

2021

## MECHANICAL ENGINEERING

## मैकेनिकल इंजीनियरिंग

Time : 3 hours ]

[ Maximum Marks : 200

समय : 3 घंटे ]

[ अधिकतम अंक : 200

**Instructions ( निर्देश ) :**(i) This paper is divided into *two* Sections, Section—A and Section—B.

ये प्रश्नपत्र दो खंडों में विभाजित है, खंड—A और खंड—B ।

(ii) Each Section contains **eight** questions.

प्रत्येक खंड में आठ प्रश्न हैं।

(iii) A candidate has to attempt **twelve** questions.

एक परीक्षार्थी को बारह प्रश्नों का उत्तर लिखना है।

(iv) Question Nos. **1** and **9** are compulsory and out of the remaining, *any ten* are to be attempted choosing **five** from each Section.प्रश्न संख्या **1** और **9** अनिवार्य हैं और शेष प्रश्नों में से किन्हीं दस का उत्तर लिखना है, प्रत्येक खंड से पाँच-पाँच प्रश्नों को हल करना है।(v) Question Nos. **1** and **9** consist of *five* parts each. Each part will be of **6** marks. Word limit will be **150** (in relevant subjects only).• प्रश्न संख्या **1** और **9** के पाँच-पाँच भाग हैं। प्रत्येक भाग के लिए **6** अंक निर्धारित हैं। शब्द संख्या **150** तक सीमित है (मात्र सम्बद्ध विषयों में)।(vi) Remaining questions will be of **14** marks each.शेष प्रश्न **14** अंकों के प्रति प्रश्न होंगे।

## SECTION—A

## खंड—A

1. Answer the following questions :

6×5=30

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए :

(a) The pilot of an aeroplane flying horizontally at a height of 2000 m with a constant speed of 540 km/hour wishes to hit a target on the ground. At what distance from the target should he release the bomb in order to hit the target? At what angle would the target appear to him from that distance?

540 km/hour की गति से 2000 m ऊँचाई पर क्षैतिज रूप से उड़ने वाले एक एयरोप्लेन का पायलट भूमि पर स्थित एक लक्ष्य पर प्रहार करना चाहता है। लक्ष्य पर प्रहार करने हेतु उसे बम को लक्ष्य से कितनी दूरी पर मुक्त करना चाहिये? उस दूरी से उसे लक्ष्य कितने कोण पर दिखाई देगा?

(b) Derive an expression for shear strain energy relation with principle stress.

मुख्य प्रतिबल (principle stress) के साथ अपरूपण विकृति ऊर्जा (shear strain energy) के संबंध के लिए अभिव्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(c) During an electric discharge drilling of a 10 mm square hole in a low carbon steel plate of 5 mm thickness, brass tool and kerosene are used.

The resistance and the capacitance in the relaxation circuit are  $50 \Omega$  and  $10 \mu\text{F}$  respectively. The supply voltage is 200 volts and the gap is maintained at such a value that the discharge (sparking) takes place at 150 volts. Estimate the time required to complete the drilling operation.

5 mm मोटाई वाली लो कार्बन स्टील प्लेट में 10 mm वर्ग छिद्र (square hole) इलेक्ट्रिक डिस्चार्ज ड्रिलिंग के दौरान, ब्रास टूल एवं केरोसिन उपयोग किये जाते हैं। रिलैक्सेसन सर्किट में प्रतिरोध (resistance) एवं धारिता (capacitance) क्रमशः  $50 \Omega$  और  $10 \mu\text{F}$  हैं। सप्लाय वोल्टेज 200 वोल्ट है तथा गैप को इस तरह की वैल्यू पर रखा जाता है जिससे कि डिस्चार्ज (स्पार्किंग) 150 वोल्ट पर होता है। ड्रिलिंग ऑपरेशन पूर्ण होने के लिए आवश्यक समय का आकलन कीजिए।

(d) What is the crystal structure of Barium? If the atomic volume is equal to  $39.24 \text{ cm}^3/\text{mole}$ , then determine its linear density of atoms along the plane  $\langle 110 \rangle$  direction.

बेरियम की क्रिस्टल संरचना क्या है? यदि परमाणु आयतन  $39.24 \text{ cm}^3/\text{mole}$  के बराबर हो तब समतल  $\langle 110 \rangle$  दिशा में इसके परमाणुओं की रैखिक सघनता का निर्धारण कीजिए।

(e) Using a horizontal axis surface grinder a flat surface of C65 steel of size  $100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  is to be ground. The grinding wheel used is  $250 \text{ mm}$  in diameter with a thickness of  $20 \text{ mm}$ . Calculate the grinding time required. Assume a table speed of  $10 \text{ m/min}$  and wheel speed of  $20 \text{ m/s}$ .

