C. S. (MAIN) EXAM, 2009

Sl. No. 221 C–DTN–J–NFA

# MECHANICAL ENGINEERING

## Paper—I

| Time Allowed : Three Hours | Maximum Marks : 300 |
|---|---|

## INSTRUCTIONS

*Each question is printed both in Hindi and in English.*

*Answers must be written in the medium specified in the Admission Certificate issued to you, which must be stated clearly on the cover of the answer-book in the space provided for the purpose. No marks will be given for the answers written in a medium other than that specified in the Admission Certificate.*

*Candidates should attempt Question Nos.* ***1*** *and* ***5*** *which are compulsory, and any* ***three*** *of the remaining questions selecting at least* ***one*** *question from each Section.*

*The number of marks carried by each question is indicated at the end of the question.*

*Symbols/notations carry their usual meanings, unless otherwise indicated.*

*If any data is considered insufficient, assume suitable value and indicate the same clearly.*

*Newton may be converted to kg using the equality 1 kilonewton (1 kN) = 100 kg, if found necessary.*

---

**ध्यान दें :** अनुदेशों का हिन्दी रूपान्तर इस प्रश्न-पत्र के पिछले पृष्ठ पर छपा है।

## Section—A

**1.** Attempt any *three* of the following :

*(a)* *(i)* Define a general case of forces acting on a rigid body. State clearly and precisely the equations of equilibrium for this body. How do these equations change when applied to a particle? 8

*(ii)* A smooth hollow cylinder of radius $r$ open at both ends rests on a smooth horizontal plane. Two smooth spheres of weights $W_1$ and $W_2$, and radii $r_1$ and $r_2$, respectively are placed inside the cylinder, with the larger sphere (radius $r_2$) resting on the horizontal plane as shown in Fig. 1.

Determine the minimum weight $W$ of the cylinder that will prevent the cylinder from tipping over. 12

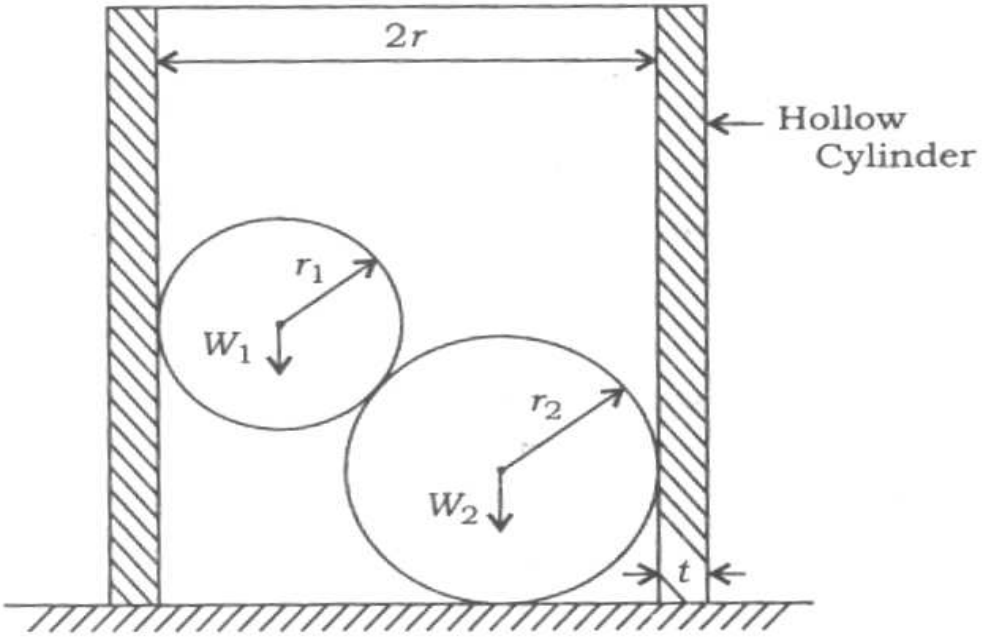



Fig. 1

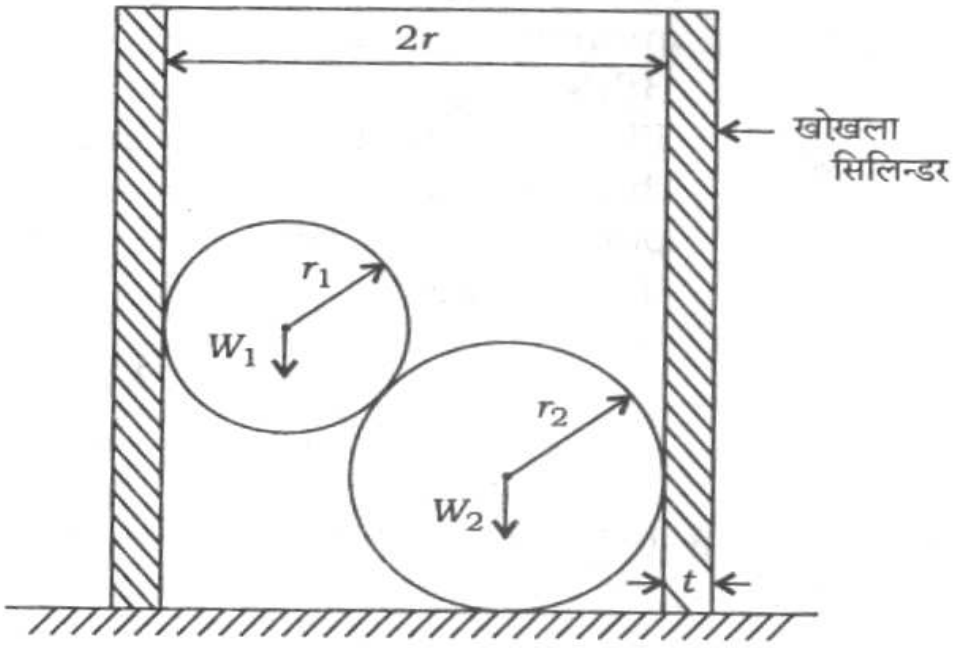
## खण्ड—क

**1.** निम्नलिखित में से किन्हीं **तीन** के उत्तर दीजिये :

(क) *(i)* किसी दृढ़ पिंड पर लगने वाले बलों की एक सामान्य स्थिति की परिभाषा दीजिये। इस पिंड के लिए साम्यावस्था-समीकरण साफ-साफ लिखिये। यदि पिंड के स्थान पर कण लिया जाये, तो ये समीकरण कैसे बदलते हैं? 8

*(ii)* अर्द्धव्यास $r$ का एक चिकना खोखला सिलिन्डर, जिसके दोनों सिरे खुले हैं, एक चिकने क्षैतिज समतल पर रखा हुआ है। दो चिकने गोले, जिनके भार $W_1$ और $W_2$ तथा अर्द्धव्यास क्रमशः $r_1$ और $r_2$ हैं, सिलिन्डर के अन्दर इस प्रकार रखे गये हैं कि बड़ा गोला (अर्द्धव्यास $r_2$) क्षैतिज समतल पर है, जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है।

सिलिन्डर का न्यूनतम भार $W$ निकालिये, जो सिलिन्डर को पलटने से बचाये रखे। 12




चित्र 1

(b) (i) A beam is of square section with diagonals 60 mm long, vertical and horizontal, as shown in Fig. 2. Shear force at a particular section is 5 kN. What is the shear stress at layer *AB* as shown? 15

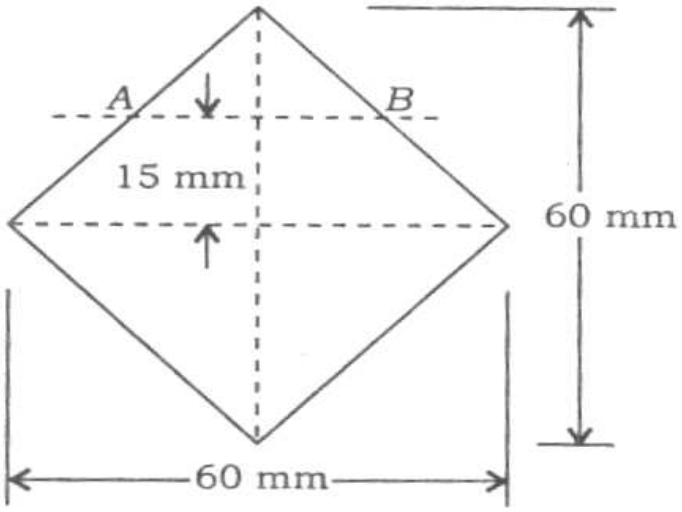



Fig. 2

(ii) A beam *ABCD*, 6 m long, hinged at both ends *A* and *D*, is subjected to moments 6 kN-m (cw) at *B* and 3 kN-m (ccw) at *C* as shown in Fig. 3. Sketch the bending moment diagram of the beam. How many points of contraflexure are there in the beam? 5

