

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 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 चित्रकृतियों 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 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 Booklet must be clearly struck off.

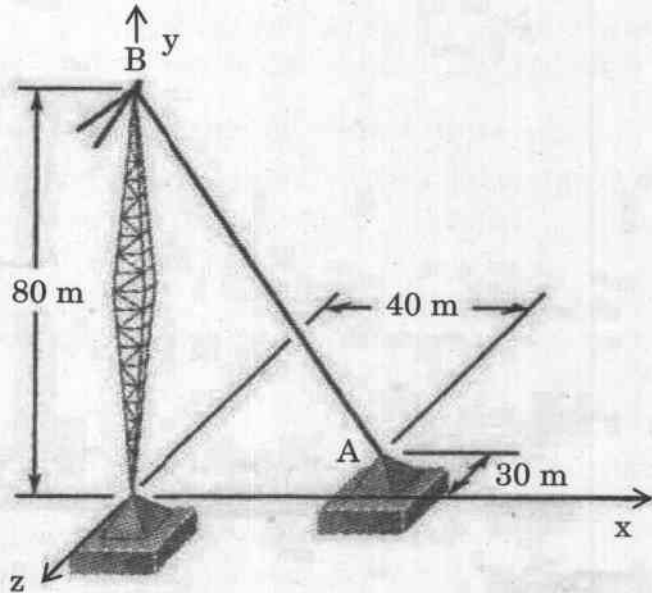
खण्ड A
SECTION A

- Q1. (a)** एक कार विराम स्थिति से 6 m/s^2 के त्वरण के साथ चलना प्रारंभ करती है जो कि समय के साथ रैखिकतः घटकर 10 सेकण्ड में शून्य हो जाता है, तत्पश्चात् कार स्थिर गति से चलती रहती है। कार का आरंभ से 400 m तक का अपेक्षित यात्रा काल निर्धारित कीजिए।

A car starts from rest with an acceleration of 6 m/s^2 which decreases linearly with time to zero in 10 seconds after which the car continues at a constant speed. Determine the time required for the car to travel 400 m from start.

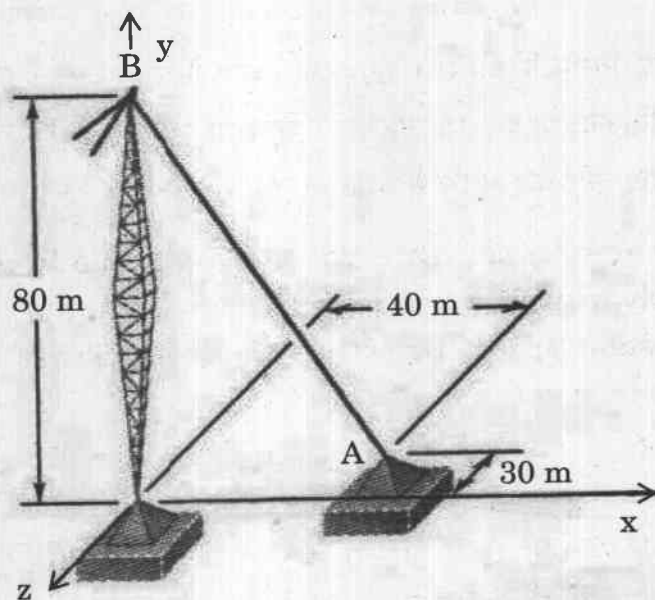
10

- (b)** एक टावर तान तार A पर बोल्ट द्वारा निबंधित है। यदि तार में तनाव का परिमाण 2500 N है, तो बोल्ट पर x, y तथा z दिशाओं में क्रियाशील बल घटकों का निर्धारण कीजिए।

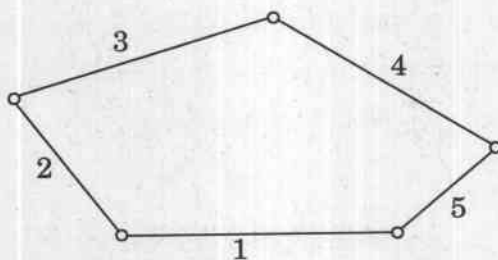


A tower guy wire is anchored by means of a bolt at A. If the magnitude of the tension in the wire is 2500 N, determine the components of the force acting on the bolt in the x, y and z directions.

10

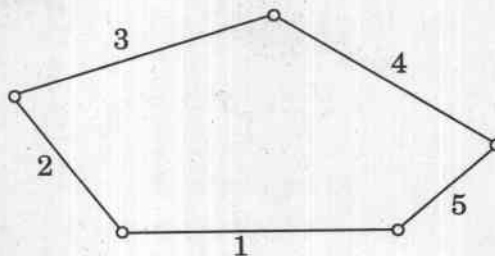


- (c) (i) एक पंच दण्ड शृंखला चित्र में दर्शाई गई है। सिद्ध कीजिए कि यह एक अप्रतिबंधित शृंखला है।



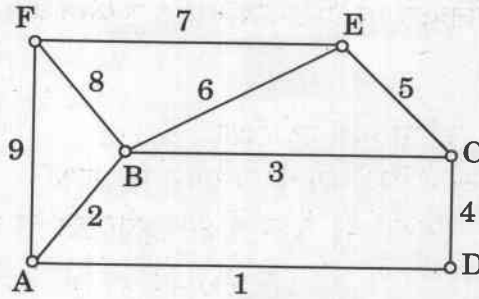
A five-bar chain is shown in the figure. Prove that it is an unconstrained chain.

5



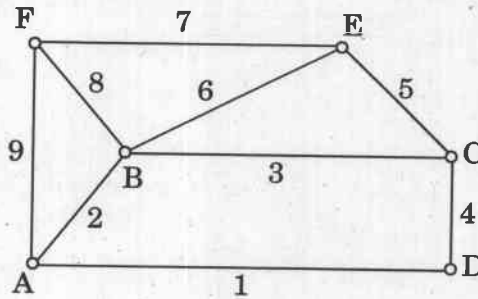
3

- (ii) चित्र में दर्शाई गई शृंखला, शुद्धगतिक शृंखला नहीं है, सिद्ध कीजिए ।



Show that the chain shown in the figure is not a kinematic chain.

5

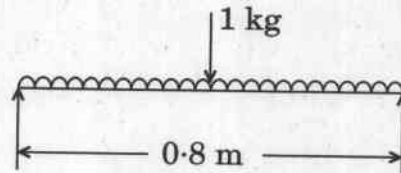


- (d) कठोरणीयता पद को परिभाषित कीजिए । कौन-से कारक कठोरणीयता को प्रभावित करते हैं ?

Define the term hardenability. Which factors affect hardenability ?

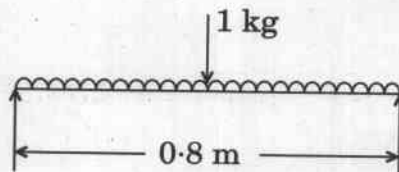
10

- (e) एक शाफ्ट की क्रान्तिक घूर्णी चाल निर्धारित कीजिए जिसका व्यास 25 mm एवं लम्बाई 0.8 m है, और जो मध्य विस्तृति पर 1 kg द्रव्यमान के साथ सिरों पर शुद्धालम्बित है । शाफ्ट पदार्थ का घनत्व 50 g/cm^3 तथा यंग मापांक $2 \times 10^6 \text{ bar}$ है ।



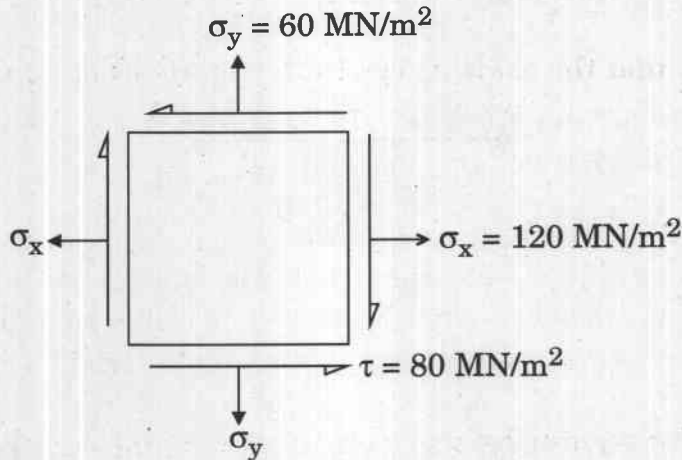
Determine the whirling speed of a shaft 25 mm diameter and 0.8 m long with a mass of 1 kg placed at mid span, simply supported at ends. The density of the shaft material is 50 g/cm^3 and Young's modulus is $2 \times 10^6 \text{ bar}$.