हॉरिजोन्टल एक्सिस सरफेस ग्राइंडर का प्रयोग करके  $100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  साइज के C65 स्टील के फ्लैट सरफेस को ग्राइंड किया जाना है। प्रयुक्त ग्राइंडिंग व्हील  $250 \text{ mm}$  व्यास सहित  $20 \text{ mm}$  मोटाई का है। आवश्यक ग्राइंडिंग टाइम की गणना कीजिए। मान लीजिए टेबल स्पीड  $10 \text{ m/min}$  और व्हील स्पीड  $20 \text{ m/s}$  है।

2. (a) A belt  $100 \text{ mm}$  wide and  $8.0 \text{ mm}$  thick is transmitting power at a belt speed of  $1600 \text{ m/min}$ . The angle of lap for the smaller pulley is  $165^\circ$  and the coefficient of friction is  $0.3$ . The maximum permissible stress in the belt is  $2 \text{ MN/m}^2$  and the mass of the belt is  $0.9 \text{ kg}$ . Find the power transmitted and the initial tension in the belt. Find the maximum power that can be transmitted and the corresponding belt speed.

$100 \text{ mm}$  चौड़ा एवं  $8.0 \text{ mm}$  मोटा बेल्ट  $1600 \text{ m/min}$  की बेल्ट स्पीड पर पावर का प्रेषण कर रहा है। छोटी पूली के लिये लैप का कोण  $165^\circ$  है और घर्षण गुणांक (coefficient of friction)  $0.3$  है। बेल्ट में अधिकतम अनुज्ञेय प्रतिबल  $2 \text{ MN/m}^2$  है तथा बेल्ट का द्रव्यमान (mass)  $0.9 \text{ kg}$  है। प्रेषण किया गया पावर तथा बेल्ट में प्रारम्भिक तनन ज्ञात कीजिए। अधिकतम पावर जो कि प्रेषण किया जा सके तथा संबंधित बेल्ट स्पीड ज्ञात कीजिए।

(b) What must be the length of a  $5 \text{ mm}$  diameter aluminium wire so that it can be twisted through 1 complete revolution without exceeding a shear of  $42 \text{ N/mm}^2$ . Take  $G = 27 \text{ N/mm}^2$ .

$5 \text{ mm}$  व्यास वाले एलुमिनियम वायर की लंबाई कितनी होनी चाहिए जिससे कि इसे 1 संपूर्ण घूर्णन (revolution),  $42 \text{ N/mm}^2$  के अपरूपण (shear) से अधिक न हो, के अंतर्गत ऐठा (twisted) किया जा सके। मान लीजिए  $G = 27 \text{ N/mm}^2$ .

3. (a) A point is subjected to a tensile stress of  $250 \text{ MPa}$  in the horizontal direction and another tensile stress of  $100 \text{ MPa}$  in the vertical direction. The point is also subjected to a simple shear stress of  $25 \text{ MPa}$ , such that when it is associated with the major tensile stress, it tends to rotate the element in the clockwise direction. What is the magnitude of the normal and shear stresses on a section inclined at an angle of  $20^\circ$  with the major tensile stress?

एक बिन्दु क्षैतिज दिशा में  $250 \text{ MPa}$  के तनन प्रतिबल (tensile stress) के अधीन है तथा दूसरा ऊर्ध्वाधर दिशा में  $100 \text{ MPa}$  के तनन प्रतिबल के अधीन है। बिन्दु  $25 \text{ MPa}$  के साधारण अपरूपण प्रतिबल (simple shear stress) के अधीन भी है, इस प्रकार कि जब इसे प्रमुख तनन प्रतिबल (major tensile stress) के साथ संबद्ध किया जाता है, यह तत्व को दक्षिणावर्त दिशा में घूर्णन करने को प्रवृत्त करता है। प्रमुख तनन प्रतिबल के साथ  $20^\circ$  के कोण पर आनत हुए खण्ड पर सामान्य (normal) प्रतिबल और अपरूपण प्रतिबल (shear stress) का परिमाण (magnitude) कितना है?

(b) A steel cantilever beam of 6 m long carries 2 points loads 15 kN at the free end and 25 kN at the distance of 2.5 m from the free end. Determine the slope at free end and also deflection at free end.  $I = 1.3 \times 10^8 \text{ mm}^4$  and  $E = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ .