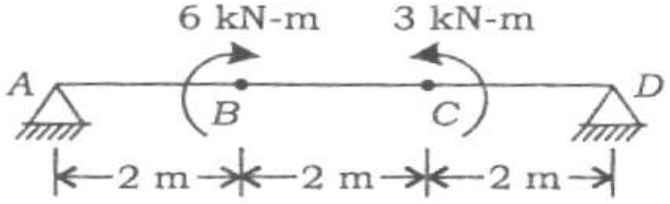
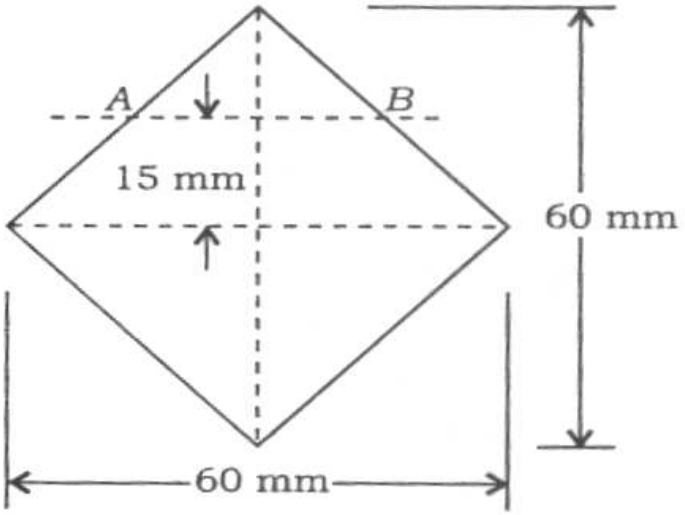


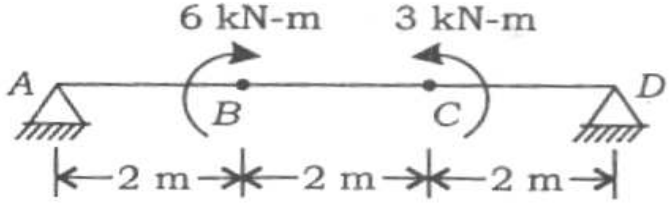

Fig. 3

(ख) *(i)* एक वर्गाकार परिच्छेद वाली धरन के विकर्ण 60 mm लम्बे, ऊर्ध्वाधर और क्षैतिज, हैं जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। किसी विशिष्ट परिच्छेद पर अपरूपण बल 5 kN है। दिखाई गयी परत $AB$ पर अपरूपण प्रतिबल क्या है? 15




चित्र 2

*(ii)* 6 मीटर लम्बी धरन $ABCD$ दोनों सिरों $A$ और $D$ पर हिन्ज है तथा $B$ और $C$ पर क्रमशः आघूर्ण 6 kN-m (cw) और 3 kN-m (ccw) लगे हैं, जैसा कि चित्र 3 में दिखाया गया है। धरन के लिए बंकन आघूर्ण आरेख बनाइये। धरन में कितने कॉन्ट्राफ्लेक्सर बिन्दु हैं? 5




चित्र 3

(c) (i) In an orthogonal crystal structure with lattice parameters $a \neq b \neq c$, draw the direction [2 $\bar{1}$ 2]. 10

(ii) Show that in a hexagonal close-packed structure, atomic packing factor is 0·74. Take dimension $c = 1 \cdot 633\, a$. 10

(d) (i) What is meant by 'whirling or critical speed of shaft'? 4

(ii) Calculate the whirling speed in case of a rotating steel tube simply supported in short bearings 2 m centre-to-centre. The external and internal diameters of the tube are 35 mm and 25 mm, respectively. The weight of steel may be taken as 78 kN / $m^3$ and Young's modulus of elasticity for steel is 200 GPa. 16

**2.** (a) (i) State why gear teeth have to be undercut. 4

(ii) The following data refers to two 20° involute spur gears in mesh externally :

Velocity ratio = 3

Module = 3 mm

Addendum = 1·1 module

(ग) *(i)* एक ऑर्थोगोनल क्रिस्टल संरचना, जिसका लैटिस प्राचल $a \neq b \neq c$ है, के लिए दिशा $[2\ \bar{1}\ 2]$ खींचिये। 10

*(ii)* दिखाइये कि एक हेक्सागोनल क्लोज-पैक्ड संरचना में एटॉमिक पैकिंग फैक्टर 0·74 है। विमा $c = 1 \cdot 633\, a$ लीजिये। 10

(घ) *(i)* 'शाफ्ट की घूर्णी या क्रान्तिक रफ्तार' से क्या अभिप्राय है? 4

*(ii)* दो छोटी बियरिंगों, 2 m सेन्टर-टू-सेन्टर, में शुद्ध आलम्बित घूर्णायमान इस्पात की नली के लिए घूर्णी रफ्तार निकालिये। नली के बाहर व अन्दर का व्यास क्रमशः 35 mm और 25 mm है। इस्पात का भार 78 $kN/m^3$ तथा इस्पात के लिए यंग का प्रत्यास्थता-गुणांक 200 GPa लिया जा सकता है। 16

**2.** (क) *(i)* गियर के दाँतों को अन्डरकट क्यों किया जाता है? 4

*(ii)* निम्नलिखित आँकड़े दो 20° इन्वोल्यूट स्पर गियरों के बारे में हैं जो बाहर से जुड़े हैं :

वेग अनुपात = 3
मॉड्यूल = 3 mm
अडेन्डम = 1·1 मॉड्यूल

If the pinion rotates at 120 r.p.m., find—

(1) the minimum number of teeth on each gear wheel to avoid interference;

(2) the number of pairs of teeth in contact. 16

*(b)* A plate is riveted to a channel section in a structure as shown in Fig. 4. An eccentric load of 12·5 kN acts as shown on the plate. Determine the rivet diameter so that the maximum shear stress in any rivet is not to exceed 40 MPa. Diameter of the rivet should be chosen from preferred series.

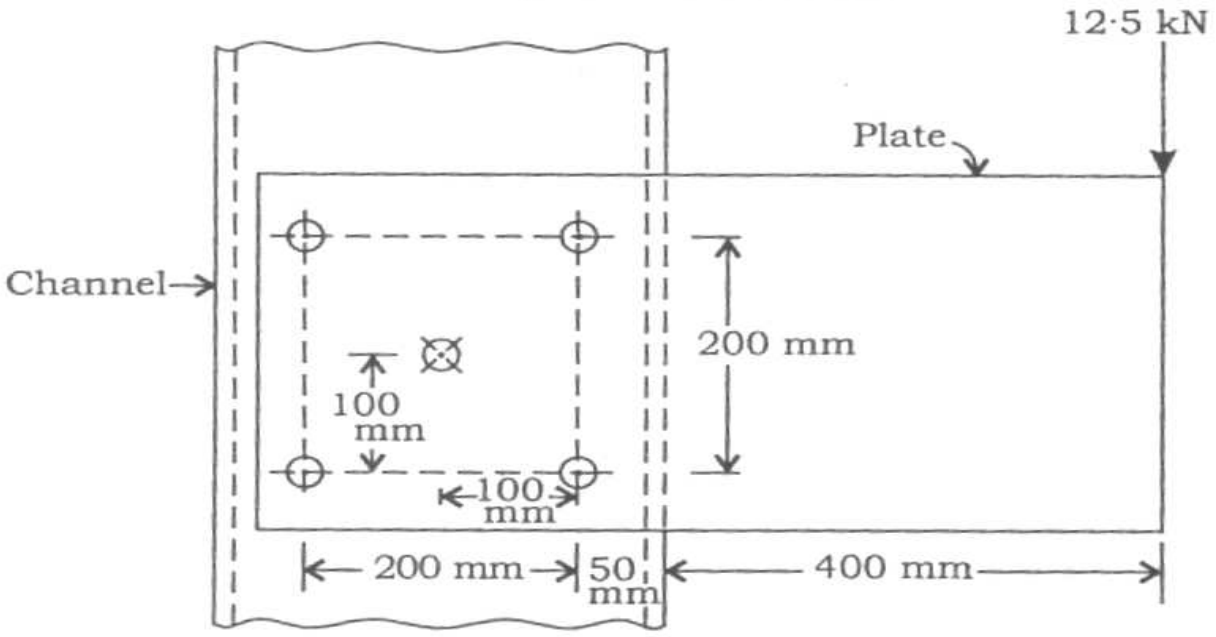



Fig. 4

Preferred rivet diameters (in mm) :

