answer (QCA) Booklet in the space provided. No marks will be given for answers written in a medium other than the authorized one.

Wherever any assumptions are made for answering a question, they must be clearly indicated.

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

Unless otherwise mentioned, symbols and notations carry their usual standard meanings.

Attempts of questions shall be counted in sequential order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly. Any page or portion of the page left blank in the Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

खण्ड 'A' SECTION 'A'

- 1.(a) पंखा (फैन), आध्माता (ब्लोअर) और संपीडक के बीच प्रकार्यात्मक अंतरों को संक्षेप में समझाइए।

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

10

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

Prove that shock cannot occur in subsonic flow.

10

- 1.(c) मोटाई $L = 0.4$ m, ऊष्मा चालकता $k = 2.3$ W/m°C और पृष्ठीय क्षेत्रफल $A = 20$ m² वाली एक बड़ी समतल दीवार पर विचार करें। दीवार के बायीं ओर का तापमान $T_1 = 80^\circ\text{C}$ पर स्थिर बनाए रखा जाता है, जबकि दाहिनी ओर $T_a = 15^\circ\text{C}$ तापमान पर परिवेश की हवा में संवहन द्वारा ऊष्मा-अंतरण गुणांक $h = 24$ W/m²°C के साथ ऊष्मा का ह्रास होता है। स्थिर ऊष्मा चालकता और दीवार में कोई भी ऊष्मा उत्पादन न होने को मानते हुए:

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

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

Consider a large plane wall of thickness $L = 0.4$ m, thermal conductivity $k = 2.3$ W/m°C and surface area $A = 20$ m². The left side of the wall is maintained at a constant temperature of $T_1 = 80^\circ\text{C}$ while the right side loses heat by convection to the surrounding air at $T_a = 15^\circ\text{C}$ with a heat transfer coefficient of $h = 24$ W/m²°C. Assuming constant thermal conductivity and no heat generation in the wall,

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

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

10

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

$$\bar{h}_c = \frac{536.5(T_s - T_\infty)^{0.33}}{T}$$

द्वारा प्रस्तावित है। जहाँ T = फिल्म तापमान = $\frac{(T_s + T_\infty)}{2}$ और T , 0 से 200°C की सीमा

में है। विमारहित रूप में संगत समीकरण $\frac{\bar{h}_c L}{K} = C(Gr Pr)^m$ है।

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

$$K = 0.0307 \text{ W/(mk)}, g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

$$\mu = 21.673 \times 10^{-6} \text{ NS/m}^2$$

$$C_p = 1022 \text{ J/(kg K)}$$

एक वायुमंडलीय यथार्थ दाब = 101,000 N/m²

वायु के लिए गैस नियतांक $R = 287 \text{ J/kg K}$

संकेताक्षरों का सामान्य अर्थ है।

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

$$\bar{h}_c = \frac{536.5(T_s - T_\infty)^{0.33}}{T}$$

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

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

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

$$K = 0.0307 \text{ W/(mk)}, g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

$$\mu = 21.673 \times 10^{-6} \text{ NS/m}^2$$

$$C_p = 1022 \text{ J/(kg K)}$$

The absolute pressure of one atmosphere = 101,000 N/m²

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

Symbols have their usual meaning.

10

- 1.(e) ऐसा माना जाता है कि डीजल इंजन में दहन आंतरिक निश्चाल्य स्थिति पर शुरू होता है तथा दहन में दबाव स्थिर रहता है। वायु ईंधन अनुपात 27 : 1, ईंधन का ऊष्मीय मान 43000 kJ/kg, दहन के उत्पादों की विशिष्ट ऊष्मा (अचर आयतन पर) $C_v = (0.71 + 20 \times 10^{-5} T) \text{ kJ/(kg K)}$ एवं उत्पादों के लिए $R = 0.287 \text{ kJ/(kg K)}$ दिया गया है। यदि संपीड़न अनुपात 15 : 1 है, और संपीड़न के अंत में तापमान 870 K है, तो ज्ञात करें कि कितने प्रतिशत चरण (स्ट्रोक) पर दहन पूरा होता है।