5

6 m लंबा एक स्टील कैंटीलीवर बीम दो बिन्दुओं भारवहन करता है, मुक्त सिरे पर 15 kN तथा मुक्त सिरे से 2.5 m दूरी पर 25 kN। मुक्त सिरे पर ढाल एवं साथ ही मुक्त सिरे पर विक्षेप (deflection) निर्धारित कीजिये  $I = 1.3 \times 10^8 \text{ mm}^4$  तथा  $E = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ।

4. (a) A hollow shaft of diameter ratio 3/8 is required to transmit 600 kW at 110 r.p.m. the maximum torque being 20% greater than the mean. The shear stress is not to exceed  $63 \text{ MN/m}^2$  and the twist in a length of 3 m not to exceed 1.4 degrees. Determine the diameter of the shaft. Assume modulus of rigidity for the shaft material as  $84 \text{ GN/m}^2$ .

9

110 r.p.m. पर 600 kW प्रेषण करने के लिए 3/8 व्यास अनुपात वाले एक खोखले शाफ्ट की जरूरत होती है, अधिकतम टॉर्क जो कि माध्य (mean) से 20% बढ़ा हो। अपरूपण प्रतिबल (shear stress)  $63 \text{ MN/m}^2$  से अधिक न हो तथा 3 m की लंबाई में ऐंठन (twist) 1.4 डिग्री से अधिक न हो। शाफ्ट के व्यास का निर्धारण कीजिये। शाफ्ट मैटेरियल के लिए दृढ़ता मापांक (modulus of rigidity)  $84 \text{ GN/m}^2$  के रूप में मानिए।

(b) State the differences between closed and open coil helical springs.

5

क्लोज्ड तथा ऑपेन कॉयल हेलिकल स्प्रिंग्स के मध्य अंतरों का वर्णन कीजिए।

5. (a) In an experiment, a steel specimen of 13 mm diameter was found to elongate 0.2 mm in a 200 mm gauge length when it was subjected to a tensile force of 26.8 kN. If the specimen was tested within the elastic range, what is the value of Young's modulus for the steel specimen?

8

एक प्रयोग में 13 mm के एक स्टील नमूने को जब इसे 26.8 kN के तनन बल के अधीन किया गया था, 200 mm गेज लंबाई में 0.2 mm प्रसरित पाया गया। यदि नमूने का परीक्षण प्रत्यास्थता परास (elastic range) के अन्तर्गत किया गया हो, स्टील नमूने के लिये यंग के गुणांक (Young's modulus) का क्या मान है?

(b) Draw the line diagram and explain product cycle in manufacturing.

6

लाईन डायग्राम खींचिए और निर्माण में उत्पाद चक्र के बारे में वर्णन कीजिए।

6. (a) The turning moment exerted on the crankshaft of the engine is given by :

7

$$T = 10000 + 2000 \sin 2\theta - 1800 \cos 2\theta$$

where  $\theta$  is the crank angle measured from TDC.

Assuming the load torque to be constant, determine —

- (i) the power of the engine when turning at 250 r.p.m.
- (ii) the moment of inertia of the flywheel if the speed variation from the mean speed is not to exceed 0.2%;
- (iii) the angular acceleration of the flywheel for  $\theta = 45^\circ$ .

इंजन की क्रैंकशाफ्ट पर लगाया गया टर्निंग मोमेन्ट निम्न के द्वारा दर्शाया गया है :

$$T = 10000 + 2000 \sin 2\theta - 1800 \cos 2\theta$$

जहाँ  $\theta$  है TDC से मापा गया क्रैंक कोण।

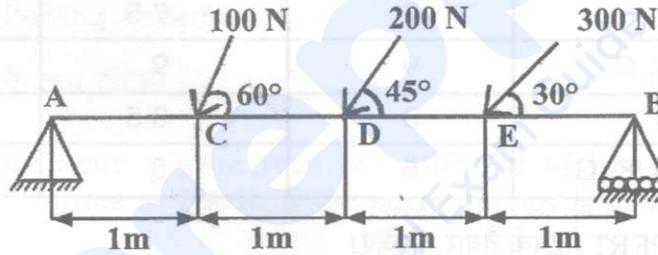
लोड टॉर्क को स्थिर मानते हुए, निर्धारित कीजिए —

- (i) इंजन की शक्ति जब टर्निंग 250 r.p.m. पर हो;
- (ii) फ्लाईव्हील का जड़त्व आघूर्ण यदि माध्य चाल से चाल परिवर्तन 0.2% : से अधिक न बढ़े;
- (iii) फ्लाईव्हील का कोणीय त्वरण  $\theta = 45^\circ$  के लिए।