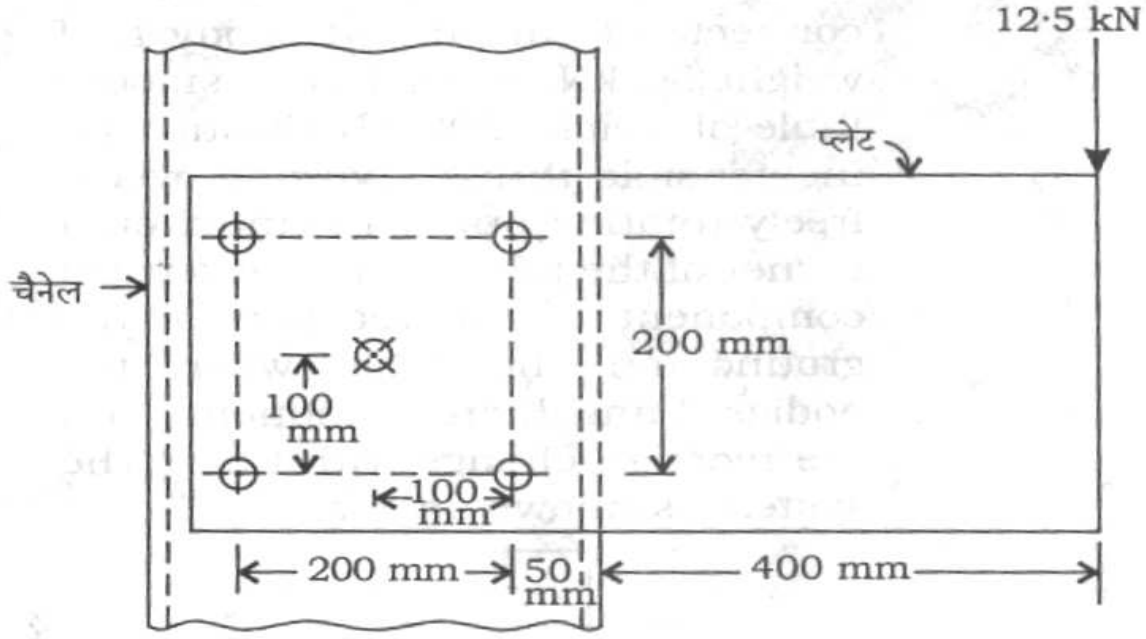
12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 48. 40

यदि पिनियन 120 r.p.m. पर घूमती है, तो निकालिये—

(1) प्रत्येक गियर ह्वील पर न्यूनतम दाँतों की संख्या इन्टरफियरेन्स से बचने के लिए;

(2) सम्पर्क में दाँतों के युग्मों की संख्या। 16

(ख) एक संरचना में एक प्लेट को एक चैनेल सेक्शन से रिवेट किया गया है, जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है। 12·5 kN का उत्केन्द्र-भार दिखाये अनुसार प्लेट पर लगता है। रिवेट का व्यास निकालिये ताकि किसी भी रिवेट में अधिकतम अपरूपण प्रतिबल 40 MPa से अधिक न होने पाये। रिवेट का व्यास प्रिफर्ड सिरीज से चुना जाना चाहिये।




चित्र 4

रिवेट के प्रिफर्ड व्यास (mm में) :

12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 48. 40

**3.** *(a)* *(i)* A homogeneous ball of weight $Q$ and radius $a$ as well as a weight $P$ are suspended by cords from a point $O$ as shown in Fig. 5. The distance $OM$ is $b$. Find the inclination $\phi$ of $OM$ with the vertical when the system is in equilibrium. 8

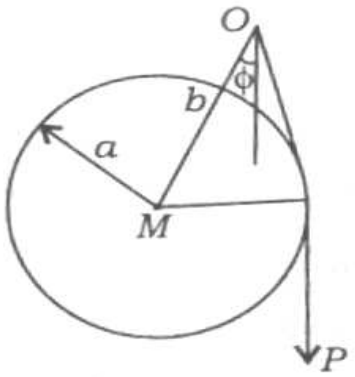



Fig. 5

*(ii)* A body $A$ of weight 10 kN is connected to an another body $B$ of weight 50 kN, resting on a smooth table of weight 200 kN through an inextensible thread, passing over a freely rotating pulley mounted on a corner of the table. Find the vertical component of the reaction of the ground on the table when the bodies $A$ and $B$ are in motion. Does the reaction change with time? The system is shown in Fig. 6. 12

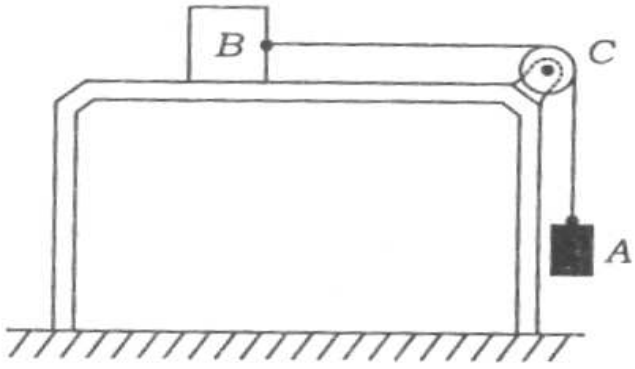
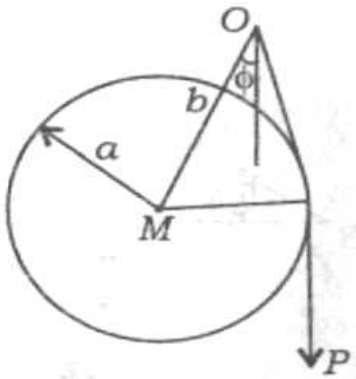


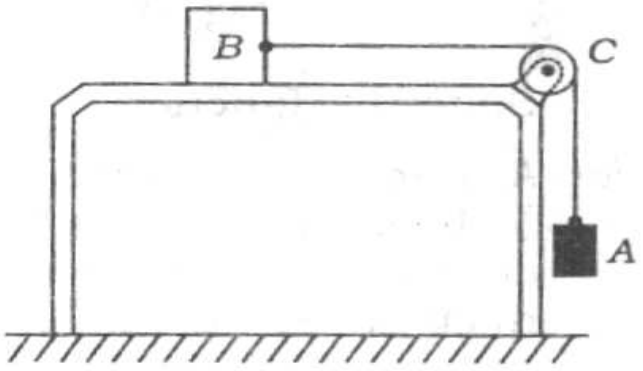

Fig. 6

3. (क) *(i)* $Q$ भार का एक समरूप गेंद, जिसका अर्द्धव्यास $a$ है, और एक भार $P$, डोरियों द्वारा बिन्दु $O$ से लटकाये गये हैं, जैसा कि चित्र 5 में दिखाया गया है। दूरी $OM$, $b$ है। $OM$ का ऊर्ध्वाधर से झुकाव $\phi$ निकालिये, जबकि सिस्टम साम्यावस्था में है। 8




चित्र 5

*(ii)* 10 kN भार का एक पिंड $A$, एक दूसरे पिंड $B$ से, जिसका भार 50 kN है, एक अवितान्य डोरी द्वारा जोड़ा गया है। पिंड $B$ एक चिकनी मेज पर, जिसका भार 200 kN है, रखा गया है। डोरी मेज के कोने में एक स्वतंत्र रूप से घूमने वाली पुलि से होकर गुजरती है। जमीन द्वारा मेज पर लगाए गए आलम्ब बल के ऊर्ध्वाधर घटक को निकालिये, जब पिंड $A$ और $B$ गतिमान हैं। क्या यह आलम्ब बल समय के साथ बदलता है? सिस्टम चित्र 6 में दिखाया गया है। 12




चित्र 6

(b) Stresses on two perpendicular planes, at a point, are given in Fig. 7. What are the directions of principal planes with respect to plane $BC$? What are the principal strains on principal planes, if $E = 67\ \text{kN/mm}^2$, $\nu = 0 \cdot 33$? 20

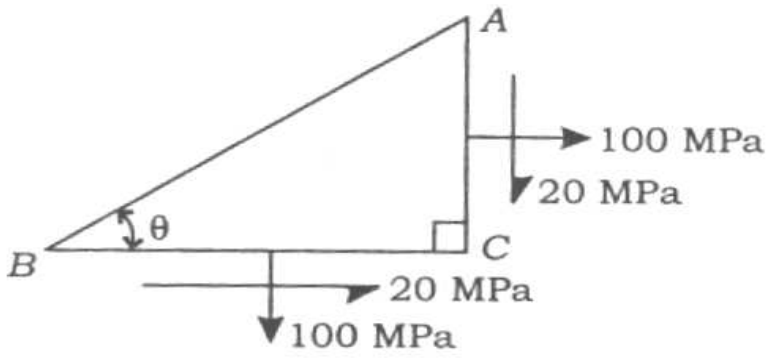



Fig. 7

(c) A beam $ABCD$, 5 m long, is supported at $A$ and $C$ as shown in Fig. 8. It carries a point load of 2 kN at end $D$, and a moment of 2 kN-m (cw) at $B$. What is the flexural rigidity ($EI$) of the beam, if deflection at $D$ is not to exceed 1 mm? 20

