

2019

MECHANICAL ENGINEERING

यांत्रिक अभियांत्रिकी

Time Allowed : 3 hours

Maximum Marks : 300

समय : 3 घण्टे

पूर्णांक : 300

Instructions :

- The figures in the margin indicate full marks.
- Answer **six (06)** questions in all, selecting **three (03)** from each Section.
- If any data is considered insufficient, assume suitable value.
- Use of log tables, statistical tables and calculator is permitted in the examination.
- Use of steam tables, refrigeration tables, Mollier chart and psychrometric chart is permitted in the examination.
- Candidates are required to give their answers in their own words as far as practicable.
- All questions have been printed both in English and Hindi. In case of any ambiguity in Hindi version, the English version shall be considered authentic.
- Parts of the same question must be answered together and must not be interposed between answers to other questions.

अनुदेश :

- उपान्त के अंक पूर्णांक के द्योतक हैं।
- प्रत्येक खण्ड से तीन प्रश्नों को चुनते हुए कुल छह प्रश्नों के उत्तर दीजिए।
- यदि कोई डाटा पर्याप्त न हो, तो उसका उचित 'मान' मानकर चलें।
- परीक्षा में लॉग टेबल, सांख्यिकीय सारणी कैलकुलेटर और का उपयोग करने की अनुमति है।
- परीक्षा में भाप तालिकाओं, प्रशीतन तालिकाओं, मोलियर चार्ट और साइक्रोमेट्रिक चार्ट का उपयोग करने की अनुमति है।
- परीक्षार्थी यथासम्भव अपने शब्दों में ही उत्तर दें।
- सभी प्रश्न अंग्रेजी और हिन्दी दोनों भाषाओं में छपे हैं। यदि हिन्दी भाषा में कोई संदेह है, तो अंग्रेजी भाषा को ही प्रामाणिक माना जाएगा।
- एक ही प्रश्न के विभिन्न भागों के उत्तर अनिवार्य रूप से एक साथ ही लिखे जाएँ तथा उनके बीच में अन्य प्रश्नों के उत्तर न लिखे जाएँ।

SECTION—I

खण्ड—I

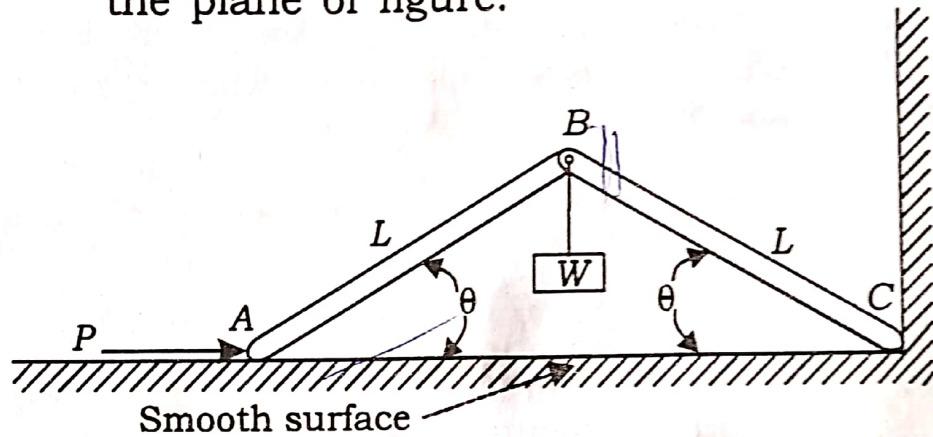
1. (a)

Explain the tabulation method for analyzing epicyclic gear train.

25

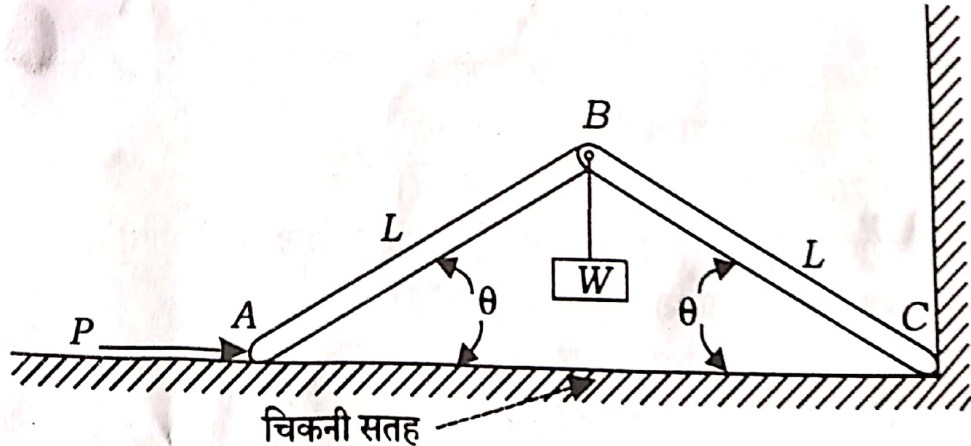
- (b) Determine the force P required to keep the two rods in equilibrium when the angle $\theta = 30^\circ$ and weight W is 50 N. The rods are each of length L and of negligible weight. They can move only in the plane of figure.