(b) Draw the SFD and BMD from the following figure :

7

निम्न आकृति से SFD तथा BMD खींचिए :



7. (a) A small project consisting of eight activities has the following characteristics :

9

| Time-Estimate (in weeks) |                    |                          |                      |                           |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| Activity                 | Preceding activity | Most optimistic time (a) | Most likely time (m) | Most pessimistic time (b) |
| A                        | None               | 2                        | 4                    | 12                        |
| B                        | None               | 10                       | 12                   | 26                        |
| C                        | A                  | 8                        | 9                    | 10                        |
| D                        | A                  | 10                       | 15                   | 20                        |
| E                        | A                  | 7                        | 7.5                  | 11                        |
| F                        | B, C               | 9                        | 9                    | 9                         |
| G                        | D                  | 3                        | 3.5                  | 7                         |
| H                        | E, F, G            | 5                        | 5                    | 5                         |

- (i) Draw the PERT network for the project.
- (ii) Prepare the activity schedule for the project.
- (iii) Determine the critical path.
- (iv) If a 30-week deadline is imposed, what is the probability that the project will be finished within the time limit?

आठ क्रियाकलापों वाले एक लघु प्रोजेक्ट के निम्न अभिलक्षण हैं :

| समय-आकलन (सप्ताह में) |                      |                          |                          |                             |
|-----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| कार्यकलाप             | पूर्ववर्ती कार्यकलाप | सर्वाधिक आशावादी समय (a) | सर्वाधिक संभाव्य समय (m) | सर्वाधिक निराशावादी समय (b) |
| A                     | कोई नहीं             | 2                        | 4                        | 12                          |
| B                     | कोई नहीं             | 10                       | 12                       | 26                          |
| C                     | A                    | 8                        | 9                        | 10                          |
| D                     | A                    | 10                       | 15                       | 20                          |
| E                     | A                    | 7                        | 7.5                      | 11                          |
| F                     | B, C                 | 9                        | 9                        | 9                           |
| G                     | D                    | 3                        | 3.5                      | 7                           |
| H                     | E, F, G              | 5                        | 5                        | 5                           |

- (i) प्रोजेक्ट के लिए PERT नेटवर्क तैयार कीजिए।
- (ii) प्रोजेक्ट के लिए कार्यकलाप योजना (activity schedule) बनाइये।
- (iii) क्रांतिक (critical path) का निर्धारण कीजिए।
- (iv) यदि 30 सप्ताह की डेडलाइन लागू की गई हो, प्रोजेक्ट समय मर्यादा में पूर्ण होगा। इसकी प्रायिकता क्या है?

(b) Copper (FCC) has atomic weight 63.5 g/mol and atomic radius 0.128 nm (1.28 Å). Find its density in gram/cc.

5

कॉपर (FCC) में 63.5 g/mol परमाणु भार तथा 0.128 nm (1.28 Å) परमाणु त्रिज्या होता है। इसका घनत्व में gram/cc में ज्ञात करें।

8. (a) A bronze spur pinion rotating at 600 r.p.m. drives a cast iron spur gear at a transmission ratio of 4 : 1. The allowable static stresses for the bronze pinion and cast iron gear are 84 MPa and 105 MPa respectively. The pinion has 16 standard 20° full depth involute teeth of module 8 mm. The face width of both the gears is 90 mm. Find the power that can be transmitted from the standpoint of strength.

8

600 r.p.m. पर आघूर्णन कर रहा एक ब्रॉन्ज स्प्रू पिनियन 4 : 1 के ट्रांसमिशन रेशियो पर एक कास्ट आयरन स्प्रू गियर को चलाता है। ब्रॉन्ज पिनियन और कास्ट आयरन के लिए अनुज्ञेय स्थैतिक प्रतिबल (allowable static stresses) क्रमशः 84 MPa तथा 105 MPa हैं। पिनियन में 8 mm माड्यूल के 16 स्टैंडर्ड 20° फुल डेपथ इनवॉल्यूट टीथ हैं। दोनों गियरों की फलक चौड़ाई (face width) 90 mm है। वह शक्ति (power) ज्ञात कीजिए जो कि सामर्थ्य के दृष्टिकोण से संचरित की जा सके।

- (b) Explain the working principle of electro-magnetic forming. Also explain its advantage, disadvantage and application.