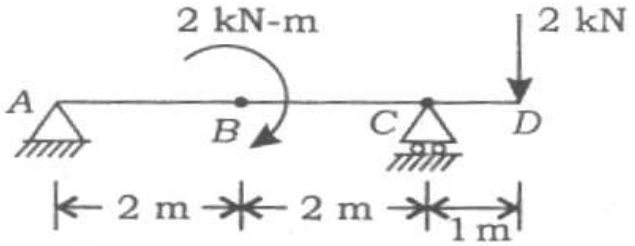
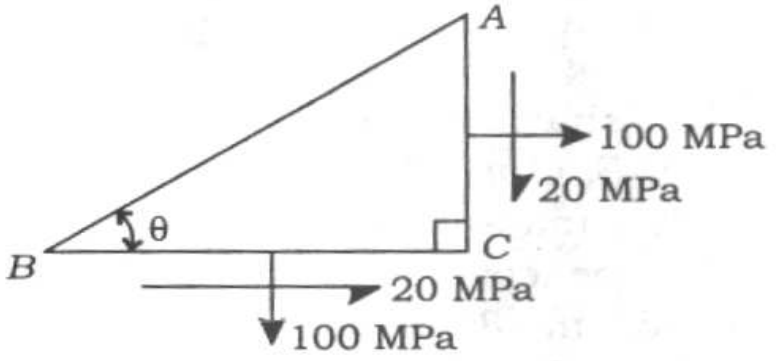



Fig. 8

**4.** (a) (i) State the function of a flywheel. 4

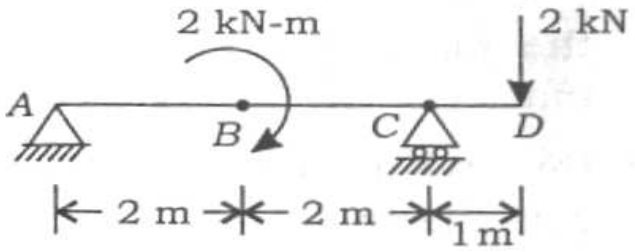
(ii) A punching machine carries out 5 holes per minute. Each hole of 40 mm diameter in 40 mm thick plate requires 10 N-m of energy/$\text{mm}^2$ of the sheared area.

(ख) दो समतलों पर, जो परस्पर समकोण पर हैं, एक बिन्दु पर प्रतिबल चित्र 7 में दिये गये हैं। मुख्य समतलों की दिशाएँ समतल $BC$ के सापेक्ष क्या हैं? मुख्य समतलों पर मुख्य विकृतियाँ क्या हैं, यदि $E = 67\ \text{kN/mm}^2$, $\nu = 0 \cdot 33$? 20




चित्र 7

(ग) एक 5 m लम्बी धरन $ABCD$, $A$ और $C$ पर आलम्बित है, जैसा कि चित्र 8 में दिखाया गया है। इस पर एक 2 kN का बिन्दु भार सिरे $D$ पर लगा है और $B$ पर आघूर्ण 2 kN-m (cw) लगा है। धरन की आनमनी दृढ़ता ($EI$) क्या है, यदि $D$ पर विक्षेप 1 mm से अधिक न हो? 20




चित्र 8

**4.** (क) *(i)* फ्लाईह्वील का कार्य बताइये। 4

*(ii)* एक पंचींग मशीन पाँच छेद प्रति मिनट करती है। 40 mm मोटी प्लेट में 40 mm व्यास के प्रत्येक छेद के लिए 10 N-m की ऊर्जा/$\text{mm}^2$ छेदे गये क्षेत्र की आवश्यकता होती है।

The punch has a stroke of 100 mm. Find the power of the motor required, if the mean speed of the flywheel is 25 m/s. If the total fluctuation of speed is not to exceed 4% of the mean speed, determine the mass of the flywheel. 16

*(b)* A shaft carries four rotating masses *A*, *B*, *C* and *D* in sequence along its axis. The masses *A*, *B*, *C* and *D* are assumed to be concentrated at radii of 12 cm, 16 cm, 8 cm and 10 cm, respectively. The masses of *B*, *C* and *D* are 30 kg, 50 kg and 40 kg, respectively. The planes containing *B* and *C* are 30 cm apart. The angular spacing of the planes containing *C* and *D* are 90° and 210°, respectively relative to *B* measured in the same sense.

If the system is to be in complete dynamic balance, find—

*(i)* the mass and angular position of mass *A*;

*(ii)* the spacing positions of the planes containing *A* and *B*. 20

*(c)* Give chemical reactions and temperature ranges in the cases of cyaniding, carbonitriding and nitriding processes. What is the serious problem encountered in nitriding process? In which process is case hardened thickness maximum? 20

पंच का स्ट्रोक 100 mm है। यदि फ्लाईह्वील की औसत चाल 25 m/s है, तो आवश्यक मोटर की शक्ति निकालिये। यदि चाल का कुल बदलाव, औसत चाल के 4% से अधिक नहीं होता है, तो फ्लाईह्वील की संहति निकालिये। 16

(ख) एक शाफ्ट पर चार घूर्णी द्रव्यमान $A$, $B$, $C$ और $D$ उसके अक्ष पर क्रमवत् रखे हुए हैं। द्रव्यमान $A$, $B$, $C$ और $D$ क्रमशः अर्द्धव्यासों 12 cm, 16 cm, 8 cm और 10 cm पर केन्द्रित माने गये हैं। द्रव्यमान $B$, $C$ और $D$ क्रमशः 30 kg, 50 kg और 40 kg के हैं। $B$ और $C$ के समतल एक-दूसरे से 30 cm की दूरी पर हैं। $C$ और $D$ के समतल के कोणीय अंतराल $B$ से एक ही दिशा में क्रमशः 90° और 210° है।

यदि सिस्टम को पूर्ण गत्यात्मक संतुलन में होना है, तो निकालिये—

*(i)* $A$ का द्रव्यमान और कोणीय स्थिति;

*(ii)* $A$ और $B$ के समतल की अंतराल स्थिति। 20

(ग) सायनाइडिंग, कार्बोनाइट्राइडिंग और नाइट्राइडिंग प्रक्रियाओं में रासायनिक अभिक्रिया और तापक्रम परिसर दीजिये। नाइट्राइडिंग प्रक्रिया में कौन-सी मुख्य समस्या होती है? किस प्रक्रिया में पृष्ठ कठोरीकृत (केस हार्डेन्ड) मोटाई अधिकतम होती है? 20

## Section—B

**5.** Attempt any *three* of the following :

*(a)* *(i)* Describe the properties of tungsten carbide as a cutting tool material and its applications. 5

*(ii)* In orthogonal machining, prove that

$$\tan\phi = \frac{r_c \cos\alpha}{1 - r_c \sin\alpha}$$

where, $r_c$ = chip thickness ratio

$\alpha$ = back rake angle

$\phi$ = shear angle 8

*(iii)* Explain 'sudden-death mechanism' of tool failure. 4

*(iv)* What are extreme-pressure lubricants? 3

*(b)* *(i)* Define the terms 'rose reamer' and 'feed in milling'. 2+2

*(ii)* Name four independent variables and three dependent variables in metal cutting. 5

*(iii)* What is the function of stepper motor? 2

*(iv)* With a sketch, explain the principle of working and variations of bed-type milling machine. 9

*(c)* *(i)* Name the factors to be considered while choosing a good forecasting system. 5

## खण्ड—ख

**5.** निम्नलिखित में से किन्हीं **तीन** के उत्तर दीजिये :

(क) *(i)* टंग्स्टन कार्बाइड के, कर्तन औजार पदार्थ के रूप में, गुणों और उपयोगों का वर्णन कीजिये। 5

*(ii)* ऑर्थोगोनल मशीनिंग में सिद्ध कीजिये कि

$$\tan \phi = \frac{r_c \cos\alpha}{1 - r_c \sin\alpha}$$

जहाँ, $r_c$ = चिप मोटाई अनुपात

$\alpha$ = पश्च नति कोण

$\phi$ = अपरूपण कोण 8

*(iii)* औजार विफलता के 'सडेन-डेथ मेकनिज़्म' को समझाइये। 4

*(iv)* एक्स्ट्रीम-प्रेशर लुब्रीकेन्ट क्या हैं? 3

(ख) *(i)* 'रोज रीमर' तथा 'मिलिंग में फीड' पदों की परिभाषा दीजिये। 2+2

*(ii)* मेटल कटिंग में चार स्वतंत्र चरों और तीन परतंत्र चरों के नाम दीजिये। 5

*(iii)* स्टेपर मोटर का क्या कार्य है? 2

*(iv)* बेड-टाइप मिलिंग मशीन के कार्य-सिद्धान्त एवं विभिन्नता (वेरिएशन) को चित्र के साथ समझाइये। 9

(ग) *(i)* एक अच्छे पूर्वानुमान तंत्र को चुनने के लिए किन कारकों पर विचार करना चाहिये? 5