10



- Q2.** (a) प्रत्यास्थ पदार्थ खंड के निश्चित बिन्दु पर परस्पर 120 MN/m^2 , 60 MN/m^2 परिमाण के लांबिकतः कार्यरत प्रसामान्य तनन प्रतिबल हैं। इसके अलावा, 80 MN/m^2 का अपरूपण प्रतिबल, अभिलंब प्रतिबलों पर प्रसामान्य रूप से कार्यरत है।
निर्धारण कीजिए :

- मुख्य प्रतिबलों का परिमाण एवं दिशा
- अधिकतम अपरूपण प्रतिबल का परिमाण एवं दिशा
- 120 MN/m^2 प्रतिबल की दिशा में 30° झुके तल पर प्रसामान्य एवं अपरूपण प्रतिबल

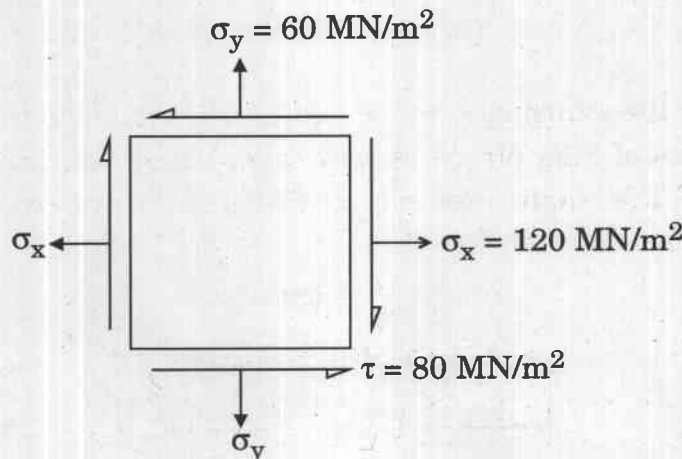


At a certain point in a piece of elastic material, there are normal tensile stresses of magnitude 120 MN/m^2 , 60 MN/m^2 acting orthogonally to each other. In addition, there is a shearing stress of 80 MN/m^2 acting normal to the normal stresses.

Determine :

- the magnitude and direction of the principal stresses
- the magnitude and direction of the maximum shearing stress
- the normal and shearing stress on a plane inclined at 30° to the direction of 120 MN/m^2 stress

20



- (b) (i) पिनियन के दाँतों की संख्या एवं चाल निर्धारित कीजिए जहाँ 10 mm प्रमात्रक के 60 दाँतों वाला चालित गियर पहिया 300 rpm पर घूमता है। दो स्पर गियरों का वेगानुपात $\frac{1}{4}$ है। अन्तराल रेखीय वेग की भी गणना कीजिए।

Determine the number of teeth and the speed of the pinion where the driven gear wheel has 60 teeth of 10 mm module and rotates at 300 rpm. The two spur gears have a velocity ratio of $\frac{1}{4}$. Also compute the pitch line velocity.

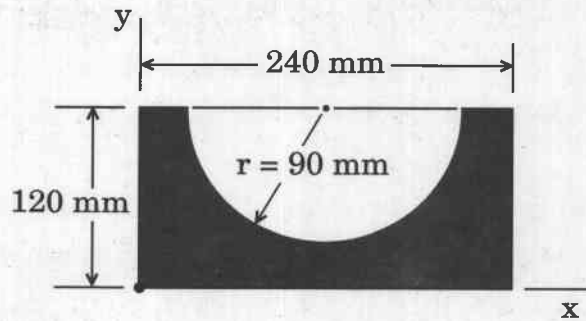
10

- (ii) लगभग 600 mm दूरी पर स्थित दो पृथक् समान्तर शाफ्टों को स्पर गियरों द्वारा संबद्ध किया जाना है। एक शाफ्ट को 360 rpm एवं दूसरे को 120 rpm पर घूमना है। गियरों की अभिकल्पना कीजिए यदि वृत्तीय अन्तराल 25 mm है।

Two parallel shafts, about 600 mm apart, are to be connected by spur gears. One shaft is to run at 360 rpm and the other at 120 rpm. Design the gears, if the circular pitch is to be 25 mm.

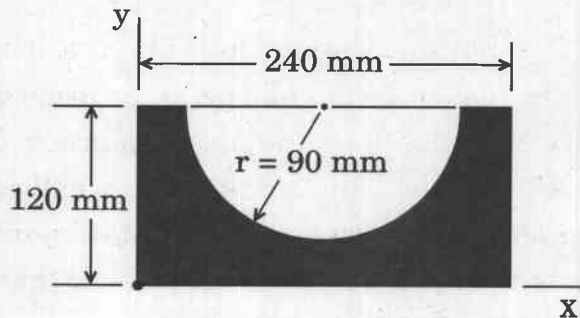
10

- (c) x-अक्ष के सापेक्ष छायांकित क्षेत्र के जड़त्व आघूर्ण का निर्धारण कीजिए।

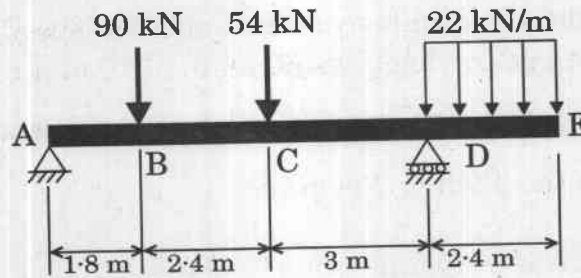


Determine the moment of inertia of the shaded area with respect to the x-axis.

10

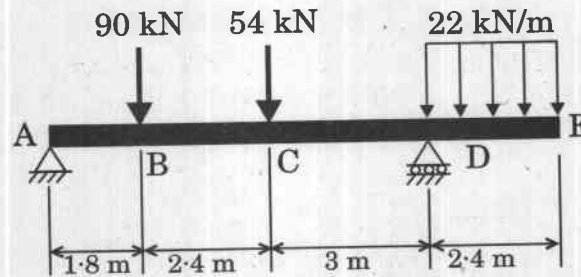


3. (a) दर्शाई गई धरन एवं भार के लिए अपरूपण बल आरेख और बंकन आघूर्ण आरेख बनाइए। अधिकतम अपरूपण बल एवं अधिकतम बंकन आघूर्ण के मान तथा इनकी अवस्थितियाँ भी ज्ञात कीजिए।



Draw the shear force and bending moment diagrams for the beam and loading shown. Also determine the maximum values of shear force and bending moment along with their respective locations.

20



- (b) एक पोर्टर गवर्नर की भुजाएँ 300 mm लम्बी हैं। ऊपरी भुजाएँ घूर्णन अक्ष पर धुराग्रस्थ हैं। निचली भुजाएँ घूर्णन अक्ष से 40 mm की दूरी पर स्लीव के साथ संलग्न हैं। स्लीव पर भार का द्रव्यमान 70 kg तथा प्रत्येक बॉल का द्रव्यमान 10 kg है। संतुलित चाल की गणना कीजिए जबकि बॉलों की घूर्णन त्रिज्या 200 mm है। यदि घर्षण, स्लीव पर 20 N भार के समतुल्य है, तो इस स्थिति में चाल की परास (सीमा) क्या होगी ?

The arms of a Porter governor are 300 mm long. The upper arms are pivoted on the axis of rotation. The lower arms are attached to a sleeve at a distance of 40 mm from the axis of rotation. The mass of the load on the sleeve is 70 kg and the mass of each ball is 10 kg. Determine the equilibrium speed when the radius of rotation of the balls is 200 mm. If the friction is equivalent to a load of 20 N at the sleeve, what will be the range of speed for this position ?

20

(c) निम्नलिखित क्रिस्टल-संरचनात्मक तलों के आरेख घनीय एकक सेल में बनाइए :

(i) (101)

(ii) ($1\bar{1}0$)

(iii) (221)

Draw the following crystallographic planes in cubic unit cell :

10

(i) (101)

(ii) ($1\bar{1}0$)

(iii) (221)

Q4. (a) एक 90 cm लम्बा, 20 cm आंतरिक व्यास एवं 8 mm मोटाई वाला धातु का बेलनाकार कोश वायुमंडलीय दाब पर तरल से भरा है। यदि 20 cm^3 अतिरिक्त तरल बेलन के अन्दर पंप किया जाए, तो ज्ञात कीजिए

(i) तरल के द्वारा बेलन पर लगाया गया दाब

(ii) प्रेरित परिधीय प्रतिबल

दिया गया है :

$$\text{यंग मापांक} = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{प्लासों अनुपात} = 0.3$$

A cylindrical shell 90 cm long, 20 cm internal diameter having thickness of metal as 8 mm is filled with fluid at atmospheric pressure. If an additional 20 cm^3 of fluid is pumped into the cylinder, find

(i) the pressure exerted by the fluid on the cylinder.

(ii) the hoop stress induced.