25



(क) एपिसाइक्लिक गियर ट्रेन का विश्लेषण करने के लिए सारणीकरण विधि समझाएँ।

(ख) कोण $\theta = 30^\circ$ और वजन $W = 50\text{ N}$ होने पर दो छड़ों को संतुलन में रखने के लिए आवश्यक बल P निर्धारित करें। प्रत्येक छड़ लंबाई L और नगण्य वजन की है। छड़ें सिर्फ आकृति में दिखाए गए समतल में ही हिल सकती हैं।



2. (a) What are the limitations of the Hooke's joint? How are these limitations overcome in double Hooke's joint? Which conditions must be fulfilled by a double Hooke's joint for this purpose? 25

(b) A steam turbine, mounted in a boat makes 3000 r.p.m. The effective moment of inertia of the rotor, shaft and propeller is 47.25 kg-m^2 . Find the magnitude and the direction of couple acting on the hull when the boat makes a circular path, making a complete turn in 17 seconds. 25

(क) हुक जॉइन्ट की सीमाएँ क्या हैं? डबल हुक जॉइन्ट में इन सीमाओं को कैसे पार किया जाता है? इस उद्देश्य के लिए डबल हुक जॉइन्ट द्वारा किन शर्तों को पूरा किया जाना चाहिए?

(ख) एक नाव में स्थापित एक भाप टरबाइन 3000 r.p.m. बनाता है। रोटार, शैफ्ट और प्रोपेलर का असरकारक जड़त्व-आघूर्ण (effective moment of inertia) 47.25 kg-m^2 है। जब नाव एक गोलाकार पथ पर चलता है, तो 17 सेकन्ड में पूरी बारी बनाने के दौरान पतवार (hull) पर लगने वाले बल युग्म (couple) का परिमाण और दिशा ज्ञात करें।

3. (a) Derive the formula for the length of the path of contact for two meshing spur gears having involute profile. 25

- (b) The following particulars relate to a symmetrical tangent cam having a roller follower : minimum radius of the cam = 40 mm; lift = 20 mm; speed = 360 r.p.m.; roller diameter = 44 mm; angle of ascent = 60° .

Calculate the acceleration of follower at the beginning of the lift. Also find its value when the roller just touches the nose and is at the apex of the circular nose.

25

- (क) इन्वोल्यूट (involute) प्रोफाइल के साथ दो जुड़े हुए (meshing) स्पर गियर के संपर्क के रास्ते की लंबाई के लिए सूत्र प्राप्त करें।

- (ख) निम्न विवरण रोलर अनुयायी होने वाले सममित टैन्जेन्ट कैम से सम्बन्धित हैं : कैम की न्यूनतम त्रिज्या = 40 mm; लिफ्ट = 20 mm; गति = 360 r.p.m.; रोलर व्यास = 44 mm; चढ़ाई का कोण = 60° .

लिफ्ट की शुरुआत में अनुयायी के त्वरण की गणना करें। इसके मान को भी ढूँढ़ें, जब रोलर नाक को सिर्फ छूता है और सर्कुलर नाक के शीर्ष पर होता है।

✓ 4. (a)

A compound bar is made of a central steel plate 60 mm wide and 10 mm thick to which copper plates 40 mm wide by 5 mm thick are connected rigidly on each side. The length of the bar at normal temperature is 1 m. If the temperature is raised by 80°C , determine the stresses in each metal and change in length.

25

✓(b) Differentiate electrodischarge machining and electrochemical machining. 25

(क) एक यौगिक बार केन्द्रीय स्टील प्लेट, 60 mm चौड़ा और 10 mm मोटा, से बना होता है, जिसमें तांबे की प्लेटें, 40 mm चौड़ी और 5 mm मोटी, प्रत्येक तरफ कठोर रूप से जुड़ी होती हैं। सामान्य तापमान पर बार की लम्बाई 1 m है। यदि तापमान 80 °C तक बढ़ाया जाता है, तो प्रत्येक धातु में तनाव और लम्बाई में बदलाव निर्धारित करें।