*(ii)* The quarterly demand of a company product for past six years is given in the table below. The four-quarter moving average is also given. Find the seasonality index for 3rd quarter. 15

| *Year* | *Quarter* | *Demand* $\times 10^5$ units | *Four-Quarter Moving Average* |
|---|---|---|---|
| 1 | $Q_1$ | 0·5 | |
| | $Q_2$ | 0·8 | |
| | | | 0·875 |
| | $Q_3$ | 2·1 | |
| | | | 0·925 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·025 |
| 2 | $Q_1$ | 0·8 | |
| | | | 1·1 |
| | $Q_2$ | 1·1 | |
| | | | 1·1 |
| | $Q_3$ | 2·4 | |
| | | | 1·125 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·15 |
| 3 | $Q_1$ | 0·9 | |
| | | | 1·25 |
| | $Q_2$ | 1·2 | |
| | | | 1·25 |
| | $Q_3$ | 2·8 | |
| | | | 1·20 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·15 |
| 4 | $Q_1$ | 0·7 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_2$ | 1·0 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_3$ | 2·6 | |
| | | | 1·125 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·125 |
| 5 | $Q_1$ | 0·8 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_2$ | 1·0 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_3$ | 2·5 | |
| | | | 1·15 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·20 |
| 6 | $Q_1$ | 1·0 | |
| | | | 1·25 |
| | $Q_2$ | 1·2 | |
| | | | 1·275 |
| | $Q_3$ | 2·7 | |
| | $Q_4$ | 0·2 | |

*(ii)* एक कम्पनी उत्पाद की तिमाही माँग पिछले छः वर्षों के लिए निम्न तालिका में दी गयी है। 4-क्वार्टर गतिमान औसत भी दिया है। तीसरे क्वार्टर के लिए सीजनलिटी इन्डेक्स निकालिये। 15

| *वर्ष* | *क्वार्टर* | *माँग* $\times 10^5$ यूनिट | *4-क्वार्टर गतिमान औसत* |
|---|---|---|---|
| 1 | $Q_1$ | 0·5 | |
| | $Q_2$ | 0·8 | |
| | | | 0·875 |
| | $Q_3$ | 2·1 | |
| | | | 0·925 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·025 |
| 2 | $Q_1$ | 0·8 | |
| | | | 1·1 |
| | $Q_2$ | 1·1 | |
| | | | 1·1 |
| | $Q_3$ | 2·4 | |
| | | | 1·125 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·15 |
| 3 | $Q_1$ | 0·9 | |
| | | | 1·25 |
| | $Q_2$ | 1·2 | |
| | | | 1·25 |
| | $Q_3$ | 2·8 | |
| | | | 1·20 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·15 |
| 4 | $Q_1$ | 0·7 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_2$ | 1·0 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_3$ | 2·6 | |
| | | | 1·125 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·125 |
| 5 | $Q_1$ | 0·8 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_2$ | 1·0 | |
| | | | 1·10 |
| | $Q_3$ | 2·5 | |
| | | | 1·15 |
| | $Q_4$ | 0·1 | |
| | | | 1·20 |
| 6 | $Q_1$ | 1·0 | |
| | | | 1·25 |
| | $Q_2$ | 1·2 | |
| | | | 1·275 |
| | $Q_3$ | 2·7 | |
| | $Q_4$ | 0·2 | |

(d) (i) Explain briefly the MTM. Which basic motions does it recognize? Suggest its applications and also describe the sequence of steps of procedure to implement the same. 12

(ii) The following costs were incurred in a year in a company. Classify them into various quality costs. 8

| *Sl. No.* | *Head* | *Cost* (Rs) |
|---|---|---|
| 1 | Incoming material inspection | 20,000 |
| 2 | Training of personnel | 40,000 |
| 3 | Warranty | 45,000 |
| 4 | Process planning | 15,000 |
| 5 | Scrap | 13,000 |
| 6 | Quality laboratory | 30,000 |
| 7 | Rework | 25,000 |
| 8 | Allowances | 10,000 |
| 9 | Complaints | 14,000 |

**6.** (a) (i) What do you mean by 'inter-changeable manufacture' and 'combination set'? 8

(ii) What is the difference between a plug gauge and a ring gauge? 4

(iii) Discuss, with figure(s), pneumatic gauges and their applications. 8

(घ) *(i)* संक्षेप में MTM को समझाइये। यह किन आधारभूत गतियों को मानता है? इसके उपयोग सुझाइये और उसे करने की विधि के सोपानों का वर्णन कीजिये। 12

*(ii)* किसी कम्पनी में एक वर्ष में निम्नलिखित लागतें लगीं। इनको विभिन्न क्वालिटी लागतों में वर्गीकृत कीजिये। 8

| *क्र० सं०* | *मद* | *लागत (रु०)* |
|---|---|---|
| 1 | आगत सामग्री जाँच | 20,000 |
| 2 | कर्मचारियों का प्रशिक्षण | 40,000 |
| 3 | वॉरन्टी | 45,000 |
| 4 | प्रक्रिया आयोजन | 15,000 |
| 5 | रद्दी | 13,000 |
| 6 | गुणवत्ता प्रयोगशाला | 30,000 |
| 7 | पुनःकार्य | 25,000 |
| 8 | भत्ते | 10,000 |
| 9 | शिकायतें | 14,000 |

**6.** (क) *(i)* 'इन्टरचेन्जेबल मैनुफैक्चर' तथा 'कॉम्बीनेशन सेट' की परिभाषा दीजिये। 8

*(ii)* एक प्लग गेज और एक रिंग गेज में क्या अन्तर होता है? 4

*(iii)* चित्र की सहायता से न्यूमेटिक गेजों और इनके उपयोगों की चर्चा कीजिये। 8

(b) (i) How does inventory level depend on service level? 5

(ii) 4000 spare parts are required annually. A set-up cost of Rs 100 and a carrying cost of 25% per year is charged on the item cost of Rs 320. The production facility is open for 5 days per week and 50 weeks per year. The lead time of this product is 9 days and the standard deviation of the demand is 2 units per day. The company wants to have a 95% service level for this spare part.

(1) If the company were using continuous review system (Q-system) of inventory control, compute the order quantity and reorder level. Interpret the results.

(2) If the company were using periodic review system (P-system) of inventory control, give the specific decision rule. 15

(c) (i) Briefly state the intermittent process layout problem. 5

(ii) Five departments are currently arranged in the following manner :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | | 5 |

New products have been added and the movements between the departments have changed substantially

(ख) *(i)* मालसूची स्तर (इन्वेन्ट्री लेवल) किस प्रकार सेवा स्तर (सर्विस लेवल) पर निर्भर करता है? 5

*(ii)* एक साल में 4000 स्पेयर पार्ट की आवश्यकता होती है। 320 रु० की आइटम लागत पर सेट-अप लागत 100 रु० और कैरिंग लागत 25% प्रति वर्ष ली जाती है। निर्माणशाला हफ्ते में 5 दिन और साल में 50 हफ्ते खुली होती है। इस उत्पाद का अग्रता समय 9 दिन है और माँग का मानक विचलन 2 यूनिट प्रति दिन है। इस स्पेयर पार्ट के लिए कम्पनी 95% सर्विस लेवल चाहती है।

(1) यदि कम्पनी कॉन्टिन्यूअस रिव्यू सिस्टम (Q-सिस्टम) मालसूची नियंत्रण के लिए प्रयोग करती है, तो ऑर्डर क्वान्टिटि और रिऑर्डर लेवल परिकलित कीजिये। नतीजों का अर्थ समझाइये।

(2) यदि कम्पनी पिरीयॉडिक रिव्यू सिस्टम (P-सिस्टम) मालसूची नियंत्रण के लिए प्रयोग करती है, तो स्पेसिफिक डिसिशन रूल दीजिये। 15

(ग) *(i)* संक्षेप में इन्टरमिटेन्ट प्रोसेस लेआउट प्रॉबूलम बताइये। 5

*(ii)* पाँच विभाग इस समय निम्नलिखित तरीके से बनाये गये हैं :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | | 5 |

नये उत्पाद जोड़े गये हैं और उनकी विभागों में आमद-रफ्त काफी बदल गयी है, जबसे विद्यमान

since the existing arrangement was made. The movement between the departments is on rectangular path. The monthly number of trips, cost/trip and distance of each trip are given below :

| *Item* | *Between the Departments* | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1–2 | 1–3 | 1–4 | 1–5 | 2–3 | 2–4 | 2–5 | 3–4 | 3–5 | 4–5 |
| Trips/month | 100 | 200 | 100 | 400 | 200 | 500 | 300 | 100 | 100 | 200 |
| Cost/trip | 12 | 34 | 56 | 34 | 57 | 25 | 17 | 43 | 63 | 52 |
| Distance units | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |

(1) Calculate the monthly cost of travel between the departments.

(2) How much is the saving in monthly cost of travel between the departments, if departments 1 and 3 are interchanged?