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

$$C_v = (0.71 + 20 \times 10^{-5} T) \text{ kJ/(kg K)}$$

$$R \text{ for products} = 0.287 \text{ kJ/(kg K)}$$

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

10

- 2.(a)(i) 100 kPa, 40°C से 1000 kPa तक एक प्रतिक्रम्य अपरिवर्ती प्रवाह पॉलीट्रोपिक प्रक्रम में 3 kg वायु संपीडित होती है। इस प्रक्रिया के दौरान संपीड़न नियम $PV^{1.25} = C$ का पालन होता है। शाफ्ट-कार्य, हस्तांतरित ऊष्मा तथा एन्ट्रॉपी में परिवर्तन निर्धारित करें। हवा के लिए $C_v = 0.717 \text{ kJ/kg K}$ और $R = 0.287 \text{ kJ/kg K}$ मान लें।

3 kg of air is compressed in a reversible steady flow polytropic process from 100 kPa, 40°C to 1000 kPa. During this process the law of compression followed is $PV^{1.25} = C$. Determine the shaft work, heat transferred and the change in entropy. Assume for air $C_v = 0.717 \text{ kJ/kg K}$ and $R = 0.287 \text{ kJ/kg K}$.

- (ii) $p dv$ कार्य और $-v dp$ कार्य के बीच अंतर करें।

Distinguish between $p dv$ work and $-v dp$ work.

20

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

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

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

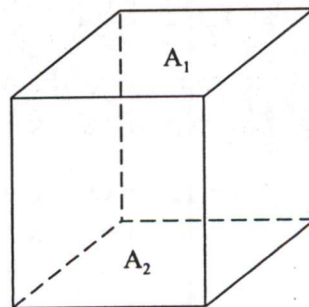
$$\frac{u}{U_0} = \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{y}{\delta}\right)$$

20

- 2.(c) एक आदर्श गैस टरबाइन इंजन दबाव अनुपात 18 : 1 और अधिकतम तापमान 700°C पर कार्यात्मक-तरल वायु से संचालित है। हवा 100 kPa और 20°C पर संपीड़क में प्रवेश करती है। ऊष्मीय दक्षता, ऊष्मा योग और रेचन हवा का तापमान निर्धारित करें। हवा के लिए $C_p = 1.0035 \text{ kJ/kg K}$ और $\gamma = 1.4$ लें।

An ideal gas turbine engine operates with air as the working fluid at a pressure ratio 18 : 1 and a maximum temperature of 700°C. The air enters the compressor at 100 kPa and 20°C. Determine the thermal efficiency, the heat addition and the temperature of exhaust air. For air take $C_p = 1.0035 \text{ kJ/kg K}$ and $\gamma = 1.4$. 10

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



पुनःविकिरक दीवार
Re-radiating Walls

Show that the effective conductance, $(A_1 \bar{F}_{12})$ for two black, parallel plates of equal area connected by re-radiating walls at constant temperature is

$$A_1 \bar{F}_{1-2} = A_1 \left(\frac{1 + F_{1-2}}{2} \right).$$

- (ii) 555 K और 278 K के तापमान पर दो अनंत समतलों के बीच खाली स्थान में रखे गए दो विकिरण कवचों के अपरिवर्ती अवस्था तापमानों का निर्धारण करें। सभी सतहों की उत्सर्जकता 0.8 है।

$$[\delta = \text{स्टीफन बोल्टजमान स्थिरांक} = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4]$$

Determine the steady-state temperatures of two radiation shields placed in the evacuated space between two infinite planes at temperatures of 555 K and 278 K. The emissivity of all surfaces is 0.8.

$$[\sigma = \text{Stefan-Boltzmann constant} = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4]$$

20

- 3.(b) मान लें नलिका प्रवाह के लिए अशांत क्रोड़ (कोर) में वेग वितरण का प्रतिनिधित्व

$$\frac{u}{u_c} = \left(1 - \frac{r}{r_o} \right)^{\frac{1}{7}}$$

द्वारा किया जा सकता है, जहाँ u_c नलिका के केंद्र पर वेग है और r_o नलिका की त्रिज्या है। स्तरीय उप-परत की मोटाई के लिए ब्लेसियस के घर्षण गुणक संबंध का प्रयोग करते हुये एक समीकरण व्युत्पन्न करें। इस समस्या के लिए प्रक्षुब्ध वेग वितरण का उपयोग करके औसत वेग की गणना की जा सकती है। उप-परत में रैखिक परिच्छेदिका (प्रोफाइल) मान लें।

Assume that the velocity distribution in the turbulent core for tube flow may be

$$\text{represented by } \frac{u}{u_c} = \left(1 - \frac{r}{r_o} \right)^{\frac{1}{7}} \text{ where } u_c \text{ is the velocity at the centre of the tube and}$$

r_o is the tube radius. Using the Blasius relation for friction factor, derive an equation for the thickness of the laminar sublayer. For this problem the average flow velocity may be calculated using the turbulent velocity distribution. Assume linear profile in sublayer.