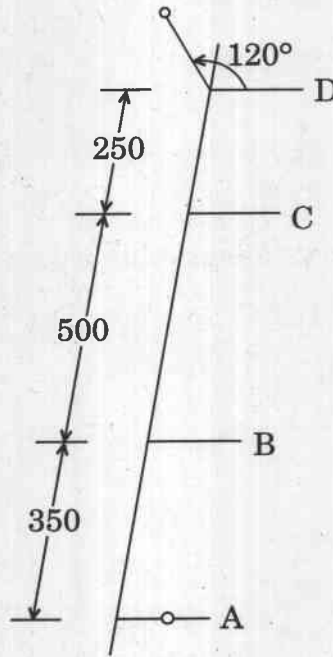
Given :

$$\text{Young's modulus} = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Poisson's ratio} = 0.3$$

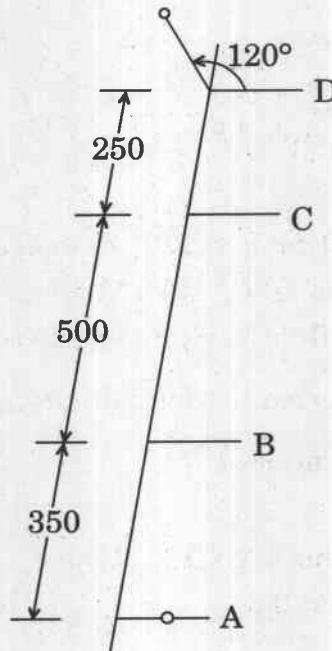
20

- (b) चित्र में दर्शाए अनुसार एक घूर्णक (रोटर) पूर्णतः संतुलित होता है जब 2 kg और 1.2 kg के द्रव्यमान अस्थायी रूप से A तथा D तलों पर 200 mm त्रिज्या पर जोड़े जाते हैं। A तल में संतुलित द्रव्यमान x-अक्ष के साथ है जबकि D तल में यह 120 mm त्रिज्या पर है। B तथा C द्रव्यमानों के परिमाण तथा दिशाओं को ज्ञात कीजिए।



A rotor is completely balanced when masses of 2 kg and 1.2 kg are added temporarily in planes A and D each at 200 mm radius as shown in the figure. The balanced mass in the plane A is along the x-axis whereas in the plane D, it is at 120 mm radius. Determine the magnitudes and the directions of the masses B and C.

20



- (c) नैनो परिसर (नैनो रेंज) में विमाओं की संख्या के आधार पर नैनो-पदार्थों का वर्गीकरण कीजिए। नैनो-संरचना वाले पदार्थों के प्रक्रमण के दो मूलभूत उपागम क्या हैं ?

Classify the nano-materials depending on the number of dimensions in the nano range. What are the two basic approaches for processing of nano-structural materials ?

10

खण्ड B
SECTION B

- Q5. (a)** फोर्जन में 'अतिरेक' पद से आप क्या समझते हैं ? रेखाचित्र की सहायता से समझाइए ।
What do you understand by the term 'flash' in a forging ? Explain with the help of a sketch. 10
- (b)** एक छिद्र तथा शाफ्ट का मूल आमाप 25 mm तथा अधिकतम अवकाश के साथ अवकाशी अन्वायोजन 0.02 mm और न्यूनतम अवकाश 0.01 mm है । छिद्र की सहिष्णुता शाफ्ट की सहिष्णुता से 1.5 गुनी है । छिद्र तथा शाफ्ट दोनों की सीमाएँ ज्ञात कीजिए
- (i) छिद्र आधारित पद्धति द्वारा ।
(ii) शाफ्ट आधारित पद्धति द्वारा ।
- A hole and shaft have a basic size of 25 mm and are to have a clearance fit with maximum clearance of 0.02 mm and a minimum clearance of 0.01 mm. The hole tolerance is to be 1.5 times the shaft tolerance. Determine limits for both hole and shaft
- (i) using a hole basis system.
(ii) using a shaft basis system. 10
- (c)** 75 mm व्यास के एक सामान्य अभिकर्तन कर्तक (प्लेन मिलिंग कटर) द्वारा ढलवाँ लोहे की पट्टिका को निश्चित प्रभरण तथा कर्तन गहराई पर अभिकर्तन करने पर कर्तक की चाल 200 से 260 rpm बढ़ने के कारण औज़ार आयु घटकर 50 मिनट से 30 मिनट हो गई । यदि चाल 120 rpm हो तथा अन्य प्राचलों को अपरिवर्तित रखा जाए, तो इस कर्तक की आयु क्या होगी ?
- The life of a plain milling cutter of diameter 75 mm was found to decrease from 50 minutes to 30 minutes due to increase in speed of the cutter from 200 to 260 rpm while milling a cast iron plate at given feed and depth of cut. How much would be the life of that cutter if the speed is 120 rpm keeping other parameters unchanged ? 10
- (d)** विभिन्न प्रकार के संयंत्र अभिन्यासों को सूचीबद्ध कीजिए । उत्पाद अभिन्यास तथा प्रक्रम अभिन्यास की तुलना कीजिए ।
- Enlist various types of plant layouts. Compare product layout and process layout. 10

- (e) एक कंपनी किसी वस्तु को स्थानीय बाज़ार में बेचने की योजना बनाती है। ये वस्तुएँ ₹ 5 पर इस शर्त पर खरीदी गई हैं कि सभी बिना बिक्री वाली वस्तुएँ वापस होंगी। जगह का किराया ₹ 2,000 है। वस्तुएँ ₹ 9 की दर पर बेची जाएँगी।

आवश्यक रूप से बेची जाने वाली वस्तुओं की संख्या ज्ञात कीजिए यदि

- घाटा पूरा करना हो।
- ₹ 400 लाभ लेना हो।
- यदि कंपनी 750 वस्तुओं को बेचती है, तो सुरक्षा छूट एवं लाभ की गणना कीजिए।

A company plans to sell an article at a local market. The articles are purchased at ₹ 5 on the condition that all unsold articles shall be returned. The rent of the space is ₹ 2,000. The articles will be sold at ₹ 9.

Determine the number of articles which must be sold

- To break-even.
- To earn ₹ 400 as profit.
- If the company sells 750 articles, calculate margin of safety and profit.

10

98. (a) निम्नलिखित ज्यामिति के औज़ार द्वारा एक धातु की छड़ का शुद्ध लाम्बिक खरादन (टर्निंग) के दौरान पाया गया कि स्पर्श-रेखीय घटक एवं कर्तन बल के अक्षीय घटक के परिमाण क्रमशः 600 N तथा 200 N हैं।

आनति कोण = 0°

लाम्बिक नति = 0°

मुख्य कर्तन धार कोण (ऐज एंगिल) = 90°

छीलन लघुकरण (रिडक्शन) गुणांक = 1.732

उपर्युक्त स्थिति के लिए मर्चेन्ट के वृत्त आरेख का उपयोग करते हुए, अपरूपण बल तथा घर्षण बल के परिमाणों की गणना कीजिए।

During pure orthogonal turning of a metal rod by a tool of the following geometry it was noted that the magnitudes of the tangential component and the axial component of the cutting force are 600 N and 200 N respectively.

Inclination angle = 0°

Orthogonal rake = 0°

Principal cutting edge angle = 90°

Chip reduction coefficient = 1.732

Using Merchant's circle diagram, determine the magnitudes of the shear force and the frictional force for the above condition.

20

- (b) एक घटक केन्द्र खराद अथवा टरेट खराद पर निर्मित किया जा सकता है। घटक के प्रक्रम की लागत एवं समय की जानकारी नीचे दी गई है :

विवरण	केन्द्र खराद	टरेट खराद
● व्यवस्थापन समय	30 मिनट	120 मिनट
● प्रक्रम समय	10 मिनट	5 मिनट
● औज़ार विन्यास लागत (₹)	200	500
● श्रमिक लागत प्रति घंटा	₹ 2	₹ 2
● मूल्यहास एवं अन्य लागत प्रति घंटा	₹ 10	₹ 20

औज़ार विन्यास लागत की भरपाई एक वर्ष में की जानी है तथा आदेशों का कोई पुनरावर्तन नहीं है। आवश्यकताओं को दो चय (लॉट) में पूरा किया जाना है।

- ऐसी मात्रा की गणना कीजिए जिसमें दोनों विकल्प बराबर लागत का परिणाम देते हों। (BEP)
- खरादों के चयन के संबंध में निर्णायक नियम दीजिए।
- यदि 800 मात्रा प्रति वर्ष की आवश्यकता है, तो आप कौन-सी मशीन प्रस्तावित करेंगे ?

A component can be manufactured either on a centre lathe or on a turret lathe. The cost and time information to process a component is given below :

Particulars	Centre lathe	Turret lathe
● Set-up time	30 minutes	120 minutes
● Processing time	10 minutes	5 minutes
● Tooling-up cost (₹)	200	500
● Labour cost/hr	₹ 2	₹ 2
● Depreciation and other costs per hour	₹ 10	₹ 20

The tooling-up cost is to be recovered within a year and there are no repeat orders. The requirements are to be met in two lots.

- Calculate the quantity at which both alternatives result in equal cost. (BEP)
- Give the decision rule regarding the choice of lathes.
- If the quantity required is 800 nos/year, which of the machines do you propose ?

- (c) स्वच्छ रेखाचित्रों द्वारा गैस धातु आर्क वेल्डिंग (गैस मेटल आर्क वेल्डिंग) प्रक्रम में होने वाले धातु अन्तरण प्रक्रम की व्याख्या कीजिए ।

Explain the process of metal transfer in gas metal arc welding process with neat sketches.