(3) A one-time cost of Rs 22,500 is associated with interchanging the positions of departments 1 and 3, and if this cost is to be recovered within two months, should the change be made? 15

**7.** *(a)* *(i)* Name the various alloying elements used with tungsten for GTAW. Give the approximate content of any two used in GTAW process. Enumerate applications of GTAW process. 4

*(ii)* Define the term 'keyholing' used in laser welding. 3

*(iii)* What is 'dip transfer' in GMAW? 3

व्यवस्था बनी है। विभागों में आमद-रफ्त आयताकार पथ में है। हर महीने में ट्रिप, लागत/ट्रिप और हर ट्रिप की दूरी नीचे दी गयी है :

| मद | *विभागों के मध्य* | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1–2 | 1–3 | 1–4 | 1–5 | 2–3 | 2–4 | 2–5 | 3–4 | 3–5 | 4–5 |
| ट्रिप/महीना | 100 | 200 | 100 | 400 | 200 | 500 | 300 | 100 | 100 | 200 |
| लागत/ट्रिप | 12 | 34 | 56 | 34 | 57 | 25 | 17 | 43 | 63 | 52 |
| दूरी इकाई | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |

(1) विभागों में माहवारी यात्रा लागत परिकलित कीजिये।

(2) यदि विभाग 1 और 3 की अदला-बदली कर दी जाये, तो विभागों में माहवारी यात्रा लागत में कितनी बचत होगी?

(3) यदि विभाग 1 और 3 की अदला-बदली करने की एकमुस्त लागत 22,500 रु० है और यदि लागत की दो महीनों में भरपाई की जानी है, तो क्या यह बदलाव करना चाहिये? 15

**7.** (क) *(i)* GTAW के लिए टंग्स्टन के साथ प्रयुक्त विभिन्न मिश्रधात्विक तत्वों के नाम दीजिये। GTAW प्रक्रम में प्रयुक्त किन्हीं दो का सन्निकट संगठन दीजिये। GTAW प्रक्रम के उपयोग दीजिये। 4

*(ii)* लेसर वेल्डिंग में प्रयोग आने वाले पद 'कीहोलिंग' की परिभाषा दीजिये। 3

*(iii)* GMAW में 'डिप ट्रांस्फर' क्या होता है? 3

(iv) Write the differences between coining and embossing. 4

(v) What are the advantages of isothermal forging? 3

(vi) What is the difference between extrusion and drawing? 3

(b) (i) Define 'slack'. 5

(ii) A project consists of six activities. The precedence relationship of activities and the three time estimates of completion of activities in days are tabulated below :

| *Sl. No.* | *Activity* | *Immediate Precedent Activity* | *Estimated Time of Completion* (days) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Optimistic* | *Pessimistic* | *Most likely* |
| 1 | *A* | — | 0·5 | 1·5 | 1·00 |
| 2 | *B* | *A* | 1·0 | 3·0 | 2·00 |
| 3 | *C* | *B* | 2·0 | 2·0 | 2·00 |
| 4 | *D* | *A* | 2·9 | 4·1 | 2·75 |
| 5 | *E* | *A* | 1·5 | 4·0 | 1·63 |
| 6 | *F* | *C, D, E* | 3·0 | 6·0 | 3·75 |

(1) Draw the arrow diagram.

(2) Which of the six activities is most uncertain?

(3) What is the probability that the project will be completed within 10 days? Refer the SND-chart (Cumulative Distribution Function for the Standard Normal Distribution) attached at the end. 15

(iv) कॉइनिंग और एम्बॉसिंग में अन्तर लिखिये। 4

(v) आइसोथर्मल फोर्जिंग के क्या लाभ हैं? 3

(vi) एक्स्ट्रूशन और ड्रॉइंग में क्या अन्तर है? 3

(ख) (i) 'स्लैक' की परिभाषा दीजिये। 5

(ii) एक परियोजना में छः एक्टिविटि हैं। एक्टिविटि के प्रिसिडेन्स सम्बन्ध और उनकी समाप्ति के तीन अनुमानित समय दिनों में नीचे दिये गये हैं :

| *क्रम संख्या* | *एक्टिविटि* | *इमिडिएट प्रिसिडेन्ट एक्टिविटि* | *समाप्ति का अनुमानित समय (दिन)* | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *आशावादी* | *निराशावादी* | *अत्यन्त सम्भव* |
| 1 | *A* | — | 0·5 | 1·5 | 1·00 |
| 2 | *B* | *A* | 1·0 | 3·0 | 2·00 |
| 3 | *C* | *B* | 2·0 | 2·0 | 2·00 |
| 4 | *D* | *A* | 2·9 | 4·1 | 2·75 |
| 5 | *E* | *A* | 1·5 | 4·0 | 1·63 |
| 6 | *F* | *C, D, E* | 3·0 | 6·0 | 3·75 |

(1) शरारेख (एरो चित्र) खींचिये।

(2) छः एक्टिविटि में से सबसे अधिक अनिश्चित कौन-सी है?

(3) परियोजना के 10 दिनों में पूरा होने की क्या प्रायिकता है? अन्त में संलग्न SND-चार्ट (Cumulative Distribution Function for the Standard Normal Distribution) देखिये। 15

(c) (i) A company uses a decision rule to determine production level in $t$-th period, as under :

$$P_t = P_{t-1} + [A(F_t - P_{t-1})]$$

where $P_t$, $F_t$ denote production and forecast for $t$-th period and $A$ is smoothing constant.

(1) Given the information in the table below, find the appropriate production level for period 2 using a smoothing constant of 0·5 :

| *Period t* | *Production Level* | *Forecast* |
|---|---|---|
| 1 | 36000 | |
| 2 | | 42000 |
| 3 | | 48000 |

(2) Assuming that actual production for period 2 will be equal to the value as determined in case (1) above, determine the production levels for period 3 using (A) chase, (B) level and (C) intermediate strategies. 10

(ii) A company manufactures two products $A$ and $B$. The manufacturing and marketing data for the two products is given below :

| *Department* | *Product A* | *Product B* | *Capacity* |
|---|---|---|---|
| Welding | 2·0 man-hr | 2·5 man-hr | 1000 man-hr |
| Machines | 3·0 man-hr | 1·5 man-hr | 1200 man-hr |
| Assembly | 1·5 man-hr | 4·0 man-hr | 1200 man-hr |
| *Profit* | Rs 120 | Rs 100 | |

(1) Formulate the problem.

(2) Find the product mix that will maximize the profit. 10

(ग) *(i)* एक कम्पनी $t$-वें अन्तराल में उत्पादन लेवल को मालूम करने के लिए नीचे लिखे डिसिशन रूल का प्रयोग करती है :

$$P_t = P_{t-1} + [A(F_t - P_{t-1})]$$

जहाँ $P_t$ और $F_t$ उत्पादन और पूर्वानुमान, $t$-वें अन्तराल के लिए, तथा $A$ स्मूदिंग कॉन्स्टेन्ट है।

(1) नीचे तालिका में दी गयी जानकारी से अन्तराल 2 के लिए उपयुक्त उत्पादन लेवल, 0·5 स्मूदिंग कॉन्स्टेन्ट का प्रयोग करते हुए, निकालिये :

| *अन्तराल t* | *उत्पादन लेवल* | *पूर्वानुमान* |
|---|---|---|
| 1 | 36000 | |
| 2 | | 42000 |
| 3 | | 48000 |

(2) यह मानते हुए कि अन्तराल 2 के लिए वास्तविक उत्पादन ऊपर (1) में निकाले गये मान के बराबर है, अन्तराल 3 के लिए उत्पादन लेवल निकालिये (A) चेस, (B) लेवल तथा (C) इन्टरमिडिएट स्ट्रेटैजी का प्रयोग करते हुए। 10

*(ii)* एक कम्पनी दो उत्पादों $A$ और $B$ का निर्माण करती है। दोनों उत्पादों के लिए निर्माण और बिक्री के आँकड़े नीचे दिये हैं :

| *विभाग* | *उत्पाद A* | *उत्पाद B* | *क्षमता* |
|---|---|---|---|
| वेल्डिंग | 2·0 जन-घंटे | 2·5 जन-घंटे | 1000 जन-घंटे |
| मशीन | 3·0 जन-घंटे | 1·5 जन-घंटे | 1200 जन-घंटे |
| ऐसेम्ब्लि | 1·5 जन-घंटे | 4·0 जन-घंटे | 1200 जन-घंटे |
| *लाभ* | 120 रु० | 100 रु० | |

(1) समस्या की रचना कीजिये।

(2) उत्पाद मिश्रण निकालिये, जो मुनाफे को अधिकतम करे। 10

**8.** *(a)* *(i)* Describe the applications of abrasive-jet machining. 5

*(ii)* What are the differences between electrolyte and dielectric? 5

*(iii)* What is wire EDM process? Explain the reasons for its popularity. 10

*(b)* *(i)* With a figure, explain '3–2–1' method of location. 10

*(ii)* Draw leaf jig and mention its advantages. 10

*(c)* *(i)* Give the steps for sequencing $n$ jobs through 2 machines for minimum elapsed time. 5

*(ii)* A foreman wants to process four different jobs on three machines *A*, *B* and *C* in his shop. The order of machining for all the jobs is fixed, i.e., *A*, *B* and *C*. The processing time for all the jobs are given in the table below :

| *Job* | *Machine* | | |
|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* |
| *1* | 40 | 10 | 10 |
| *2* | 50 | 15 | 5 |
| *3* | 30 | 8 | 15 |
| *4* | 25 | 20 | 10 |

Decide the optimal sequence for the jobs to minimize the elapsed time between start of the first job to completion of the last job. 15