20

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

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

10

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

- छड़ में तापमान वितरण
- छड़ द्वारा समग्र ऊष्मा ह्रास
- दीवार A से स्थानांतरित ऊष्मा

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

- the temperature distribution in the rod
- the total heat lost by the rod
- the heat transferred from the wall A

20

4.(b)

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

- V_2
- T_2
- शीतलन की समग्र पूर्ण-ऊष्मा (एन्थैल्पी) kJ/kg में। संलग्न तालिका का उपयोग करें।

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

- V_2
- T_2 and
- the total enthalpy of cooling in kJ/kg. Use attached chart.

20

ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1.4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1.4$

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

(जारी) ऊष्मा हस्तांतरण $k=1.4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

(Cont.) Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k=1.4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	P_0/P_0^*
0.62	0.8398	1.5603	0.9358	0.5998	1.0682
0.64	0.8592	1.5253	0.9530	0.6248	1.0615
0.66	0.8771	1.4908	0.9682	0.6494	1.0550
0.68	0.8935	1.4569	0.9814	0.6737	1.0489
0.7	0.9085	1.4235	0.9929	0.6975	1.0431
0.72	0.9221	1.3907	1.0026	0.7209	1.0376
0.74	0.9344	1.3585	1.0106	0.7439	1.0325
0.76	0.9455	1.3270	1.0171	0.7665	1.0278
0.78	0.9553	1.2961	1.0220	0.7885	1.0234
0.8	0.9639	1.2658	1.0255	0.8101	1.0193
0.82	0.9715	1.2362	1.0276	0.8313	1.0157
0.84	0.9781	1.2073	1.0285	0.8519	1.0124
0.86	0.9836	1.1791	1.0283	0.8721	1.0095
0.88	0.9883	1.1515	1.0269	0.8918	1.0070
0.9	0.9921	1.1246	1.0245	0.9110	1.0049
0.92	0.9951	1.0984	1.0212	0.9297	1.0031
0.94	0.9973	1.0728	1.0170	0.9480	1.0017
0.96	0.9988	1.0479	1.0121	0.9658	1.0008
0.98	0.9997	1.0236	1.0064	0.9831	1.0002
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.02	0.9997	0.9770	0.9930	1.0164	1.0002
1.04	0.9989	0.9546	0.9855	1.0325	1.0008
1.06	0.9977	0.9327	0.9776	1.0480	1.0017
1.08	0.9960	0.9115	0.9691	1.0632	1.0031
1.1	0.9939	0.8909	0.9603	1.0780	1.0049
1.12	0.9915	0.8708	0.9512	1.0923	1.0070
1.14	0.9887	0.8512	0.9417	1.1063	1.0095
1.16	0.9856	0.8322	0.9320	1.1198	1.0124
1.18	0.9823	0.8137	0.9220	1.1330	1.0157
1.2	0.9787	0.7958	0.9118	1.1459	1.0194
1.22	0.9749	0.7783	0.9015	1.1584	1.0235
1.24	0.9709	0.7613	0.8911	1.1705	1.0279
1.26	0.9668	0.7447	0.8805	1.1823	1.0328
1.28	0.9624	0.7287	0.8699	1.1938	1.0380
1.3	0.9580	0.7130	0.8592	1.2050	1.0437
1.32	0.9534	0.6978	0.8484	1.2159	1.0497
1.34	0.9487	0.6830	0.8377	1.2264	1.0561
1.36	0.9440	0.6686	0.8269	1.2367	1.0629
1.38	0.9391	0.6546	0.8161	1.2467	1.0701
1.4	0.9343	0.6410	0.8054	1.2564	1.0777
1.42	0.9293	0.6278	0.7947	1.2659	1.0856
1.44	0.9243	0.6149	0.7840	1.2751	1.0940
1.46	0.9193	0.6024	0.7735	1.2840	1.1028
1.48	0.9143	0.5902	0.7629	1.2927	1.1120
1.5	0.9093	0.5783	0.7525	1.3012	1.1215
1.52	0.9042	0.5668	0.7422	1.3095	1.1315
1.54	0.8992	0.5555	0.7319	1.3175	1.1419
1.56	0.8942	0.5446	0.7217	1.3253	1.1527
1.58	0.8892	0.5339	0.7117	1.3329	1.1640
1.6	0.8842	0.5236	0.7017	1.3403	1.1756
1.62	0.8792	0.5135	0.6919	1.3475	1.1877
1.64	0.8743	0.5036	0.6822	1.3546	1.2002
1.66	0.8694	0.4940	0.6726	1.3614	1.2131
1.68	0.8645	0.4847	0.6631	1.3681	1.2264