10

- Q7.** (a) एक कंपनी द्वारा औद्योगिक निर्माणित क्रांतिक घटकों की बिक्री नीचे दी गई है । समाश्रयण (रिग्रेशन) विधि के द्वारा अगले तीन वर्षों की घटकों की माँग को पूर्वानुमानित कीजिए :

वर्ष	बिक्री ('000)
1986	30
1987	33
1988	37
1989	39
1990	42
1991	46
1992	48
1993	50
1994	55
1995	58

The sales for a critical component manufactured by a company are given below. Forecast the demand for the components for the next three years using regression method :

20

Years	Sales ('000)
1986	30
1987	33
1988	37
1989	39
1990	42
1991	46
1992	48
1993	50
1994	55
1995	58

- (b) एक इस्पात तार 12.7 mm के प्रारम्भिक व्यास से 10.2 mm के अंतिम व्यास तक 90 m/min की गति से कर्षित किया जाता है। डाई का अर्ध-शंकु कोण 6° है तथा कृत्यक-डाई (जॉब-डाई) अंतरापृष्ठ पर घर्षण-गुणांक 0.1 है। इस्पात के मूल नमूने पर तनन परीक्षण 207 N/mm^2 तनन पराभव प्रतिबल देता है। एक समरूप नमूना 0.5 विकृति पर 414 N/mm^2 तनन पराभव प्रतिबल दिखाता है। पदार्थ में रेखीय प्रतिबल-विकृति संबंध को मानते हुए कर्षण शक्ति एवं उसी डाई के साथ अधिकतम संभावित लघुकरण की गणना कीजिए। पीछे की ओर कोई तनाव प्रयुक्त नहीं है।

A steel wire is drawn from an initial diameter of 12.7 mm to a final diameter of 10.2 mm at a speed of 90 m/min. The half-cone angle of the die is 6° and the coefficient of friction at the job-die interface is 0.1. A tensile test on the original steel specimen gives a tensile yield stress of 207 N/mm^2 . A similar specimen shows a tensile yield stress of 414 N/mm^2 at a strain of 0.5. Assuming a linear stress-strain relationship for the material, determine the drawing power and the maximum possible reduction with the same die. No back tension is applied.

20

- (c) जे.आई.टी. (JIT) के मूलभूत घटकों को सूचीबद्ध कीजिए तथा कनबन पत्रक (कनबन कार्ड) की संक्षेप में व्याख्या कीजिए।

Enlist the basic elements of JIT and explain Kanban card in brief.

10

- Q8. (a) एक पुर्जे की वार्षिक माँग 2500 पेटी (बॉक्स) है। कंपनी एक प्रदायक से मद को ₹ 750 प्रति पेटी की दर से खरीदती है। कंपनी द्वारा सूची-सामग्री वहन लागत 18% प्रति यूनिट प्रति वर्ष है तथा आदेश लागत ₹ 1,080 प्रति आदेश है। कंपनी वर्ष में 250 दिवस कार्य करती है। इस पुर्जे के लिए कंपनी को किस प्रकार सूची-सामग्री नियंत्रण प्रणाली की अभिकल्पना करनी चाहिए? इस योजना की संपूर्ण लागत क्या होगी?

The annual demand for a component is 2500 boxes. The company procures the item from a supplier at the rate of ₹ 750 per box. The company estimates the cost of carrying inventory to be 18% per unit per annum and the cost of ordering as ₹ 1,080 per order. The company works for 250 days in a year. How should the company design an inventory control system for this component? What will be the overall cost of the plan?

20

- (b) WC पट्टिकाओं का कर्तन करने वाली पराश्रव्य मशीनन के मशीनन समय में बदलाव प्रतिशत ज्ञात कीजिए जबकि औज़ार पदार्थ ताँबे से स्टेनलेस स्टील में बदला गया है ।

Determine the percentage change in the machining time for a USM (Ultrasonic Machining) operation cutting WC plates when the tool material is changed from copper to stainless steel.

20

- (c) अल्पघट्य निर्माण (लीन मेन्यूफेक्चरिंग) के लाभ एवं परिसीमाएँ क्या हैं ? अल्पघट्य निर्माण तकनीक को अपनाने में आने वाली कठिनाइयों की चर्चा कीजिए ।

What are the advantages and limitations of lean manufacturing ? Discuss the difficulties in adopting lean technique.

10

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र-II)

समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

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

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

उम्मीदवार को कुल पाँच प्रश्नों के उत्तर देने हैं।

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

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

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू० सी० ए०) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।

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

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

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

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

MECHANICAL ENGINEERING (PAPER-II)

Time Allowed : Three Hours

Maximum Marks : 250

QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

(Please read each of the following instructions carefully before attempting questions)

There are EIGHT questions divided in two Sections and printed both in HINDI and in ENGLISH.

Candidate has to attempt FIVE questions in all.

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

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

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

Wherever any assumptions are made for answering a question, they must be clearly indicated. Diagrams/figures, wherever required, shall be drawn in the space provided for answering the question itself.

Unless otherwise mentioned, symbols and notations carry their usual standard meanings. Attempts of questions shall be counted in sequential order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly. Any page or portion of the page left blank in the Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

खण्ड—A / SECTION—A

1. (a) वायु एक गैस टरबाइन संयंत्र के संपीडक में परिवेश दशा 100 kPa तथा 25 °C पर नगण्य वेग पर प्रवेश करती है एवं 1 MPa तथा 347 °C पर 90 m/s वेग पर बाहर निकलती है। संपीडक को 1500 kJ/min की दर से ठंडा करते हैं तथा संपीडक में शक्ति निवेश 250 kW होता है। संपीडक में से हवा की द्रव्यमान प्रवाह दर ज्ञात कीजिए। हवा के लिए $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$, $C_v = 0.717 \text{ kJ/kg-K}$ तथा $R = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$ मान लीजिए।

Air enters the compressor of a gas turbine plant at ambient conditions of 100 kPa and 25 °C with negligible velocity, and exits at 1 MPa and 347 °C with a velocity of 90 m/s. The compressor is cooled at a rate of 1500 kJ/min and the power input to the compressor is 250 kW. Determine the mass flow rate of air through the compressor. For air, consider $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$, $C_v = 0.717 \text{ kJ/kg-K}$ and $R = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$.

10

- (b) एक 800 W की घरेलू विद्युत् इस्तरी की आधार पट्टिका, जिसकी मोटाई $L = 0.6 \text{ cm}$, आधार क्षेत्रफल $= 160 \text{ cm}^2$ तथा ऊष्मा चालिता $k = 60 \text{ W/m-K}$ है, पर विचार कीजिए। आधार पट्टिका के आन्तरिक पृष्ठ पर अन्दर लगे प्रतिरोध तापक से जनित समान ऊष्मा फ्लक्स लग रहा है। जब स्थायी प्रचालन अवस्थाएँ आ जाती हैं, तब पट्टिका के बाहरी पृष्ठ का तापमान 112 °C मापा जाता है। इस्तरी के ऊपरी भाग से किसी भी ऊष्मा-हानि का ध्यान न रखते हुए—

- (i) पट्टिका में से अपरिवर्ती एक-विमीय ऊष्मा चालन के लिए अवकल समीकरण व परिसीमा प्रतिबन्ध व्यक्त कीजिए;
- (ii) अवकल समीकरण को हल करते हुए आधार पट्टिका में तापमान परिवर्तन के लिए संबंध स्थापित कीजिए;
- (iii) आन्तरिक पृष्ठ के तापमान का मूल्यांकन कीजिए।

Consider the base plate of an 800 W household electric iron with thickness of $L = 0.6 \text{ cm}$, base area $= 160 \text{ cm}^2$ and thermal conductivity $k = 60 \text{ W/m-K}$. The inner surface of the base plate is subjected to uniform heat flux generated by the resistance heater inside. When steady operating conditions are reached, the outer surface temperature of the plate is measured to be 112 °C. Disregarding any heat loss through the upper part of the iron—

- (i) express the differential equation and boundary conditions for steady one-dimensional heat conduction through the plate;
 - (ii) obtain a relation for the variation of temperature in the base plate by solving the differential equation;
 - (iii) evaluate the inner surface temperature.
- (c) एक उपयुक्त समीकरण व्युत्पन्न कीजिए, जो यह दर्शाता हो कि एक अपसारी वाहिनी एक पराध्वनिक नॉजल की भाँति कार्य करती है।

10

Derive an appropriate equation to show that a divergent duct acts as a supersonic nozzle.