6

विद्युत-चुंबकीय संरूपण (electro-magnetic forming) के कार्यकारी सिद्धांत का वर्णन कीजिए। इसके लाभ, गैरलाभ तथा अनुप्रयोग का भी वर्णन कीजिए।

## SECTION—B

### खंड—B

9. Answer the following questions :

6×5=30

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए :

- (a) A reversible heat engine receives 3000 kJ of heat from a constant temperature source at 650 K. If the surroundings is at 295 K, determine —

- (i) the availability of heat energy;  
(ii) unavailable heat.

एक रिवर्सिबल हीट इंजन 650 K पर एक स्थिर ताप स्रोत से 3000 kJ ऊष्मा प्राप्त करता है। यदि परिवेश (surroundings) 295 K पर हो, ज्ञात करें —

- (i) ऊष्मा ऊर्जा की सुलभता;  
(ii) गैरसूलभ ऊष्मा

- (b) Air at 20 °C, 40% relative humidity is mixed adiabatically with air at 40 °C, 40% RH in the ratio of 1 kg of former with 2 kg of latter (on dry basis). Find the final condition (humidity and enthalpy) of air.

20 °C पर वायु, 40 °C पर वायु के साथ 40% आपेक्षिक आर्द्रता (relative humidity) रुद्धोष्म रूप से गायब हो जाती है, पहले का 1 kg के संग बाद का 2 kg के अनुपात में 40% RH (शुष्क आधार पर)। वायु की अंतिम अवस्था (आर्द्रता तथा एन्थैल्पी) ज्ञात कीजिए।

- (c) Aluminum fins 1.5 cm wide and 10 mm thick are placed on at 2.5 cm diameter tube to dissipate the heat. The tube surface temperature is 170 °C. Ambient temperature is 20 °C. Calculate the heat loss per fin. Take  $h = 130 \text{ W/m}^2\text{°C}$  and  $k = 200 \text{ W/m °C}$  for aluminum.

1.5 cm चौड़ी और 10 mm मोटी एल्युमिनम फिन्सों को ऊष्मा के क्षय के लिए 2.5 cm व्यास की ट्यूब पर रखा गया है। ट्यूब का पृष्ठीय ताप 170 °C है। परिवेश ताप (ambient temperature) 20 °C है। प्रति फिन ऊष्मा हानि (heat loss) की गणना कीजिए।  $h = 130 \text{ W/m}^2\text{°C}$  और  $k = 200 \text{ W/m °C}$  एल्युमिन के लिए लीजिए।

- (d) Engine oil flows through a 50 mm diameter tube at an average temperature of 147 °C. The flow velocity is 80 cm/s. Calculate the average heat transfer coefficient if the tube wall is maintained at a temperature of 200 °C and it is 2 m long.

147 °C के औसत ताप पर 50 mm व्यास की ट्यूब में से होकर इंजन ऑयल बहता है। प्रवाह-वेग (flow velocity) 80 cm/s है। औसत ऊष्मा अंतरण गुणांक की गणना कीजिए यदि ट्यूब वॉल को 200 °C ताप पर बनाए रखा जाता है और वह 2 m लंबी है।

- (e) A domestic food freezer maintains a temperature of -15 °C. The ambient air is at 30 °C. If the heat leaks into the freezer at a continuous rate of 1.75 kJ/s, what is the least power necessary to pump the heat out continuously?

एक घरेलू फूड फ्रीजर -15 °C का तापमान बनाए रखता है। परिवेशी वायु 30°C पर है। यदि ऊष्मा 1.75 kJ/s की सतत दर से फ्रीजर में लीक होती है, ऊष्मा को निरंतर बाहर निकालने के लिए कितनी न्यूनतम शक्ति (least power) आवश्यक है?

10. (a) A turbine operating under steady flow conditions receives steam at the following state — Pressure 13.8 bar; Specific volume 0.143; Internal energy 2590 kJ/kg; Velocity 30 m/s. The state of the steam leaving the turbine is Pressure 0.35 bar; Specific Volume 4.37; Internal energy 2360 kJ/kg; Velocity 90 m/s. Heat is lost to the surroundings at the rate of 0.25 kJ/s. If the rate of steam flow is 0.38 kg/s, then what is the power developed by the turbine? 10

अपरिवर्ती प्रवाह अवस्था में कार्यरत एक टर्बाइन निम्न स्थिति पर भाप प्राप्त करता है — दाब 13.8 बार; विशिष्ट आयतन 0.143; आंतरिक ऊर्जा 2590 kJ/kg; वेग 30 m/s। टर्बाइन में से निकलने वाली भाप की दशा है दाब 0.35 बार; विशिष्ट आयतन 4.37; आंतरिक ऊर्जा 2360 kJ/kg; वेग 90 m/s। ऊष्मा 0.25 kJ/s की दर से परिवेश में नष्ट होती है। यदि भाप प्रवाह (steam flow) की दर 0.38 kg/s हो, तो टर्बाइन द्वारा विकसित शक्ति (power) कितनी है?