(जारी) ऊष्मा हस्तांतरण $k=1.4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

(Cont.) Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k=1.4$

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

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

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

खण्ड 'B' SECTION 'B'

- 5.(a) EGR पद से आप क्या समझते हैं ? समझाएँ कि EGR, NO_x उत्सर्जन को कैसे कम करता है ।
What do you understand by the term EGR ? Explain how EGR reduces NO_x emission in CI engines. 10

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

$\text{CO}_2 : 8.0\%$, $\text{CO} : 0.9\%$, $\text{O}_2 : 8.8\%$ और $\text{N}_2 : 82.3\%$

ज्ञात करें

- ईंधन की संरचना
- मोल और द्रव्यमान के आधार पर वायु ईंधन का अनुपात
- प्रयोग की गई अतिरिक्त हवा का प्रतिशत

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

$\text{CO}_2 : 8.0\%$, $\text{CO} : 0.9\%$, $\text{O}_2 : 8.8\%$ and $\text{N}_2 : 82.3\%$

Determine

- the composition of the fuel
- the air fuel ratio on mole and mass basis
- the percentage of excess air used

10

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

- दक्षता (η_N)
- वेग गुणांक (C_v)

Describe the following terms with reference to stream nozzle :

- Efficiency (η_N)
- Velocity coefficient (C_v)

10

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

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

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

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

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

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

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

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

- 6.(b) एक एकल तापक पुनर्योजी चक्र में भाप 30 bar, 400°C पर टरबाइन में प्रवेश करती है और रेचक दबाव 0.1 bar है । प्रभरण जल तापक एक प्रत्यक्ष संपर्क प्रकार का है जो 0.3 MPa पर संचालित होता है । पंप कार्य की उपेक्षा करते हुए चक्र की दक्षता ज्ञात करें ।

(30 bar, 400°C पर : $h = 3230.9$ kJ/kg और $s = 6.9212$ kJ/kg K है । भाप/पानी के गुणों के लिए पुस्तिका के अन्त में संलग्न भाप तालिका का भी प्रयोग करें)

In a single-heater regenerative cycle the steam enters the turbine at 30 bar, 400°C and the exhaust pressure is 0.1 bar. The feed water heater is a direct-contact type which operates at 0.3 MPa. Find the efficiency of the cycle neglecting pump work. (At 30 bar, 400°C : $h = 3230.9$ kJ/kg and $s = 6.9212$ kJ/kg K. Also use steam tables given towards the end of booklet for steam/water properties). 20

- 6.(c) एक नम हवा के नमूने का शुष्क बल्ब तापमान 30°C और विशिष्ट आर्द्रता 11.5 ग्राम जल वाष्प प्रति किलोग्राम शुष्क वायु है । यदि 30°C पर पानी का संतृप्त वाष्प दाब 4.24 kPa और कुल दाब 90 kPa है, तो वायु (हवा) के नमूने की सापेक्ष-आर्द्रता क्या है ।

A moist air sample has dry bulb temperature of 30°C and specific humidity of 11.5 gm of water vapour per kg dry air. If the saturation vapour pressure of water at 30°C is 4.24 kPa and the total pressure is 90 kPa then what is the relative humidity of the air sample ? 10

7.(a)