10

- (d) एक प्रतिक्रम्य इंजन तीन ऊष्माशयों A, B तथा C के बीच कार्य करता है। इंजन ऊष्माशयों A तथा B से, जो क्रमशः T_A और T_B तापमान पर रखे गए हैं, ऊष्मा की एकसमान मात्रा अवशोषित करता है तथा ऊष्माशय C को, जो T_C तापमान पर रखा गया है, ऊष्मा निरसित करता है। इंजन की दक्षता प्रतिक्रम्य इंजन की दक्षता की α गुनी है, जो कि दो ऊष्माशयों A तथा C के बीच कार्य करता है। सिद्ध कीजिए कि $\frac{T_A}{T_B} = (2\alpha - 1) + 2(1 - \alpha)\frac{T_A}{T_C}$.

A reversible engine works between three thermal reservoirs A , B and C . The engine absorbs an equal amount of heat from the thermal reservoirs A and B kept at temperatures T_A and T_B respectively, and rejects heat to the thermal reservoir C kept at temperature T_C . The efficiency of the engine is α times the efficiency of the reversible engine, which works between the two reservoirs A and C . Prove that

$$\frac{T_A}{T_B} = (2\alpha - 1) + 2(1 - \alpha) \frac{T_A}{T_C}.$$

10

- (e) रैन्किन चक्र में भाप का पुनस्तापन कब आवश्यक हो जाता है? T - s आरेख की सहायता से रैन्किन चक्र के निर्गम तथा दक्षता पर पुनस्तापन के प्रभाव को समझाइए।

When does reheating of steam become necessary in Rankine cycle? With the help of T - s diagram, explain the effect of reheating on the Rankine cycle output and efficiency.

10

2. (a) 3 m व्यास की एक गोलाकार टंकी, जो प्रारम्भ में 1 atm तथा -196°C पर द्रव नाइट्रोजन से भरी गयी है, पर विचार कीजिए। टंकी परिवेशी वायु, जो 15°C पर सम्मिलित ऊष्मा संवहन तथा विकिरण अंतरण गुणांक $35 \text{ W/m}^2\text{-K}$ के साथ है, में अनावृत है। पतली कोश वाली गोलाकार टंकी का तापमान लगभग वही है जो अन्दर नाइट्रोजन का है। परिवेशी वायु से ऊष्मा अंतरण के कारण टंकी से द्रव नाइट्रोजन की वाष्पन दर का निर्धारण कीजिए, यदि टंकी (i) रोधित नहीं है, (ii) 5 cm मोटी फाइबरग्लास वूल रोधन ($k = 0.035 \text{ W/m-K}$) से रोधित है तथा (iii) 2 cm मोटी अतिरोधन, जिसकी प्रभावी ऊष्मा चालिता 0.00005 W/m-K है, से रोधित है। द्रव नाइट्रोजन की वाष्पन ऊष्मा 198 kJ/kg तथा उसका 1 atm पर घनत्व 810 kg/m^3 मान लीजिए।

Consider a 3 m diameter spherical tank that is initially filled with liquid nitrogen at 1 atm and -196°C . The tank is exposed to ambient air at 15°C with a combined convective and radiative heat transfer coefficient of $35 \text{ W/m}^2\text{-K}$. The temperature of the thin-shelled spherical tank is observed to be almost the same as the temperature of the nitrogen inside. Determine the rate of evaporation of the liquid nitrogen in the tank as a result of the heat transfer from the ambient air if the tank is (i) not insulated, (ii) insulated with 5 cm thick fiberglass wool insulation ($k = 0.035 \text{ W/m-K}$) and (iii) insulated with 2 cm thick superinsulation which has an effective thermal conductivity of 0.00005 W/m-K . Consider the heat of vaporization of liquid nitrogen as 198 kJ/kg and its density as 810 kg/m^3 at 1 atm.

20

- (b) एक पाइपलाइन में प्रवाहित भाप की द्रव्यमान प्रवाह दर का मापन एक सुरोधित वेन्चुरी मीटर द्वारा किया जाता है। शुष्क संतृप्त भाप 7.0 बार पर वेन्चुरी में प्रवेश करती है। वेन्चुरी के कंठ (थ्रोट) पर 3.6 बार का दाब मापा गया। वेन्चुरी के प्रवेश और कंठ के व्यास क्रमशः 538.5 mm तथा 75 mm हैं। वेन्चुरी के प्रवेश पर भाप का वेग 10 m/s है। घर्षण को नगण्य मानते हुए भाप की द्रव्यमान प्रवाह दर की गणना कीजिए। (भाप के गुण नीचे दी गयी भाप सारणी से लेने हैं) :

संतृप्त भाप के गुण

दाब, P (बार)	$t_{\text{संतृप्त}}$ ($^\circ\text{C}$)	विशिष्ट आयतन (m^3 / kg)		विशिष्ट एन्थैल्पी (kJ/kg)		विशिष्ट एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K)	
		v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
3.6	140.0	0.00108	0.511	588.6	2733.7	1.738	6.931
7.0	165.0	0.001108	0.273	697.2	2763.5	1.992	6.708

The mass flow rate of steam flowing in a pipeline is measured with the help of a well-insulated Venturi meter. Dry saturated steam at 7.0 bar enters the Venturi. The pressure at the throat of the Venturi is measured to be 3.6 bar. The inlet and throat diameters of the Venturi are 538.5 mm and 75 mm respectively. The velocity of steam at the inlet to the Venturi is 10 m/s. Calculate the mass flow rate of steam neglecting friction. (The properties of steam are to be taken from the steam table as given below) :

Properties of Saturated Steam

Pressure, P (bar)	t_{sat} (°C)	Specific volume (m ³ / kg)		Specific enthalpy (kJ/kg)		Specific entropy (kJ/kg-K)	
		v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
3.6	140.0	0.00108	0.511	588.6	2733.7	1.738	6.931
7.0	165.0	0.001108	0.273	697.2	2763.5	1.992	6.708

20

- (c) एक संपीडक में वायु अपरिवर्ती प्रवाह के रूप में 140 kPa, 17 °C तथा 70 m/s पर प्रवेश करती है एवं 350 kPa, 127 °C तथा 110 m/s पर बाहर निकलती है। पर्यावरण 7 °C पर है। प्रति kg वायु की गणना कीजिए—(i) कार्य की वास्तविक आवश्यक मात्रा के लिए, (ii) न्यूनतम आवश्यक कार्य के लिए तथा (iii) प्रक्रम की अप्रतिक्रम्यता के लिए। वायु के लिए $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$ तथा $R = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$ लीजिए।

Air enters a compressor in steady flow at 140 kPa, 17 °C and 70 m/s and leaves it at 350 kPa, 127 °C and 110 m/s. The environment is at 7 °C. Calculate per kg of air for (i) the actual amount of work required, (ii) the minimum work required and (iii) the irreversibility of the process. For air, take $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$ and $R = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$.

10

3. (a) एक पद, जिसमें एक 50 प्रतिशत प्रतिक्रिया अक्षीय प्रवाह भाप टरबाइन का एक जोड़ी ब्लेड वलय निहित है, का माध्य वलय व्यास 140 cm है। ब्लेड तथा भाप की चालों का अनुपात 0.7 है। घूर्णन चाल 3000 r.p.m. है। यदि निर्गम कोण 20° है, तो ब्लेड के लिए आवश्यक प्रवेश कोण ज्ञात कीजिए। प्रति सेकन्ड प्रति कि० ग्रा० प्रवाहित भाप के लिए कार्य और आरेख दक्षता का भी निर्धारण कीजिए। दी गयी भाप चाल व निर्गम कोण के लिए यदि ब्लेड इष्टतम प्रचालन अवस्था के लिए डिजाइन किए गए हैं तथा सर्वोत्तम सैद्धान्तिक चाल पर चलते हैं, तो आरेख दक्षता की प्रतिशतता वृद्धि की गणना कीजिए।

One stage comprising a pair of blade rings of a 50 percent reaction axial flow steam turbine has a mean ring diameter of 140 cm. The blade to steam speed ratio is 0.7. The speed of rotation is 3000 r.p.m. Determine the required entrance angle for the blading if the exit angle is 20°. Also, determine the work done per kg of steam flowing per second and the diagram efficiency. Calculate the percentage increase in diagram efficiency if the blades are designed for, and run at the best theoretical speed corresponding to the optimum operating condition, for the given steam speed and the exit angle.

20

- (b) (i) प्रथम नियम दक्षता, द्वितीय नियम दक्षता तथा कार्नो दक्षता में संबंध स्थापित कीजिए।
(ii) एक प्रतिक्रम्य ऊष्मा इंजन दो ऊष्माशयों, जो 1000°C तथा 40°C पर हैं, के मध्य कार्य कर रहा है। इंजन एक प्रतिक्रम्य प्रशीतित्र, जो 40°C तथा -10°C के मध्य है, को संचालित कर रहा है। इंजन को ऊष्मा अंतरण की मात्रा 4000 kJ तथा 1000 kJ के शुद्ध निर्गम कार्य की मात्रा, संयोजित इंजन प्रशीतित्र प्रणाली से प्राप्त होती है। (1) प्रशीतित्र को ऊष्मा अंतरण की मात्रा तथा (2) 40°C के ऊष्माशय को ऊष्मा अंतरण की शुद्ध मात्रा की गणना कीजिए।

(i) Establish the relation between 1st law efficiency, 2nd law efficiency and Carnot efficiency.