(ख) इलेक्ट्रोडिस्चार्ज मशीनिंग और इलेक्ट्रोकेमिकल मशीनिंग में अंतर बताएँ।

5. (a) A strip with a cross-section 150 mm × 60 mm is being rolled with 20% reduction in area, using 400 mm diameter steel rolls. Before and after rolling, the shear yield stress of the material is 0.35 kN/mm² and 0.4 kN/mm², respectively. Calculate (i) the final strip thickness, (ii) the average shear yield stress during the process, (iii) the angle subtended by the deformation zone at the roll centre and (iv) the location of the neutral point. 25

(b) Define the following terms in relation to a single-point cutting tool with the help of diagram : (i) back rake angle, (ii) end cutting edge angle, (iii) side relief angle and (iv) end relief angle. 25

(क) 400 mm व्यास वाले स्टील रोल का उपयोग करके क्षेत्र में 20% की कमी के साथ 150 mm × 60 mm अनुप्रस्थ-काट के एक पट्टी को रोल किया जा रहा है। रोलिंग के पहले और बाद में सामग्री का शीयर यील्ड स्ट्रेस (shear yield stress) क्रमशः 0.35 kN/mm^2 और 0.4 kN/mm^2 है। गणना करें—(i) अंतिम पट्टी मोटाई, (ii) प्रक्रिया के दौरान औसत शीयर यील्ड स्ट्रेस (iii) रोल केन्द्र पर विरूपण क्षेत्र द्वारा उल्लिखित कोण और (iv) तटस्थ बिन्दु का स्थान।

(ख) आरेख की सहायता से एक बिन्दु काटने के उपकरण के सम्बन्ध में निम्नलिखित शर्तों को परिभाषित करें : (i) बैक रेक कोण, (ii) एन्ड कर्टिंग एज कोण, (iii) साइड रिलीफ कोण और (iv) एन्ड रिलीफ कोण।

6. (a) Maximize $Z = 5x_1 + 3x_2 + 7x_3$
subject to

$$x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 22$$

$$3x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 26$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 18$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

25

(b) Describe line balancing with suitable example. State its objectives.

25

(क) अधिकतम करें : $Z = 5x_1 + 3x_2 + 7x_3$
अधीन करके

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + 2x_3 &\leq 22 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_3 &\leq 26 \\ x_1 + x_2 + x_3 &\leq 18 \\ x_1, x_2, x_3 &\geq 0 \end{aligned}$$

(ख) उपयुक्त उदाहरण के साथ लाइन संतुलन का वर्णन करें।
उसके उद्देश्यों को बताएँ।

SECTION—II

खण्ड—II

7. (a) Describe in detail ABC analysis. State its advantages, limitations and applications.

25

(b) Prove the equivalency of Kelvin-Planck statement and Clausius statement for the second law of thermodynamics.

25

(क) ABC एनालिसिस का विस्तारपूर्वक वर्णन करें। इसके फायदे, सीमाएँ और अनुप्रयोग बताएँ।

(ख) थर्मोडायनेमिक्स के दूसरे नियम के संदर्भ में केल्विन-प्लैंक स्टेटमेन्ट और क्लौसियस स्टेटमेन्ट की समकक्षता साबित करें।

8. (a) Steam enters an engine at a pressure 10 bar absolute and 250°C . It is exhausted at 0.2 bar absolute. The steam at exhaust is 0.9 dry. Find out the changes in enthalpy and entropy. 25

(b) Derive Bernoulli's equation. Also write the assumptions you made while deriving the equation and also mention the applications of the equation. 25

(क) भाप 10 bar निरपेक्ष दबाव और 250°C पर इंजन में प्रवेश करता है। यह 0.2 bar निरपेक्ष पर निष्कासित हो जाता है। निकस पर भाप 0.9 सूखा है। एन्थैल्पी और एन्ट्रॉपी में बदलावों का पता लगाएँ।

10 bar
250°C
0.9 dry

(ख) बरनूली के समीकरण को प्राप्त करें। समीकरण प्राप्त करने समय आपके द्वारा किए गए अनुमानों को भी लिखें और समीकरण के अनुप्रयोगों का भी उल्लेख करें।

9. (a) A cylinder of 0.122 m radius rotates concentrically inside a fixed cylinder of 0.128 m radius. Both cylinders are 0.305 m long. Determine the viscosity of the liquid that fills the space between the cylinders if a torque of 0.881 N-m is required to maintain an angular velocity of 60 revolutions per minute. 25

(b) Mention and describe Planck's distribution law. With the help of the same, derive the equation for Stefan-Boltzmann law. 25