- (i) एक एकल पद आवेग भाप टर्बाइन के घूर्णक का व्यास 1.2 m है और वह 3000 rpm पर चलता है। तुंड कोण 18° है। फलक वेग अनुपात 0.42 है। निर्गम पर सापेक्ष वेग का प्रवेश पर सापेक्ष वेग से अनुपात 0.9 है। फलक का बहिर्गम कोण अंतर्गम कोण से 3° छोटा है। 10 kg/s की भाप प्रवाह दर के लिए अंतर्गम और बहिर्गम पर फलक कोणों का मान, वियरिंग पर अक्षीय प्रणोद और विकसित शक्ति का मान ज्ञात कीजिए।
- (ii) $T-s$ आरेख का उपयोग करते हुए वाष्प तुंड में अवलोकित अति-संतृप्त प्रवाह की घटना का वर्णन करें। यह तुंड में द्रव्यमान प्रवाह दर को कैसे प्रभावित करता है ?
- (i) A single stage impulse steam turbine rotor has a diameter of 1.2 m and runs at 3000 rpm. The nozzle angle is 18° . The blade speed ratio is 0.42. The relative velocity at the outlet to the relative velocity at inlet is 0.9. The outlet angle of the blade is 3° smaller than the inlet angle. For a steam flow rate of 10 kg/s find Blade angles at inlet and outlet, Axial thrust on the bearing and Power developed.
- (ii) Describe the phenomenon of super saturated flow observed in steam nozzle using $T-s$ diagram. How does it influence the mass flow rate through the nozzle ?

20

7.(b)

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

- (i) स्थान में आपूर्ति की गई नम हवा का द्रव्यमान
- (ii) स्थान में गुप्त ऊष्मा लाभ
- (iii) धावक (वाॅशर) का शीतलन भार, यदि स्थान में 30 प्रतिशत ताजी हवा की आपूर्ति की जाती है, शेष हवा का पुनःप्रचालन किया जाता है।

आर्द्र विशिष्ट ऊष्मा = 1.022 kJ/kg K मान लें। आर्द्रतामितीय लेखाचित्र संलग्न है।

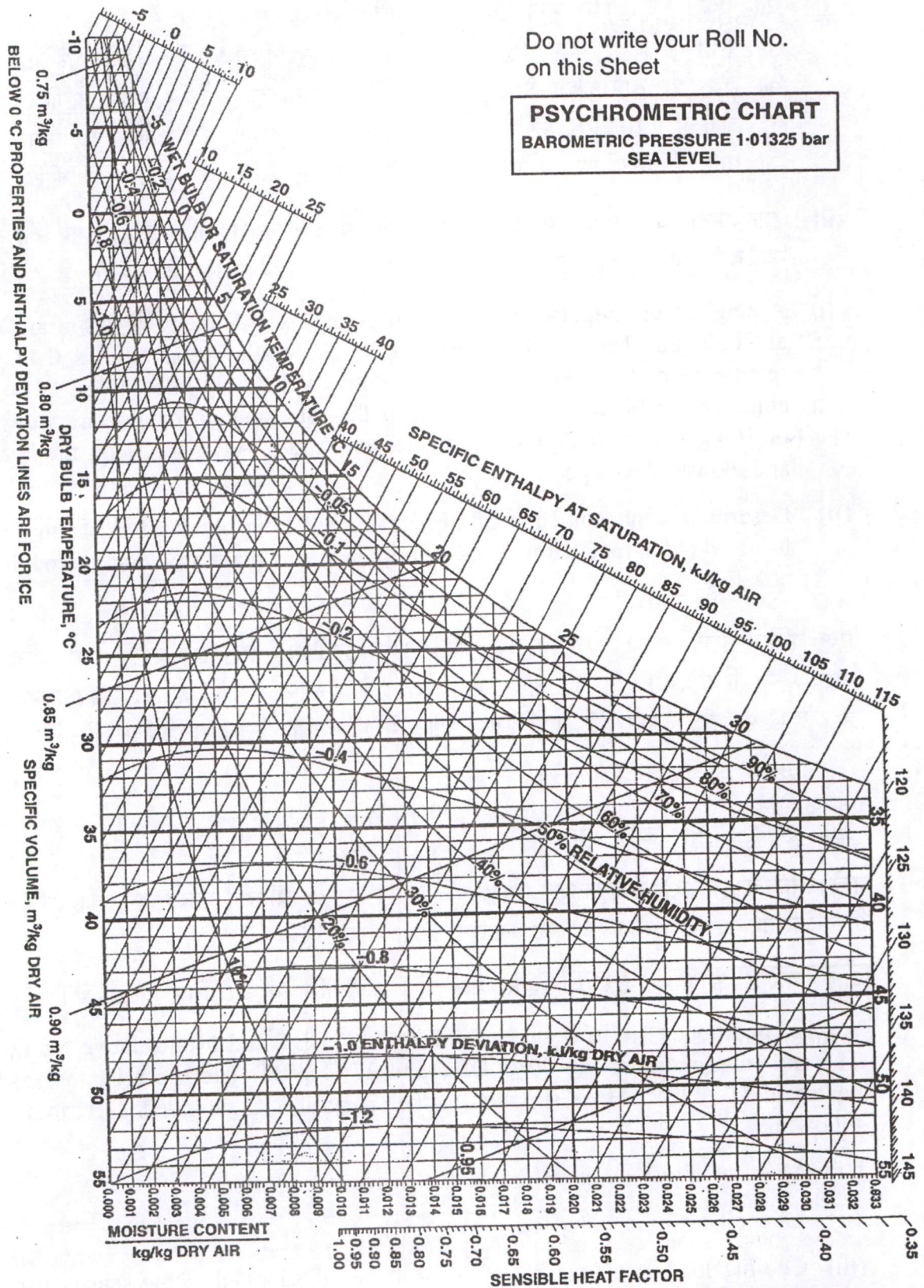
An air-conditioned space is maintained at 27°C DBT and 50% relative humidity. The ambient conditions are 40°C DBT and 27°C WBT. The space has a sensible heat gain of 14 kW. Air is supplied to the space at 7°C saturated. Determine the following :