- (b) A convergent divergent nozzle receives steam at 7 bar and 200 °C and it expands isentropically into a space of 3 bar neglecting the inlet velocity. Calculate the exit area required for a mass flow of 0.1 kg/sec, when the flow is in equilibrium through all and super saturated with  $PV^{1.3} = C$ . 4

एक अभिसारी अपसारी (convergent divergent) नोजल 7 बार और 200 °C पर भाप की प्राप्ति करती है और यह इनलेट वेलोसिटी की उपेक्षा करते हुए 3 बार के स्पेस के अन्दर समएन्ट्रॉपिक रूप से विस्तृत होती है। 0.1 kg/sec के द्रव्यमान प्रवाह (mass flow) के लिए आवश्यक निर्गम क्षेत्र (exit area) की गणना कीजिए जब प्रवाह सभी जगह साम्यावस्था में हो तथा  $PV^{1.3} = C$  के साथ अतिसंतृप्त (super saturated) हो।

11. (a) A steam power plant operates with a boiler output of 20 kg/s steam at 2 MPa, 600 °C. The condenser operates at 50 °C dumping energy to a river that has an average temperature of 20 °C. There is one open feed water heater with extraction from the turbine at 600 kPa and its exit is saturated liquid. Find the mass flow rate of the extraction flow. If the river water should not be heated more than 5 °C, how much water should be pumped from the river to the heat exchanger (condenser)? 9

एक स्टीम पावर प्लांट 2 MPa, 600 °C पर 20 kg/s स्टीम के बॉयलर आउटपुट के साथ ऑपरेट करता है। नदी जिसका औसत ताप 20 °C है कि ओर कंडेन्सर 50 °C डम्पिंग एनर्जी पर ऑपरेट करता है। 600 kPa पर टर्बाइन से निष्कर्षण (extraction) के साथ एक ओपन फीड वाटर हीटर है तथा इसका निकास संतृप्त द्रव (saturated liquid) है। निष्कर्षण प्रवाह का द्रव्यमान प्रवाह दर (mass flow rate) ज्ञात कीजिए। यदि नदी जल को 5 °C से अधिक गर्म न किया जाये, नदी से हीट एक्सचेंजर (कंडेन्सर) में कितना जल पंप किया जाना चाहिए?

- (b) A convergent divergent adiabatic steam nozzle is supplied with steam at 10 bar and 250 °C. The discharge pressure is 1.2 bar. Assuming that the nozzle efficiency is 100% and initial velocity of steam is 50 m/s, find the discharge velocity. 5

एक अभिसारी अपसारी रुद्धोष्म (convergent divergent adiabatic) स्टीम नोजल को 10 bar और 250 °C पर भाप (steam) की आपूर्ति की जाती है। विसर्जन दाब (discharge pressure) 1.2 bar है। यह मानते हुए की नोजल दक्षता 100% है एवं भाप (steam) का प्रारंभिक वेग 50 m/s है, विसर्जन वेग (discharge velocity) ज्ञात कीजिए।

12. (a) A car weighs 13 kN and has a wheelbase of 2.5 meters. The centre of gravity of the car is 1.2 m in front of the rear axel and 800 mm above the ground level. The car is having brakes on all four wheels. The coefficient of adhesion between the road and the wheels is 0.5. If the car is moving up an incline of angle whose sine is equal to 0.1, calculate — 9

- (i) load distribution between front and rear axles;  
(ii) distance at which it can be stopped while going at a speed of 50 km/hour when only rear wheel brakes are used.

एक कार का वजन 13 kN है और इसका व्हीलबेज 2.5 मीटर है। कार का गुरुत्व-केन्द्र पिछले (rear) एक्सल के सम्मुख 1.2 m है तथा भूमितल से 800 mm है। कार में चारों पहियों (wheels) पर ब्रेक लगे हैं। रोड तथा पहियों के बीच का आसंजन गुणांक (coefficient of adhesion) 0.5 है। यदि कार उपर की ओर आनत कोण जिसकी ज्या (sine) 0.1 के बराबर है, जा रही है। परिकलन कीजिए —

- (i) अगले (front) और पिछले (rear) एक्सलों के मध्य भार वितरण (load distribution);
- (ii) 50 km/hour की स्पीड पर दौड़ते समय जब सिर्फ पिछले (rear) व्हील ब्रेक प्रयोग किए जाते हैं, वह दूरी जिस पर की इसे रोका जा सके।

(b) A 15 cm outer diameter steam pipe is covered with 5 cm high temperature insulation ( $k = 0.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ) and 4 cm of low temperature ( $k = 0.72 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ). The steam is at  $500^\circ\text{C}$  and ambient air is at  $40^\circ\text{C}$ . Neglecting thermal resistance of steam and air sides and metal wall, calculate the heat loss from 100 m length of the pipe. Also find temperature drop across the insulation.