(ii) A reversible heat engine operates between two thermal reservoirs of 1000°C and 40°C . The engine drives a reversible refrigerator operating between 40°C and -10°C . The amount of heat transfer to the engine is 4000 kJ and a net amount of work output of 1000 kJ is obtained from the combined engine-refrigerator system. Determine (1) the amount of heat transfer to the refrigerator and (2) the net amount of heat transfer to 40°C reservoir.

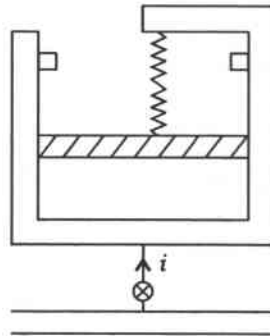
- (c) $2\text{ m} \times 3\text{ m}$ की एक चपटी पट्टिका एक कमरे में इस प्रकार लटक रही है कि उसके 3 m लम्बी भुजा के बराबर हवा उसके पृष्ठों के समानान्तर प्रवाहित हो रही है। मुक्त धारा का तापमान तथा हवा का वेग क्रमशः 20°C और 7 m/s हैं। पट्टिका पर कार्यरत कुल विकर्ष बल मापन द्वारा 0.86 N पाया गया। पट्टिका के लिए औसत संवहन ऊष्मा अंतरण गुणांक ज्ञात कीजिए।

वायु के लिए 20°C तथा 1 atm पर गुण हैं $\rho = 1.204\text{ kg/m}^3$, $C_p = 1.007\text{ kJ/kg-K}$, $Pr = 0.7309$.

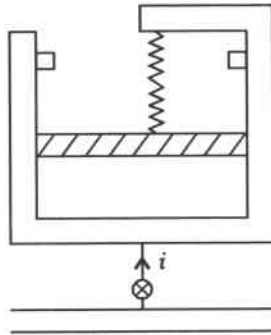
A $2\text{ m} \times 3\text{ m}$ flat plate is suspended in a room and subjected to air flow parallel to its surfaces along its 3 m long side. The free stream temperature and velocity of air are 20°C and 7 m/s respectively. The total drag force acting on the plate is measured to be 0.86 N . Determine the average convective heat transfer coefficient for the plate.

The properties of air at 20°C and 1 atm are $\rho = 1.204\text{ kg/m}^3$, $C_p = 1.007\text{ kJ/kg-K}$, $Pr = 0.7309$.

4. (a) एक घर्षण-रहित पिस्टन/सिलिन्डर को एक रेखीय स्प्रिंग (नीचे चित्र में दर्शाए अनुसार) से भारित किया गया, जिसका स्प्रिंग स्थिरांक 100 kN/m है तथा पिस्टन का अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल 0.1 m^2 है। सिलिन्डर, जिसका प्रारम्भिक आयतन 20 L है, वायु को 200 kPa तथा परिवेशी ताप 300 K पर अंतर्विष्ट करता है। सिलिन्डर में एक स्टॉप लगा है जो इसका आयतन 50 L से ऊपर जाने पर रोकता है। एक वाल्व सिलिन्डर को एक वायु आपूर्ति लाइन से जोड़ता है जिसमें वायु 800 kPa , 325 K पर प्रवाहित हो रही है। वाल्व को अब खोल दिया गया है और वह वायु को तब तक अन्दर आने देता है जब तक कि सिलिन्डर का दाब तथा ताप क्रमशः 800 kPa और 350 K नहीं हो जाता है। इसके बाद वाल्व बन्द कर दिया जाता है तथा प्रक्रम की समाप्ति हो जाती है। अंतिम अवस्था में क्या पिस्टन स्टॉप पर पहुँचता है? प्रक्रम के दौरान ऊष्मा अन्तरण का निर्धारण कीजिए। वायु के लिए $C_p = 1.005\text{ kJ/kg-K}$ तथा $R = 0.287\text{ kJ/kg-K}$ लीजिए :



A frictionless piston/cylinder is loaded with a linear spring (as shown in the figure below) having a spring constant of 100 kN/m, and the piston cross-sectional area is 0.1 m^2 . The cylinder having an initial volume of 20 L contains air at 200 kPa and ambient temperature 300 K. There exists a stop in the cylinder which prevents its volume from exceeding 50 L. A valve connects the cylinder to an air supply line flowing air at 800 kPa, 325 K. The valve is now opened, allowing air to flow in until the cylinder pressure and temperature reach 800 kPa and 350 K respectively. The valve is then closed and the process ends. At the final state does the piston reach the stop? Calculate the heat transfer during the process. Take $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$ and $R = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$ for air :



20

- (b) एक प्रति-प्रवाह द्वि-नली ऊष्मा विनिमयित्र को 1.2 kg/s की दर से जल को 20°C से 80°C तक गर्म करना है। तापन को भू-ऊष्मीय जल, जो 160°C तथा 2 kg/s द्रव्यमान प्रवाह दर पर उपलब्ध है, से प्राप्त करना है। आन्तरिक ट्यूब पतली दीवार वाली और 1.5 cm व्यास की है। यदि ऊष्मा विनिमयित्र का संपूर्ण ऊष्मा अंतरण गुणांक $640 \text{ W/m}^2\text{-K}$ हो, तो वांछित तापन को प्राप्त करने के लिए ऊष्मा विनिमयित्र की आवश्यक लम्बाई ज्ञात कीजिए। जल तथा भू-ऊष्मीय तरल की विशिष्ट ऊष्माओं को क्रमशः 4.18 kJ/kg-K और 4.31 kJ/kg-K लीजिए।

A counter-flow double-pipe heat exchanger is to heat water from 20°C to 80°C at a rate of 1.2 kg/s . The heating is to be accomplished by geothermal water available at 160°C at a mass flow rate of 2 kg/s . The inner tube is thin-walled and has a diameter of 1.5 cm . If the overall heat transfer coefficient of the heat exchanger is $640 \text{ W/m}^2\text{-K}$, determine the length of the heat exchanger required to achieve the desired heating. Take specific heat of water and geothermal fluid as 4.18 kJ/kg-K and 4.31 kJ/kg-K respectively.

20

- (c) एक भाप शक्ति संयंत्र में वेग त्रिभुजों की सहायता से समझाइए कि अपकेन्द्री पंखे जिनमें पश्च-वक्र ब्लेड होते हैं उनका प्रणोदित प्रवात पंखे के रूप में तथा अपकेन्द्री पंखे जिनमें अग्र-वक्र ब्लेड होते हैं उनका प्रेरित प्रवात पंखे के रूप में क्यों प्रयोग होता है।

Explain, with the help of velocity triangles, why centrifugal fans with backward-curved blading are used for forced draught fans, and centrifugal fans with forward-curved blading are used for induced draught fans in a steam power plant.

10

खण्ड—B / SECTION—B

5. (a) वांछित रूप से उच्च या निम्न होने वाले विभिन्न घटकों को तुलनात्मक कथन के रूप में एक सारणी के आकार में दीजिए, जो एस० आइ० तथा सी० आइ० इंजनों में अपस्फोटन को कम करता है।

क्रम संख्या	घटक	एस० आइ० इंजन (उच्च/निम्न)	सी० आइ० इंजन (उच्च/निम्न)

Give a comparative statement in the form of a table of the various factors desired to be high or low which tend to reduce knock in SI and CI engines.

Sl. No.	Factor	SI engine (High/Low)	CI engine (High/Low)

- (b) एक सामान्य वाष्प संशोषण प्रशीतन तंत्र के प्रचालन तापमान हैं—जनरेटर 100 °C; संघनित्र तथा अवशोषक 45 °C; वाष्पित्र 2 °C. तंत्र की प्रशीतन क्षमता 125 kW तथा तंत्र में ऊष्मा निवेश 180 kW है। घुलन पम्प का कार्य नगण्य है।

(i) तंत्र का निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०) तथा कुल ऊष्मा त्याज्य दर ज्ञात कीजिए।

(ii) एक आविष्कारक दावा करता है कि उपर्युक्त तंत्र के सभी अवयवों में सुधार करके वह ऊष्मा निवेश को 90 kW तक कम कर देगा, जबकि प्रशीतन क्षमता तथा प्रचालन तापमान पूर्व की भाँति ही रहेंगे। दावे की सत्यता की जाँच कीजिए।

The operating temperatures of a simple vapour absorption refrigeration system are—generator 100 °C; condenser and absorber 45 °C; evaporator 2 °C. The system has refrigeration capacity of 125 kW and heat input to the system is 180 kW. The solution pump work is negligible.

(i) Find the COP of the system and total heat rejection rate from the system.

(ii) An inventor claims that by improving the design of all the components of the above system, he could reduce the heat input to the system by 90 kW, while keeping the refrigeration capacity and operating temperature same as before. Examine the validity of the claim.