- (i) Mass of moist air supplied to the space
- (ii) Latent heat gain of space
- (iii) Cooling load of air washer if 30% of the air supplied to the space is fresh, the remainder being recirculated.

Assume humid specific heat = 1.022 kJ/kg K . Psychrometric chart is given. 20

Do not write your Roll No.
on this Sheet

PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 1.01325 bar
SEA LEVEL



- 7.(c) एक छः सिलेंडर चार स्ट्रोक डीजल इंजन 1500 rpm पर 250 kW की शक्ति विकसित करता है। ब्रेक विशिष्ट ईंधन की खपत 0.3 kg/kWh है। अंतःक्षेपण की शुरुआत में और अंतःक्षेपण के अंत में सिलेंडर में हवा का दाब क्रमशः 30 बार और 60 बार है। शुरुआत में और अंतःक्षेपण के अंत में ईंधन अंतःक्षेपण का दाब क्रमशः 220 बार और 550 बार है। अंतःक्षेपक के लिए विसर्जन गुणांक 0.65, ईंधन विशिष्ट घनत्व 0.85 और वायुमंडलीय दाब 1.013 बार मान लें। प्रभावी दाब अंतर को अंतःक्षेपण अवधि पर औसत दाब अंतर के रूप में लें।

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

A six-cylinder four-stroke diesel engine develops a power of 250 kW at 1500 rpm. The brake specific fuel consumption is 0.3 kg/kWh. The pressures of air in the cylinder at the beginning of injection and at the end of injection are 30 bar and 60 bar respectively. The fuel injection pressures at the beginning and end of injection are 220 bar and 550 bar respectively. Assume the coefficient of discharge for the injector to be 0.65, specific gravity of fuel to be 0.85 and the atmospheric pressure to be 1.013 bar. Also assume the effective pressure difference to be the average pressure difference over the injection period.

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

10

- 8.(a) एक अमोनिया वाष्प संपीड़न प्रणाली -6.7°C और 26.7°C की ताप सीमाओं के बीच काम करती है। संपीड़न के अंत में वाष्प शुष्क है और नीचे तापमान पर पुनः उपरोध किये जाने वाले तरल का कोई अवशीतन नहीं होता है। मशीन का सी.ओ.पी. ज्ञात करें। अमोनिया के निम्नलिखित गुणों का उपयोग करें:

तापमान $^\circ\text{C}$ Temperature $^\circ\text{C}$	पूर्ण ऊष्मा (इन्थाल्पी) (kJ/kg) Enthalpy (kJ/kg)			उत्क्रम माप (एन्ट्रॉपी) kJ/kg K Entropy kJ/kg K	
	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
-6.7	-29.3	1293.8	1264.5	-0.113	4.752
26.7	125.6	1172.4	1297.9	0.427	4.334

An ammonia vapour compression refrigeration system works between temperature limits of -6.7°C and 26.7°C . The vapour is dry at the end of compression and there is no under cooling of the liquid which is further throttled to the lower temperature. Find the COP of the machine. Use the above properties of ammonia.