**8.** (क) *(i)* एब्रेसिव-जेट मशीनिंग के उपयोगों का वर्णन कीजिये। 5

*(ii)* विद्युत्-अपघट्य (इलेक्ट्रोलाइट) और परावैद्युत (डाइ-इलेक्ट्रिक) में क्या अन्तर हैं? 5

*(iii)* वायर EDM प्रक्रम क्या है? इसके लोकप्रिय होने के कारणों को समझाइये। 10

(ख) *(i)* एक चित्र द्वारा स्थिति (लोकेसन) की '3–2–1' विधि को समझाइये। 10

*(ii)* लीफ जिग बनाइये और इसके लाभ बताइये। 10

(ग) *(i)* $n$ जॉबों को दो मशीनों पर न्यूनतम समय में करने के लिए अनुक्रमण (सिक्वेन्सिंग) के विभिन्न चरण दीजिये। 5

*(ii)* एक फोरमैन चार विभिन्न जॉबों को तीन मशीनों $A$, $B$ और $C$ पर अपनी शॉप में करना चाहता है। मशीनिंग का क्रम प्रत्येक जॉब के लिए $A$, $B$ एवं $C$ निर्धारित है। हर जॉब को पूरा करने का समय नीचे तालिका में दिया है :

| *जॉब* | *मशीन* | | |
|---|---|---|---|
| | *A* | *B* | *C* |
| *1* | 40 | 10 | 10 |
| *2* | 50 | 15 | 5 |
| *3* | 30 | 8 | 15 |
| *4* | 25 | 20 | 10 |

जॉबों का इष्टतम क्रम निकालिये, जो पहले जॉब के शुरू होने से अन्तिम जॉब के समाप्त होने तक बीते हुए समय को न्यूनतम कर दे। 15

★ ★ ★

**C–DTN–J–NFA**

# यांत्रिक इन्जीनियरी

## प्रश्न-पत्र—I

समय : तीन घण्टे

पूर्णांक : 300

---

## अनुदेश

*प्रत्येक प्रश्न हिन्दी और अंग्रेजी दोनों में छपा है।*

*प्रश्नों के उत्तर उसी माध्यम में लिखे जाने चाहिए जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख उत्तर-पुस्तक के मुख-पृष्ठ पर अंकित निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए। प्रवेश-पत्र पर उल्लिखित माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे।*

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

*प्रत्येक प्रश्न के लिए नियत अंक प्रश्न के अन्त में दिए गए हैं।*

*प्रतीक/संकेत प्रचलित अर्थों में प्रयुक्त हैं, अन्यथा निर्दिष्ट हैं।*

*यदि कुछ आँकड़े अपर्याप्त प्रतीत हों, तो उचित मान स्वयं स्थापित कर लीजिए तथा उनको निर्दिष्ट कीजिए।*

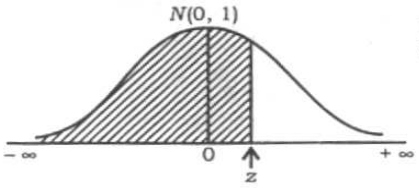
*यदि आवश्यक हो, तो 1 किलोन्यूटन (1 kN) = 100 किलोग्राम (100 kg) के आधार पर न्यूटन को किलोग्राम में परिवर्तित किया जा सकता है।*

---

**Note :** English version of the Instructions is printed on the front cover of this question paper.

[ For Question No. **7.** *(b) (ii)* ]

**Cumulative Distribution Function for the Standard Normal Distribution (SND)**




For the SND, the table gives the cdf value at z, that is

$$\int_{-\infty}^{z} N(0, 1)dz$$

| z | 0·00 | 0·01 | 0·02 | 0·03 | 0·04 | 0·05 | 0·06 | 0·07 | 0·08 | 0·09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| − 3·5 | 0·00023 | 0·00022 | 0·00022 | 0·00021 | 0·00020 | 0·00019 | 0·00019 | 0·00018 | 0·00017 | 0·00017 |
| − 3·4 | 0·00034 | 0·00033 | 0·00031 | 0·00030 | 0·00029 | 0·00028 | 0·00027 | 0·00026 | 0·00025 | 0·00024 |
| − 3·3 | 0·00048 | 0·00047 | 0·00045 | 0·00043 | 0·00042 | 0·00040 | 0·00039 | 0·00038 | 0·00036 | 0·00035 |
| − 3·2 | 0·00069 | 0·00066 | 0·00064 | 0·00062 | 0·00060 | 0·00058 | 0·00056 | 0·00054 | 0·00052 | 0·00050 |
| − 3·1 | 0·00097 | 0·00094 | 0·00090 | 0·00087 | 0·00085 | 0·00082 | 0·00079 | 0·00076 | 0·00074 | 0·00071 |
| − 3·0 | 0·00135 | 0·00131 | 0·00126 | 0·00122 | 0·00118 | 0·00114 | 0·00111 | 0·00107 | 0·00104 | 0·00100 |
| − 2·9 | 0·0019 | 0·0018 | 0·0017 | 0·0017 | 0·0016 | 0·0016 | 0·0015 | 0·0015 | 0·0014 | 0·0014 |
| − 2·8 | 0·0026 | 0·0025 | 0·0024 | 0·0023 | 0·0023 | 0·0022 | 0·0021 | 0·0021 | 0·0020 | 0·0019 |
| − 2·7 | 0·0035 | 0·0034 | 0·0033 | 0·0032 | 0·0031 | 0·0030 | 0·0029 | 0·0028 | 0·0027 | 0·0026 |
| − 2·6 | 0·0047 | 0·0045 | 0·0044 | 0·0043 | 0·0041 | 0·0040 | 0·0039 | 0·0038 | 0·0037 | 0·0036 |
| − 2·5 | 0·0062 | 0·0060 | 0·0059 | 0·0057 | 0·0055 | 0·0054 | 0·0052 | 0·0051 | 0·0049 | 0·0048 |
| − 2·4 | 0·0082 | 0·0080 | 0·0078 | 0·0075 | 0·0073 | 0·0071 | 0·0069 | 0·0068 | 0·0066 | 0·0064 |
| − 2·3 | 0·0107 | 0·0104 | 0·0102 | 0·0099 | 0·0096 | 0·0094 | 0·0091 | 0·0089 | 0·0087 | 0·0084 |
| − 2·2 | 0·0139 | 0·0136 | 0·0132 | 0·0129 | 0·0125 | 0·0122 | 0·0119 | 0·0116 | 0·0113 | 0·0110 |
| − 2·1 | 0·0179 | 0·0174 | 0·0170 | 0·0166 | 0·0162 | 0·0158 | 0·0154 | 0·0150 | 0·0146 | 0·0143 |
| − 2·0 | 0·0228 | 0·0222 | 0·0217 | 0·0212 | 0·0207 | 0·0202 | 0·0197 | 0·0192 | 0·0188 | 0·0183 |
| − 1·9 | 0·0287 | 0·0281 | 0·0274 | 0·0268 | 0·0262 | 0·0256 | 0·0250 | 0·0244 | 0·0239 | 0·0233 |
| − 1·8 | 0·0359 | 0·0351 | 0·0344 | 0·0336 | 0·0329 | 0·0322 | 0·0314 | 0·0307 | 0·0301 | 0·0294 |
| − 1·7 | 0·0446 | 0·0436 | 0·0427 | 0·0418 | 0·0409 | 0·0401 | 0·0392 | 0·0384 | 0·0375 | 0·0367 |
| − 1·6 | 0·0548 | 0·0537 | 0·0526 | 0·0516 | 0·0505 | 0·0495 | 0·0485 | 0·0475 | 0·0465 | 0·0455 |
| − 1·5 | 0·0668 | 0·0655 | 0·0643 | 0·0630 | 0·0618 | 0·0606 | 0·0594 | 0·0582 | 0·0571 | 0·0559 |
| − 1·4 | 0·0808 | 0·0793 | 0·0778 | 0·0764 | 0·0749 | 0·0735 | 0·0721 | 0·0708 | 0·0694 | 0·0581 |
| − 1·3 | 0·0968 | 0·0951 | 0·0934 | 0·0918 | 0·0901 | 0·0885 | 0·0869 | 0·0853 | 0·0838 | 0·0823 |
| − 1·2 | 0·1151 | 0·1131 | 0·1112 | 0·1093 | 0·1075 | 0·1057 | 0·1038 | 0·1020 | 0·1003 | 0·0985 |
| − 1·1 | 0·1357 | 0·1335 | 0·1314 | 0·1292 | 0·1271 | 0·1251 | 0·1230 | 0·1210 | 0·1190 | 0·1170 |
| − 1·0 | 0·1587 | 0·1562 | 0·1539 | 0·1515 | 0·1492 | 0·1469 | 0·1446 | 0·1423 | 0·1401 | 0·1379 |
| − 0·9 | 0·1841 | 0·1814 | 0·1788 | 0·1762 | 0·1736 | 0·1711 | 0·1685 | 0·1660 | 0·1635 | 0·1611 |
| − 0·8 | 0·2119 | 0·2090 | 0·2061 | 0·2033 | 0·2005 | 0·1977 | 0·1949 | 0·1922 | 0·1894 | 0·1867 |
| − 0·7 | 0·2420 | 0·2389 | 0·2358 | 0·2327 | 0·2297 | 0·2266 | 0·2236 | 0·2207 | 0·2177 | 0·2148 |
| − 0·6 | 0·2743 | 0·2709 | 0·2676 | 0·2643 | 0·2611 | 0·2578 | 0·2546 | 0·2514 | 0·2483 | 0·2451 |
| − 0·5 | 0·3085 | 0·3050 | 0·3015 | 0·2981 | 0·2946 | 0·2912 | 0·2877 | 0·2843 | 0·2810 | 0·2776 |
| − 0·4 | 0·3446 | 0·3409 | 0·3372 | 0·3336 | 0·3300 | 0·3264 | 0·3228 | 0·3192 | 0·3156 | 0·3121 |
| − 0·3 | 0·3821 | 0·3783 | 0·3745 | 0·3707 | 0·3669 | 0·3632 | 0·3594 | 0·3557 | 0·3520 | 0·3483 |
| − 0·2 | 0·4207 | 0·4168 | 0·4129 | 0·4090 | 0·4052 | 0·4013 | 0·3974 | 0·3936 | 0·3897 | 0·3859 |
| − 0·1 | 0·4602 | 0·4562 | 0·4522 | 0·4483 | 0·4443 | 0·4404 | 0·4364 | 0·4325 | 0·4286 | 0·4247 |
| − 0·0 | 0·5000 | 0·4960 | 0·4920 | 0·4880 | 0·4840 | 0·4801 | 0·4761 | 0·4721 | 0·4681 | 0·4641 |