(क) 0.122 m त्रिज्या का एक सिलेन्डर 0.128 m त्रिज्या के एक निश्चित सिलेन्डर के अंदर संकेन्द्रित घूमता है। दोनों सिलेन्डर की लंबाई 0.305 m है। यदि प्रति मिनट 60 भ्रमण के कोणीय वेग को बनाए रखने के लिए 0.881 N-m टॉर्क की आवश्यकता होती है, तो तरल पदार्थ, जो सिलेन्डरों के बीच की जगह को भरता है, उसकी चिपचिपाहट (viscosity) का निर्धारण करें।

(ख) प्लैंक के वितरण नियम (distribution law) का उल्लेख और वर्णन करें। इसकी सहायता से स्टेफान-बोल्ट्ज़मैन नियम के लिए समीकरण प्राप्त करें।

10. (a) A hot fluid at 200°C enters a heat exchanger at a mass flow rate of 10000 kg/hr. Its specific heat is 2000 J/kg-K. It is to be cooled by another fluid entering at 25°C with a mass flow rate 2500 kg/hr and specific heat 400 J/kg-K. The overall heat transfer coefficient based on outside area of 20 m^2 is $250\text{ W/m}^2\text{-K}$. Find the exit temperature of the hot fluid when the fluids are in parallel flow. 25

(b) What is the effectiveness of heat exchanger? Derive the equations for the effectiveness of parallel and counter-flow heat exchanger. 25

(क) 200°C पर एक गर्म तरल पदार्थ 10000 kg/hr की द्रव्यमान प्रवाह दर पर एक हीट एक्सचेंजर में प्रवेश करता है। इसकी स्पेसिफिक हीट 2000 J/kg-K है। इसे 25°C गर्म और 400 J/kg-K स्पेसिफिक हीट वाले और 2500 kg/hr की द्रव्यमान प्रवाह दर पर प्रवेश करने वाले दूसरे तरल पदार्थ द्वारा ठंडा किया जाना है। 20 m^2 के बाहरी क्षेत्र के आधार पर कुल हीट ट्रान्सफर कोइफिशियेन्ट (overall heat transfer coefficient) $250 \text{ W/m}^2\text{-K}$ है। तरल पदार्थों के समान्तर प्रवाह में होते समय गर्म तरल पदार्थ के बाहर निकलने के तापमान का पता लगाएँ।

(ख) हीट एक्सचेंजर की प्रभावशीलता क्या है? समांतर और काउन्टर-फ्लो हीट एक्सचेंजर की प्रभावशीलता के लिए समीकरणों को प्राप्त करें।

11. (a) A steel ball of 5 cm diameter at 450°C is suddenly placed in a controlled environment maintained at 100°C . Taking the following data, find the time required for the ball to attain a temperature of 150°C :

25

$$C_P = 450 \text{ J/Kg}^{\circ}\text{C}; \quad k = 35 \text{ W/m-K};$$

$$h = 10 \text{ W/m}^2\text{-K}; \quad \rho = 8000 \text{ kg/m}^3$$

- (b) Compare SI and CI engines on the basis of (i) basic cycle, (ii) introduction of fuel, (iii) compression ratio range, (iv) distribution of fuel in cylinders and (v) applications.

25

- (क) 450 °C पर 5 cm व्यास की एक स्टील बॉल अचानक 100 °C पर बनाए गए नियंत्रित वातावरण में रखी जाती है। निम्नलिखित तथ्य लेते हुए स्टील बॉल द्वारा 150 °C तापमान प्राप्त करने के लिए आवश्यक समय बताइए :

$$C_p = 450 \text{ J/Kg.}^\circ\text{C}; \quad k = 35 \text{ W / m-K}; \\ h = 10 \text{ W / m}^2\text{-K}; \quad \rho = 8000 \text{ kg / m}^3$$

- (ख) (i) मूल चक्र (basic cycle), (ii) इंधन का प्रवेश (introduction of fuel), (iii) संपीड़न अनुपात सीमा (compression ratio range), (iv) सिलेंडरों में इंधन का वितरण (distribution of fuel in cylinders) तथा (v) अनुप्रयोग (applications) के आधार पर SI और CI इंजनों की तुलना करें।

12. (a) Enlist the properties of the refrigerants. Mention and justify the criteria for selection of right refrigerant for the domestic refrigerator, air-conditioner for a cinema hall and for a car air-conditioner.

25

- (b) In a trial on a boiler, the observations recorded are : feedwater temperature = 50 °C; boiler pressure = 10 bar; quality of steam = 95%; coal consumption = 500 kg/hr; calorific value of coal = 30500 kJ/kg; feedwater supplied = 4000 kg/hr. Determine the evaporation factor from and at 100 °C in kg per kg of coal fired. Specific heat of feedwater = 401868 kJ/kg-K.

25