20

- 8.(b) एक सहजनन संयंत्र में भाप द्विपद टरबाइन के HP पद में 1 MPa, 200°C पर प्रवेश करती है और इसे 0.3 MPa पर छोड़ देती है। इस बिंदु पर, कुछ भाप को निःस्खरित करते हुये एक ऊष्मा विनिमायक से पारित किया जाता है जो इसे 0.3 MPa पर संतृप्त तरल के रूप में छोड़ देता है। शेष भाप टरबाइन के LP पद में 40 kPa तक फैलती है। टरबाइन को 1 MW की समस्त शक्ति उत्पादन की और ऊष्मा विनिमायक को 500 kW की तापन दर के उत्पादन करने की आवश्यकता होती है। सभी प्रक्रियाओं को आदर्श मानते हुये टरबाइन के HP पद में भाप की अपेक्षित द्रव्यमान प्रवाह दर की गणना करें।

(1 MPa, 200°C पर : $h = 2827.9$ kJ/kg और $s = 6.6939$ kJ/kg K)

पुस्तिका के अंत में संलग्न भाप-तालिका का भी प्रयोग करें।

In a cogeneration plant, steam enters the HP stage of a two-stage turbine at 1 MPa, 200°C and leaves it at 0.3 MPa. At this point some of the steam is bled off and passed through a heat exchanger which it leaves as saturated liquid at 0.3 MPa. The remaining steam expands in the LP stage of the turbine to 40 kPa. The turbine is required to produce a total power of 1 MW and the heat exchanger is required to provide a heating rate of 500 kW. Assuming all processes to be ideal, calculate the required mass flow rate of steam into the HP stage of the turbine.

(At 1 MPa, 200°C : $h = 2827.9$ kJ/kg and $s = 6.6939$ kJ/kg K)

Also use Steam Tables given at the end of the booklet.

20

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

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

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

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

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

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

10

STEAM TABLE

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg-K		
		Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapor s_g
0.6113	0.01	0.00	2501.3	2501.3	0	9.1562	9.1562
1.0	6.98	29.29	2484.89	2514.18	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	54.70	2470.59	2525.30	0.1956	8.6322	8.8278
2.0	17.50	73.47	2460.02	2533.49	0.2607	8.4629	8.7236
2.5	21.08	88.47	2451.56	2540.03	0.3120	8.3311	8.6431
3.0	24.08	101.03	2444.47	2545.50	0.3545	8.2231	8.5775
4.0	28.96	121.44	2432.93	2554.37	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	137.79	2423.66	2561.45	0.4763	7.9187	8.3950
7.5	40.29	168.77	2406.02	2574.79	0.5763	7.6751	8.2514
10	45.81	191.81	2392.82	2584.63	0.6492	7.5010	8.1501
15	53.97	225.91	2373.14	2599.06	0.7548	7.2536	8.0084
20	60.06	251.38	2358.33	2609.70	0.8319	7.0766	7.9085
25	64.97	271.90	2346.29	2618.19	0.8930	6.9383	7.8313
30	69.10	289.21	2336.07	2625.28	0.9439	6.8247	7.7686
40	75.87	317.55	2319.19	2636.74	1.0258	6.6441	7.6700
50	81.33	340.47	2305.40	2645.87	1.0910	6.5029	7.5939
75	91.77	384.36	2278.59	2662.96	1.2129	6.2434	7.4563
100	99.62	417.44	2258.02	2675.46	1.3025	6.0568	7.3593
125	105.99	444.30	2241.05	2685.35	1.3739	5.9104	7.2843
150	111.37	467.08	2226.46	2693.54	1.4335	5.7897	7.2232
175	116.06	486.97	2213.57	2700.53	1.4848	5.6868	7.1717
200	120.23	504.68	2201.96	2706.63	1.5300	5.5970	7.1271
225	124.00	520.69	2191.35	2712.04	1.5705	5.5173	7.0878
250	127.43	535.34	2181.55	2716.89	1.6072	5.4455	7.0526
275	130.60	548.87	2172.42	2721.29	1.6407	5.3801	7.0208
300	133.55	561.45	2163.85	2725.30	1.6717	5.3201	6.9918
325	136.30	573.23	2155.76	2728.99	1.7005	5.2646	6.9651
350	138.88	584.31	2148.10	2732.40	1.7274	5.2130	6.9404
375	141.32	594.79	2140.79	2735.58	1.7527	5.1647	6.9174
400	143.63	604.73	2133.81	2738.53	1.7766	5.1193	6.8958
450	147.93	623.24	2120.67	2743.91	1.8206	5.0359	6.8565
500	151.86	640.21	2108.47	2748.67	1.8606	4.9606	6.8212
550	155.48	655.91	2097.04	2752.94	1.8972	4.8920	6.7892
600	158.85	670.54	2086.26	2756.80	1.9311	4.8289	6.7600
650	162.01	684.26	2076.04	2760.30	1.9627	4.7704	6.7330
700	164.97	697.20	2066.30	2763.50	1.9922	4.7158	6.7080
750	167.77	709.45	2056.98	2766.43	2.0199	4.6647	6.6846
800	170.43	721.10	2048.04	2769.13	2.0461	4.6166	6.6627