एक 15 cm बाहरी व्यास वाला स्टीम पाइप 5 cm उच्च ताप इंसुलेशन ( $k = 0.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ) और 4 cm न्यून ताप ( $k = 0.72 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ) से आच्छादित है। भाप (steam)  $500^\circ\text{C}$  पर है और परिवेशी वायु  $40^\circ\text{C}$  पर है। स्टीम का तापीय प्रतिरोध एवं वायु बाजू तथा धातु दीवार की उपेक्षा करते हुए 100 m लंबाई वाली पाइप से होनेवाली ऊष्मा हानि की गणना कीजिए। इंसुलेशन के आरपार ताप पात (temperature drop) भी ज्ञात कीजिए।

13. (a) A motor body is 360 mm in diameter (outside) and 240 mm long. Its surface temperature should not exceed  $55^\circ\text{C}$  when dissipating 340 W. Longitudinal fins of 15 mm thickness and 40 mm height are proposed. The convection coefficient is  $40 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$ . Determine the number of fins required. Atmospheric temperature is  $30^\circ\text{C}$ . Thermal conductivity =  $40 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

एक मोटर बॉडी की व्यास (बाहरी) 360 mm तथा लंबाई 240 mm है। इसका पृष्ठ ताप  $55^\circ\text{C}$  से अधिक नहीं होना चाहिए जब विसरण 340 W हो। 15 mm मोटाई और 40 mm ऊँचाई की लॉन्गिट्यूडिनल फिन्स प्रस्तावित हैं। संवहन गुणांक (convection coefficient)  $40 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$  है। जरूरी फिन्स की संख्या का निर्धारण कीजिए। वायुमंडलीय ताप  $30^\circ\text{C}$  है। ऊष्मा चालकता =  $40 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ।

(b) The temperature at the inner and outer surfaces of a boiler wall made up of 20 mm thick steel and covered with an insulating material of 5 mm thickness are  $300^\circ\text{C}$  and  $50^\circ\text{C}$  respectively. If the thermal conductivities of steel and insulating material are  $58 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  and  $0.116 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  respectively, determine the rate of flow through the boiler wall.

20 mm मोटे स्टील तथा 5 mm मोटाई के आच्छादित इन्सुलेटिंग मैटिरियल की बनी हुई बॉयलर की दीवार के भीतरी और बाहरी पृष्ठों पर ताप क्रमशः  $300^\circ\text{C}$  और  $50^\circ\text{C}$  हैं। यदि स्टील और इन्सुलेटिंग मैटिरियल की ऊष्मा चालकताएँ क्रमशः  $58 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  और  $0.116 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  हैं, बायलर दीवार के तहत प्रवाह का दर ज्ञात कीजिए।

14. (a) A two-stage, single-acting air compressor compresses air to 20 bar. The air enters the LP cylinder at 1 bar and 27 °C and leaves it at 4.7 bar. The air enters the HP cylinder at 4.5 bar and 27 °C. The size of the LP cylinder is 400 mm diameter and 500 mm stroke. The clearance volume in both cylinder is 4% of the respective stroke volume. The compressor runs at 200 r.p.m., taking index of compression and expansion in the two cylinders as 1.3, estimate —

9

- (i) the indicated power required to run the compressor;  
(ii) the heat rejected in the intercooler per minute.

दो चरणवाला, एकलकार्यरत एयर कंप्रेसर वायु को 20 bar तक संपीडन (compressor) करता है। LP सिलिन्डर में 1 bar और 27 °C पर वायु प्रवेश करती है तथा 4.7 bar पर छोड़ देती है। HP सिलिन्डर में 4.5 bar और 27 °C पर वायु प्रवेश करती है। LP सिलिन्डर की साईज 400 mm व्यास और 500 mm स्ट्रोक है। दोनों सिलिन्डरों में अवकाश आयतन (clearance volume) संबंधित स्ट्रोक वॉल्यूम का 4% है। कंप्रेसर 200 r.p.m. पर चलता है। दोनों सिलिन्डरों में संपीडन (compressor) सूचकांक और प्रसार 1.3 लेते हुए आकलन कीजिए —

- (i) कंप्रेसर को चलाने के लिए जरूरी सूचित पावर;  
(ii) प्रति मिनट इंटरकूलर में निराकृत ऊष्मा (rejected heat).