- (c) एक अक्षीय प्रवाह पंखा 1200 r.p.m. पर कार्य करता है। ब्लेड के अग्र भाग का व्यास 1.1 m तथा नाभि (हब) का व्यास 0.8 m है। घूर्णन तल के सापेक्ष ब्लेड के अन्तर्गम तथा निर्गम कोण क्रमशः 30° तथा 60° हैं। अन्तर्गम निर्देशक वेन रोटार को प्रवेश पर घूर्णन तल के सापेक्ष 60° के कोण पर निरपेक्ष प्रवाह देता है। रोटार के आर-पार वेग के अक्षीय अवयव में कोई बदलाव नहीं होता है। (i) पंखे में से आयतन प्रवाह दर तथा (ii) पंखे को संचालित करने के लिए न्यूनतम बल-आघूर्ण तथा शक्ति का निर्धारण कीजिए। वायु के घनत्व को 1.225 kg/m^3 लीजिए।

An axial flow fan operates at 1200 r.p.m. The blade tip diameter is 1.1 m and hub diameter is 0.8 m. The blade inlet and exit angles are 30° and 60° respectively with respect to the plane of rotation. Inlet guide vanes give the absolute flow entering the rotor at an angle of 60° with the plane of rotation. There is no change in the axial component of velocity across the rotor. Determine (i) the volume flow rate through the fan and (ii) the minimum torque and power needed to drive the fan. Take the density of air as 1.225 kg/m^3 .

- (d) 1-D समएन्ट्रॉपी प्रवाह के आधार पर, दर्शाइए कि एक परिवर्तनीय क्षेत्रफल वाली वाहिनी के किसी परिच्छेद पर मैक संख्या M , परिच्छेद के क्षेत्रफल A से निम्नवत् संबंधित है :

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M} \left[\frac{2}{\gamma + 1} \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right) \right]^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}}$$

जहाँ A^* वाहिनी का क्षेत्रफल है तथा $M = 1$ से मेल खाता है।

On the basis of 1-D isentropic flow, show that in a duct of varying area, the Mach number M at any section is related to the area A of the section by

$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M} \left[\frac{2}{\gamma + 1} \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right) \right]^{\frac{\gamma + 1}{2(\gamma - 1)}}$$

where A^* is the area of the duct corresponds to $M = 1$.

10

- (e) संक्षेप में समझाइए कि घरेलू प्रशीतित्र में केशिका नली को अन्य उपरोधी साधनों के सापेक्ष क्यों अधिक उपयुक्त समझा जाता है।

Explain in brief as to why capillary tube is preferred to other throttling devices in household refrigerator.

10

6. (a) एक तेल इंजन, जो वायु-मानक द्वि-चक्र पर कार्यरत है, का सिलिन्डर बोर 250 mm और स्ट्रोक की लम्बाई 300 mm है। संपीडन व प्रसार अनुपात क्रमशः 10 व 6 हैं। वायु का संपीडन के पहले प्रारम्भिक दाब व ताप क्रमशः 1.0 बार व 27 °C हैं। स्थिर दाब पर दी गयी ऊष्मा, स्थिर आयतन पर दी गयी ऊष्मा की दुगुनी है। चक्र में सभी प्रमुख बिन्दुओं पर दाब और ताप का निर्धारण कीजिए तथा चक्र की वायु-मानक दक्षता ज्ञात कीजिए। इंजन के अवकाश आयतन की भी गणना कीजिए। चक्र का P - V आरेख खींचिए। वायु के लिए $\gamma = 1.4$ तथा $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$ लीजिए।

An oil engine operating on air-standard dual cycle has cylinder bore of 250 mm and stroke length of 300 mm. The compression and expansion ratios are 10 and 6 respectively. The initial pressure and temperature of air before compression are 1.0 bar and 27 °C respectively. The heat added at constant pressure is twice the heat added at constant volume. Determine the pressure and temperature at all the salient points in the cycle, and the air-standard efficiency of the cycle. Also, calculate the clearance volume of the engine. Draw the P - V diagram of the cycle. Take, for air, $\gamma = 1.4$ and $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$.

20

- (b) एक खाद्य भंडारण चैम्बर को एक 12 TR क्षमता के प्रशीतन निकाय, जिसमें वाष्पित्र का संतृप्त ताप -8°C तथा संघनित्र का तापमान 30°C हो, की आवश्यकता है। प्रशीतक R-12 का उपरोधी वाल्व में प्रवेश के पहले 5°C उपशीतन तथा वाष्प को संपीडक में प्रवेश के पहले वाष्पित्र में 6°C अतितापित किया जाता है। यदि द्रव तथा वाष्प की विशिष्ट ऊष्माएँ क्रमशः 1.235 kJ/kg-K तथा 0.733 kJ/kg-K हों, तो (i) प्रति कि० ग्रा० प्रशीतन प्रभाव, (ii) प्रति मिनट प्रसारित प्रशीतक का द्रव्यमान तथा (iii) निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०) ज्ञात कीजिए। R-12 प्रशीतक के आवश्यक गुण निम्नवत् हैं :

संतृप्त ताप ($^\circ\text{C}$)	एन्थैल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K)	
	द्रव	वाष्प	द्रव	वाष्प
-8	28.70	184.06	0.1148	0.7007
30	64.59	199.62	0.2400	0.6853

A food storage chamber requires a refrigeration system of 12 TR capacity with an evaporator saturation temperature of -8°C and condenser temperature of 30°C . The refrigerant R-12 is sub-cooled by 5°C before entering the throttle valve, and the vapour is superheated inside the evaporator by 6°C before entering the compressor. If the liquid and vapour specific heats are 1.235 kJ/kg-K and 0.733 kJ/kg-K respectively, find the (i) refrigerating effect per kg, (ii) mass of refrigerant circulated per minute and (iii) COP. The relevant properties of the refrigerant R-12 are given below :

Saturation temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/kg-K)	
	Liquid	Vapour	Liquid	Vapour
-8	28.70	184.06	0.1148	0.7007
30	64.59	199.62	0.2400	0.6853

20

- (c) 50% प्रतिक्रिया मात्रा वाले एक अक्षीय प्रवाह संपीडक पद के रотор तथा स्टेटर ब्लेडों में निम्नलिखित प्रवाह चर किस प्रकार बदलते हैं (बढ़ते हैं/घटते हैं/स्थिर रहते हैं), इसको एक सारणी के रूप में दर्शाइए :

- (i) स्थैतिक तापमान
- (ii) स्थैतिक दाब
- (iii) स्तब्ध तापमान
- (iv) स्तब्ध दाब
- (v) आपेक्षिक वेग
- (vi) निरपेक्ष वेग

संबंधित T - s आरेख भी खींचिए।

Show, in the form of a table, how the following flow parameters change (increase/decrease/remains constant) in the rotor and stator blades of an axial flow compressor stage with 50% degree of reaction :

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

Also, draw the corresponding T - s diagram.