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Specific Volume, m ³ /kg			Internal Energy, kJ/kg		
		Sat. Liquid v_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor u_g
0.6113	0.01	0.001000	206.131	206.132	0	2375.3	2375.3
1	6.98	0.001000	129.20702	129.20802	29.29	2355.69	2384.98
1.5	13.03	0.001001	87.97913	87.98013	54.70	2338.63	2393.32
2	17.50	0.001001	67.00285	67.00385	73.47	2326.02	2399.48
2.5	21.08	0.001002	54.25285	54.25385	88.47	2315.93	2404.40
3	24.08	0.001003	45.66402	45.66502	101.03	2307.48	2408.51
4	28.96	0.001004	34.79915	34.80015	121.44	2293.73	2415.17
5	32.88	0.001005	28.19150	28.19251	137.79	2282.70	2420.49
7.5	40.29	0.001008	19.23674	19.23775	168.76	2261.74	2430.50
10	45.81	0.001010	14.67254	14.67355	191.79	2246.10	2437.89
15	53.97	0.001014	10.02117	10.02218	225.90	2222.83	2448.73
20	60.06	0.001017	7.64835	7.64937	251.35	2205.36	2456.71
25	64.97	0.001020	6.20322	6.20424	271.88	2191.21	2463.08
30	69.10	0.001022	5.22816	5.22918	289.18	2179.22	2468.40
40	75.87	0.001026	3.99243	3.99345	317.51	2159.49	2477.00
50	81.33	0.001030	3.23931	3.24034	340.42	2143.43	2483.85
75	91.77	0.001037	2.21607	2.21711	394.29	2112.39	2496.67
100	99.62	0.001043	1.69296	1.69400	417.33	2088.72	2506.06
125	105.99	0.001048	1.37385	1.37490	444.16	2069.32	2513.48
150	111.37	0.001053	1.15828	1.15933	466.92	2052.72	2519.64
175	116.06	0.001057	1.00257	1.00363	486.78	2038.12	2524.90
200	120.23	0.001061	0.88467	0.88573	504.47	2025.02	2529.49
225	124.00	0.001064	0.79219	0.79325	520.45	2013.10	2533.56
250	127.43	0.001067	0.71765	0.71871	535.08	2002.14	2537.21
275	130.60	0.001070	0.65624	0.65731	548.57	1991.95	2540.53
300	133.55	0.001073	0.60475	0.60582	561.13	1982.43	2543.55
325	136.30	0.001076	0.56093	0.56201	572.88	1973.46	2546.34
350	138.88	0.001079	0.52317	0.52425	583.93	1964.98	2548.92
375	141.32	0.001081	0.49029	0.49137	594.38	1956.93	2551.31
400	143.63	0.001084	0.46138	0.46246	604.29	1949.26	2553.55
450	147.93	0.001088	0.41289	0.41398	622.75	1934.87	2557.62
500	151.86	0.001093	0.37380	0.37489	639.66	1921.57	2561.23
550	155.48	0.001097	0.34159	0.34268	655.30	1909.17	2564.47
600	158.85	0.001101	0.31457	0.31567	669.88	1897.52	2567.40
650	162.01	0.001104	0.29158	0.29268	683.55	1886.51	2570.06
700	164.97	0.001108	0.27176	0.27286	696.43	1876.07	2572.49
750	167.77	0.001111	0.25449	0.25560	708.62	1866.11	2574.73
800	170.43	0.001115	0.23931	0.24043	720.20	1856.58	2576.79