- (b) Air in a closed vessel of fixed volume 0.15 m<sup>3</sup> exerts pressure of 12 bar at 250 °C. If the vessel is cooled so that the pressure falls to 3.5 bar, determine the final pressure, heat transfer and change of entropy.

5

0.15 m<sup>3</sup> नियत आयतन (fixed volume) के संवृत पात्र (closed vessel) में वायु 250 °C पर 12 bar दाब का निष्पादन करती है। यदि पात्र को ठंडा किया जाता है जिससे कि दाब 3.5 bar तक गिरता है; अंतिम दाब, ऊष्मा अंतरण और एन्ट्रॉपी परिवर्तन ज्ञात कीजिए।

15. (a) A counterflow double pipe heat exchanger using super heated steam is used to heat water at the rate of 10500 kg/hr. The steam enters the heat exchanger at 180 °C and leaves at 130 °C. The inlet and exit temperature of water are 30 °C and 80 °C respectively. If the overall heat transfer coefficient from steam to water is 814 W/m<sup>2</sup>K, calculate the heat transfer area. What would be the increase in area if the fluid flow were parallel?

9

अतिसप्त भाप (super heated steam) का प्रयोग करने वाले एक काउन्टर फ्लो डबल पाईप हीट एक्सचेंजर का उपयोग 10500 kg/hr की दर से पानी गर्म करने के लिए किया जाता है। हीट एक्सचेंजर में भाप (steam) 180 °C पर प्रवेश करती है तथा 130 °C पर छोड़ देती है। पानी का अंतर्गम (inlet) तथा निर्गम (exit) ताप क्रमशः 30 °C और 80 °C है। यदि भाप (steam) से पानी का समग्र ऊष्मा अंतरण 814 W/m<sup>2</sup>K है, ऊष्मा अंतरण क्षेत्र की गणना कीजिए। क्षेत्रफल में कितनी वृद्धि होगी यदि तरल प्रवाह (fluid flow) समानांतर रहा हो?

(b) Energy is received by a  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  solar collector whose normal is inclined at  $45^\circ$  to the sun. The energy loss through the atmosphere is 50% and the diffuse radiation is 20% of direct radiation. Determine (i) the energy emitted by the sun and (ii) emission received per  $\text{m}^2$  just outside the earth's atmosphere.

5

एक  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  सोलर कलेक्टर द्वारा प्राप्त ऊर्जा जिसका नार्मल सूर्य की ओर  $45^\circ$  पर आनत है। वायुमंडल के अंतर्गत ऊर्जा हानि 50% है और विसरित विकिरण (diffuse radiation) प्रत्यक्ष विकिरण का 20% है। निर्धारण करें कि (i) सूर्य द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा तथा (ii) पृथ्वी के ठीक वायुमंडल के बाहर प्रति वर्गमीटर प्राप्ति उत्सर्जन।

16. (a) A vessel of volume  $0.04\text{ m}^3$  contains a mixture of saturated water and steam at a temperature of  $250^\circ\text{C}$ . The mass of the liquid present is 9 kg. Find the pressure, mass, specific volume, enthalpy, entropy and internal energy.

8

$0.04\text{ m}^3$  वाले एक पात्र (vessel) में  $250^\circ\text{C}$  तापमान पर संतृप्त जल और भाप (steam) का मिश्रण है। तरल का द्रव्यमान 9 kg मौजूद है। दाब, द्रव्यमान, विशिष्ट आयतन, एन्थैल्पी, एन्ट्रॉपी और आंतरिक ऊर्जा ज्ञात कीजिए।

(b) 10 kg of water at  $45^\circ\text{C}$  is heated at a constant pressure of 10 bar until it becomes superheated vapour at  $300^\circ\text{C}$ . Find the change in volume, enthalpy, internal energy and entropy.

6

10 kg जल  $45^\circ\text{C}$  को 10 bar के सतत दाब पर गर्म किया जाता है। जब तक यह  $300^\circ\text{C}$  पर अतितप्त वाष्प में न बदल जाये। आयतन में परिवर्तन, एन्थैल्पी, आंतरिक ऊर्जा और एन्ट्रॉपी ज्ञात कीजिए।

★ ★ ★