10

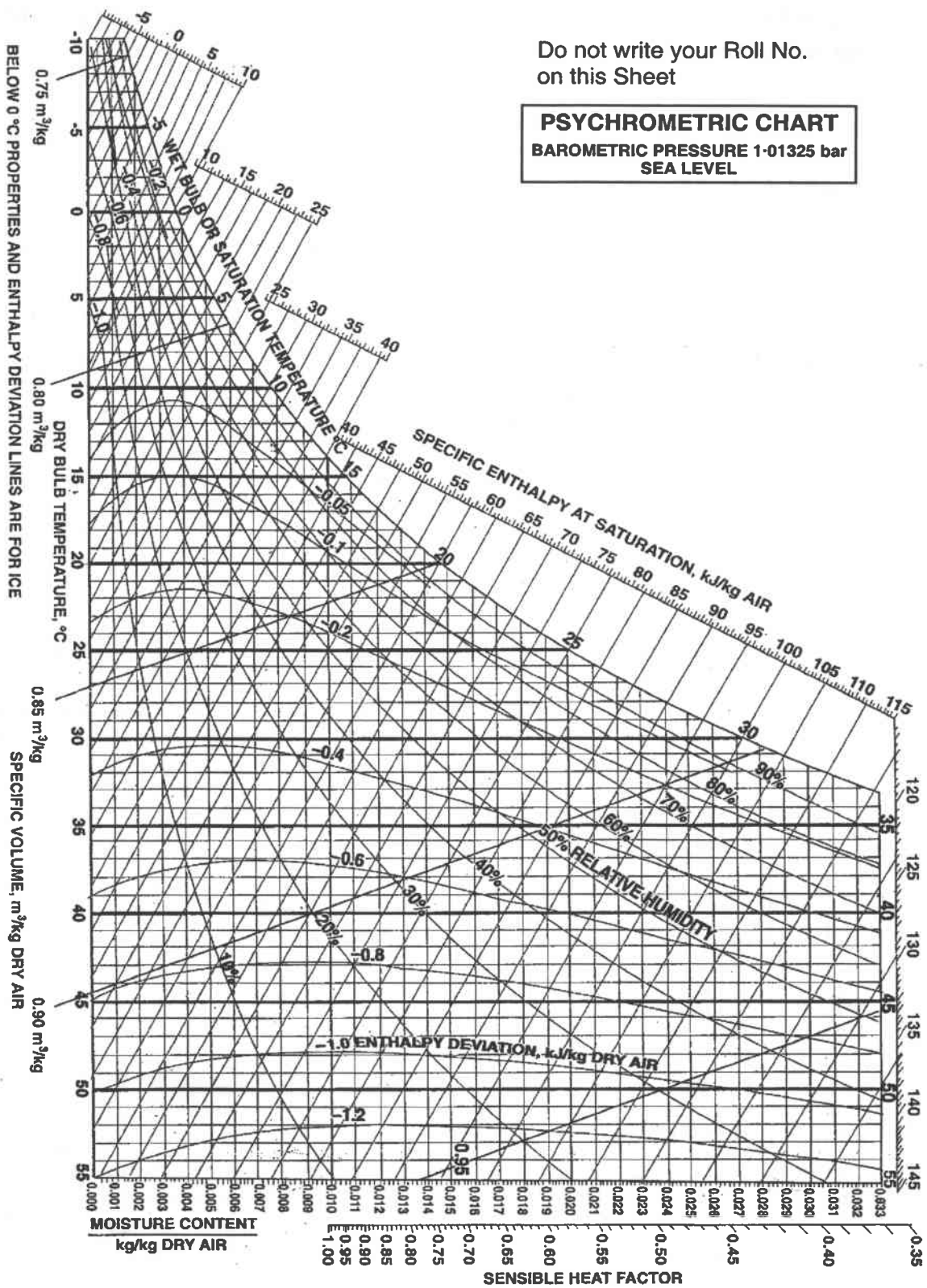
7. (a) पुनःसंचारित कमरे की वायु तथा बाहरी वायु का $39.6 \text{ m}^3/\text{min}$ मिश्रण एक शीतन कुंडली, जो 31°C शुष्क बल्ब तापमान और 18.5°C आर्द्र बल्ब तापमान पर है, में प्रवेश करती है। कुंडली के उपकरण का ओसांक तापमान 4.4°C है। कुंडली के पृष्ठ का क्षेत्रफल इस प्रकार है कि वह वायु की दी गयी प्रवेश अवस्था में 12.5 kW का प्रशीतन देगी। कुंडली से निकलने वाली वायु का शुष्क बल्ब व आर्द्र बल्ब तापमान तथा उपमार्ग गुणक ज्ञात कीजिए। (साइक्रोमीट्री चार्ट पृष्ठ सं० 10 में दिया गया है)

$39.6 \text{ m}^3/\text{min}$ of a mixture of recirculated room air and outdoor air enters a cooling coil at 31°C dry-bulb temperature and 18.5°C wet-bulb temperature. The apparatus dew-point temperature of the coil is 4.4°C . The surface area of the coil is such that it would give 12.5 kW of refrigeration with the given entering air state. Determine the dry-bulb and wet-bulb temperatures of air leaving the coil, and the bypass factor. (Psychrometric Chart is given in Page No. 10)

20

Do not write your Roll No.
on this Sheet

PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 1-01325 bar
SEA LEVEL



Ref. Point for SHF is 25 °C, 50% RH

- (b) एक प्रवाह क्षेत्र के किसी बिन्दु पर अभिलक्षण मैक संख्या (M^*) और वास्तविक मैक संख्या (M) के बीच निम्नलिखित संबंध स्थापित कीजिए :

$$M^{*2} = \frac{(\gamma + 1)M^2}{2 + (\gamma - 1)M^2}$$

एक वाहिनी में एक अभिलम्ब प्रघात है। तरल वायु है, जिसको एक आदर्श गैस माना जा सकता है। प्रघात के प्रतिप्रवाह पर गुण हैं $T_1 = 5^\circ\text{C}$, $p_1 = 65\text{ kPa}$ तथा $V_1 = 668\text{ m/s}$ । प्रघात के अनुप्रवाह पर स्थैतिक तापमान, स्थैतिक दाब तथा स्तब्ध तापमान ज्ञात कीजिए। वायु के लिए $C_p = 1.005\text{ kJ/kg-K}$ तथा $\gamma = 1.4$ लीजिए।

Obtain the following relationship between the characteristic Mach number (M^*) and actual Mach number (M) at a point in a flow field :

$$M^{*2} = \frac{(\gamma + 1)M^2}{2 + (\gamma - 1)M^2}$$

A normal shock stands in a duct. The fluid is air, which can be considered as an ideal gas. Properties at upstream of the shock are $T_1 = 5^\circ\text{C}$, $p_1 = 65\text{ kPa}$ and $V_1 = 668\text{ m/s}$. Determine the static temperature, static pressure and stagnation temperature downstream of the shock. For air, take $C_p = 1.005\text{ kJ/kg-K}$ and $\gamma = 1.4$.

20

- (c) समझाइए कि क्यों अधिकांशतः मध्यम आमाप वाले ऑटोमोबाइल इंजन लगभग वर्गाकार आकृति के होते हैं जिनमें सिलिंडर बोर का व्यास लगभग स्ट्रोक की लम्बाई के बराबर होता है।

Explain why most of the medium-sized automobile engines are close to square shape with the cylinder bore diameter approximately equal to the stroke length.

10

8. (a) एक गैस टरबाइन संयंत्र में 85% समएन्ट्रॉपी दक्षता वाले संपीडक में वायु 1.0 बार तथा 27°C से 6.0 बार दाब तक संपीडित की जाती है। तत्पश्चात् वायु दहन कक्ष से गुजरती है जहाँ ईंधन मिलाया जाता है। गर्म गैसों टरबाइन में 90% समएन्ट्रॉपी दक्षता पर प्रसरित होती हैं। चक्र में अधिकतम तापमान 1300°C है। ईंधन का ऊष्मीय मान 44 MJ/kg है। यदि शुद्ध निर्गम शक्ति 3.0 MW है, तो निम्नलिखित की गणना कीजिए :

(i) चक्र दक्षता, (ii) कार्य अनुपात, (iii) वायु की द्रव्यमान प्रवाह दर, (iv) ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत (kg/kWh)

मानिए कि कार्यकारी तरल के गुण पूरे चक्र के दौरान वायु के गुणों के समान हैं। मानिए $\ln_{\text{वायु}} \approx \ln_{\text{गैस}}$ । अन्य सभी हानियों को नगण्य मानिए। वायु के लिए, $\gamma = 1.4$ तथा $C_p = 1.005\text{ kJ/kg-K}$ लीजिए। चक्र का T - s आरेख भी खींचिए।

In a gas turbine plant, air at 1.0 bar and 27°C is compressed to a pressure of 6.0 bar in a compressor with isentropic efficiency of 85%. The air then passes through the combustion chamber where fuel is added. The hot gases expand in the turbine with an isentropic efficiency of 90%. The maximum temperature in the cycle is 1300°C . The calorific value of the fuel is 44 MJ/kg . If the net power output is 3.0 MW , calculate the following :

(i) Cycle efficiency, (ii) Work ratio, (iii) Mass flow rate of air, (iv) Brake-specific fuel consumption (kg/kWh)

Consider the working fluid to have the properties of air throughout the cycle. Assume $in_{air} \approx in_{gases}$. Neglect all other losses. For air, $\gamma = 1.4$ and $C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}$. Also, draw the T - s diagram of the cycle. 20

- (b) एक छह-सिलिन्डर चार-स्ट्रोक एस० आइ० इंजन, जो 4500 r.p.m. पर चल रहा है, से 190 kW शक्ति विकसित करने की अपेक्षा है। ब्रेक ऊष्मीय दक्षता 32% है। वायु/ईंधन अनुपात 12.5 : 1 तथा इस चाल पर आयतनिक दक्षता 68% है। यदि स्ट्रोक/बोर अनुपात 0.8 है, तो आवश्यक इंजन विस्थापन तथा बोर व स्ट्रोक की विमाओं का निर्धारण कीजिए। ईंधन का ऊष्मीय मान 44200 kJ/kg तथा मुक्त वायु अवस्थाएँ 1.013 बार तथा 15 °C हैं। यदि यांत्रिक दक्षता 80% है, तो ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत तथा सूचित ऊष्मीय दक्षता की गणना कीजिए। $R_{वायु} = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$.

A six-cylinder four-stroke SI engine is required to develop 190 kW of power running at 4500 r.p.m. The brake thermal efficiency is 32%. The air/fuel ratio is 12.5 : 1 and the volumetric efficiency at this speed is 68%. If the stroke/bore ratio is 0.8, determine the engine displacement required and the dimensions of bore and stroke. The calorific value of the fuel is 44200 kJ/kg and the free air conditions are 1.013 bar and 15 °C. If the mechanical efficiency is 80%, calculate the brake-specific fuel consumption and the indicated thermal efficiency. $R_{air} = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$. 20

- (c) एक आदर्श प्रशीतक के पर्यावरणीय और सुरक्षा गुण क्या हैं?

What are the environmental and safety properties of an ideal refrigerant? 10

★ ★ ★