**Cumulative Distribution Function for the Standard Normal Distribution (SND)**

| z | 0·00 | 0·01 | 0·02 | 0·03 | 0·04 | 0·05 | 0·06 | 0·07 | 0·08 | 0·09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + 0·0 | 0·5000 | 0·5040 | 0·5080 | 0·5120 | 0·5160 | 0·5199 | 0·5239 | 0·5279 | 0·5319 | 0·5359 |
| + 0·1 | 0·5398 | 0·5438 | 0·5478 | 0·5517 | 0·5557 | 0·5596 | 0·5636 | 0·5675 | 0·5714 | 0·5753 |
| + 0·2 | 0·5793 | 0·5832 | 0·5871 | 0·5910 | 0·5948 | 0·5987 | 0·6026 | 0·6064 | 0·6103 | 0·6141 |
| + 0·3 | 0·6179 | 0·6217 | 0·6255 | 0·6293 | 0·6331 | 0·6368 | 0·6406 | 0·6443 | 0·6480 | 0·6517 |
| + 0·4 | 0·6554 | 0·6591 | 0·6628 | 0·6664 | 0·6700 | 0·6736 | 0·6772 | 0·6808 | 0·6844 | 0·6870 |
| + 0·5 | 0·6915 | 0·6950 | 0·6985 | 0·7019 | 0·7054 | 0·7088 | 0·7123 | 0·7157 | 0·7190 | 0·7224 |
| + 0·6 | 0·7257 | 0·7291 | 0·7324 | 0·7357 | 0·7389 | 0·7422 | 0·7454 | 0·7486 | 0·7517 | 0·7549 |
| + 0·7 | 0·7580 | 0·7611 | 0·7642 | 0·7673 | 0·7704 | 0·7734 | 0·7764 | 0·7794 | 0·7823 | 0·7852 |
| + 0·8 | 0·7881 | 0·7910 | 0·7939 | 0·7967 | 0·7995 | 0·8023 | 0·8051 | 0·8079 | 0·8106 | 0·8133 |
| + 0·9 | 0·8159 | 0·8186 | 0·8212 | 0·8238 | 0·8264 | 0·8289 | 0·8315 | 0·8340 | 0·8365 | 0·8389 |
| + 1·0 | 0·8413 | 0·8438 | 0·8461 | 0·8485 | 0·8508 | 0·8531 | 0·8554 | 0·8577 | 0·8599 | 0·8621 |
| + 1·1 | 0·8643 | 0·8665 | 0·8686 | 0·8708 | 0·8729 | 0·8749 | 0·8770 | 0·8790 | 0·8810 | 0·8830 |
| + 1·2 | 0·8849 | 0·8869 | 0·8888 | 0·8907 | 0·8925 | 0·8944 | 0·8962 | 0·8980 | 0·8997 | 0·9015 |
| + 1·3 | 0·9032 | 0·9049 | 0·9066 | 0·9082 | 0·9099 | 0·9115 | 0·9131 | 0·9147 | 0·9162 | 0·9177 |
| + 1·4 | 0·9192 | 0·9207 | 0·9222 | 0·9236 | 0·9251 | 0·9265 | 0·9279 | 0·9292 | 0·9306 | 0·9319 |
| + 1·5 | 0·9332 | 0·9345 | 0·9357 | 0·9370 | 0·9382 | 0·9394 | 0·9406 | 0·9418 | 0·9429 | 0·9441 |
| + 1·6 | 0·9452 | 0·9463 | 0·9474 | 0·9484 | 0·9495 | 0·9505 | 0·9515 | 0·9525 | 0·9535 | 0·9545 |
| + 1·7 | 0·9554 | 0·9564 | 0·9573 | 0·9582 | 0·9591 | 0·9599 | 0·9608 | 0·9616 | 0·9625 | 0·9633 |
| + 1·8 | 0·9641 | 0·9649 | 0·9656 | 0·9664 | 0·9671 | 0·9678 | 0·9686 | 0·9693 | 0·9699 | 0·9706 |
| + 1·9 | 0·9713 | 0·9719 | 0·9726 | 0·9732 | 0·9738 | 0·9744 | 0·9750 | 0·9756 | 0·9761 | 0·9767 |
| + 2·0 | 0·9773 | 0·9778 | 0·9783 | 0·9788 | 0·9793 | 0·9798 | 0·9803 | 0·9808 | 0·9812 | 0·9817 |
| + 2·1 | 0·9821 | 0·9826 | 0·9830 | 0·9834 | 0·9838 | 0·9842 | 0·9846 | 0·9850 | 0·9854 | 0·9857 |
| + 2·2 | 0·9861 | 0·9864 | 0·9868 | 0·9871 | 0·9875 | 0·9878 | 0·9881 | 0·9884 | 0·9887 | 0·9890 |
| + 2·3 | 0·9893 | 0·9896 | 0·9898 | 0·9901 | 0·9904 | 0·9906 | 0·9909 | 0·9911 | 0·9913 | 0·9916 |
| + 2·4 | 0·9918 | 0·9920 | 0·9922 | 0·9925 | 0·9927 | 0·9929 | 0·9931 | 0·9932 | 0·9934 | 0·9936 |
| + 2·5 | 0·9938 | 0·9940 | 0·9941 | 0·9943 | 0·9945 | 0·9946 | 0·9948 | 0·9949 | 0·9951 | 0·9952 |
| + 2·6 | 0·9953 | 0·9955 | 0·9956 | 0·9957 | 0·9959 | 0·9960 | 0·9961 | 0·9962 | 0·9963 | 0·9964 |
| + 2·7 | 0·9965 | 0·9966 | 0·9967 | 0·9968 | 0·9969 | 0·9970 | 0·9971 | 0·9972 | 0·9973 | 0·9974 |
| + 2·8 | 0·9974 | 0·9975 | 0·9976 | 0·9977 | 0·9977 | 0·9978 | 0·9979 | 0·9979 | 0·9980 | 0·9981 |
| + 2·9 | 0·9981 | 0·9982 | 0·9983 | 0·9983 | 0·9984 | 0·9984 | 0·9985 | 0·9985 | 0·9986 | 0·9986 |
| + 3·0 | 0·99865 | 0·99869 | 0·99874 | 0·99878 | 0·99882 | 0·99886 | 0·99889 | 0·99893 | 0·99896 | 0·99900 |
| + 3·1 | 0·99903 | 0·99906 | 0·99910 | 0·99913 | 0·99915 | 0·99918 | 0·99921 | 0·99924 | 0·99926 | 0·99929 |
| + 3·2 | 0·99931 | 0·99934 | 0·99936 | 0·99938 | 0·99940 | 0·99942 | 0·99944 | 0·99946 | 0·99948 | 0·99950 |
| + 3·3 | 0·99952 | 0·99953 | 0·99955 | 0·99957 | 0·99958 | 0·99960 | 0·99961 | 0·99962 | 0·99964 | 0·99965 |
| + 3·4 | 0·99966 | 0·99967 | 0·99969 | 0·99970 | 0·99971 | 0·99972 | 0·99973 | 0·99974 | 0·99975 | 0·99976 |
| + 3·5 | 0·99977 | 0·99978 | 0·99978 | 0·99979 | 0·99980 | 0·99981 | 0·99981 | 0·99982 | 0·99983 | 0·99983 |