

**MATHEMATICS****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.*

*Assume suitable data if considered necessary and indicate the same clearly.*

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

**Important Note :** *Whenever a question is being attempted, all its parts/sub-parts must be attempted contiguously. This means that before moving on to the next question to be attempted, candidates must finish attempting all parts/sub-parts of the previous question attempted. This is to be strictly followed.*

*Pages left blank in the answer-book are to be clearly struck out in ink. Any answers that follow pages left blank may not be given credit.*

---

---

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

### Section—A

1. (a) Define a function  $f$  of two real variables in the  $xy$ -plane by

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{x^3 \cos \frac{1}{y} + y^3 \cos \frac{1}{x}}{x^2 + y^2} & \text{for } x, y \neq 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Check the continuity and differentiability of  $f$  at  $(0, 0)$ . 12

- (b) Let  $p$  and  $q$  be positive real numbers such that  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$ . Show that for real numbers  $a, b \geq 0$

$$ab \leq \frac{a^p}{p} + \frac{b^q}{q} \quad 12$$

- (c) Prove or disprove the following statement : 12

If  $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$  is a basis for  $\mathbb{R}^5$  and  $V$  is a two-dimensional subspace of  $\mathbb{R}^5$ , then  $V$  has a basis made of just two members of  $B$ .

- (d) Let  $T: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  be the linear transformation defined by

$$T(\alpha, \beta, \gamma) = (\alpha + 2\beta - 3\gamma, 2\alpha + 5\beta - 4\gamma, \alpha + 4\beta + \gamma)$$

Find a basis and the dimension of the image of  $T$  and the kernel of  $T$ . 12

खण्ड—क

1. (क)  $xy$ -समतल में दो वास्तविक चरों के फलन  $f$  की

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{x^3 \cos \frac{1}{y} + y^3 \cos \frac{1}{x}}{x^2 + y^2} & x, y \neq 0 \text{ हेतु} \\ 0, & \text{अन्यथा} \end{cases}$$

द्वारा परिभाषा दीजिए।  $(0, 0)$  पर  $f$  के सांतत्य और अवकलनीयता की जाँच कीजिए। 12

- (ख) मान लीजिए  $p$  और  $q$  ऐसी धनात्मक वास्तविक संख्याएँ हैं कि  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1$  है। दर्शाइए कि वास्तविक संख्याओं

$$a, b \geq 0 \text{ के लिए } ab \leq \frac{a^p}{p} + \frac{b^q}{q} \text{ है।} \quad 12$$

- (ग) निम्नलिखित कथन को सिद्ध कीजिए अथवा उसका खण्डन कीजिए : 12

यदि  $\mathbb{R}^5$  के लिए  $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$  एक आधार हो और  $V$  एक द्वि-विमीय उपसमष्टि हो  $\mathbb{R}^5$  की, तो  $V$  का एक आधार होगा जो  $B$  के केवल दो सदस्यों से बना हुआ होगा।

- (घ) मान लीजिए  $T: \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$  एक रैखिक रूपान्तरण है, जो

$$T(\alpha, \beta, \gamma) = (\alpha + 2\beta - 3\gamma, 2\alpha + 5\beta - 4\gamma, \alpha + 4\beta + \gamma)$$

द्वारा परिभाषित है।  $T$  की अष्टि और  $T$  के प्रतिबिम्ब का एक आधार और विमा ज्ञात कीजिए। 12

- (e) Prove that two of the straight lines represented by the equation

$$x^3 + bx^2y + cxy^2 + y^3 = 0$$

will be at right angles, if  $b + c = -2$ . 12

2. (a) (i) Let  $V$  be the vector space of all  $2 \times 2$  matrices over the field of real numbers. Let  $W$  be the set consisting of all matrices with zero determinant. Is  $W$  a subspace of  $V$ ? Justify your answer. 8

- (ii) Find the dimension and a basis for the space  $W$  of all solutions of the following homogeneous system using matrix notation : 12

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 4x_5 = 0$$

$$2x_1 + 4x_2 + 8x_3 + x_4 + 9x_5 = 0$$

$$3x_1 + 6x_2 + 13x_3 + 4x_4 + 14x_5 = 0$$

- (b) (i) Consider the linear mapping  $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  by

$$f(x, y) = (3x + 4y, 2x - 5y)$$

Find the matrix  $A$  relative to the basis  $\{(1, 0), (0, 1)\}$  and the matrix  $B$  relative to the basis  $\{(1, 2), (2, 3)\}$ . 12

- (ii) If  $\lambda$  is a characteristic root of a non-singular matrix  $A$ , then prove that  $\frac{|A|}{\lambda}$  is a characteristic root of  $\text{Adj } A$ . 8

(ड) सिद्ध कीजिए कि समीकरण

$$x^3 + bx^2y + cxy^2 + y^3 = 0$$

द्वारा निरूपित ऋजु रेखाओं में से दो समकोणों पर होंगी,  
यदि  $b + c = -2$  हो।

12

2. (क) (i) मान लीजिए  $V$  वास्तविक संख्याओं के क्षेत्र पर सभी  $2 \times 2$  आव्यूहों की सदिश समष्टि है। मान लीजिए  $W$  शून्य सारणिक सहित सभी आव्यूहों वाला समुच्चय है। क्या  $W$  एक उपसमष्टि है  $V$  की? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिए।

8

(ii) निम्नलिखित समघात निकाय के सभी हलों की समष्टि  $W$  के लिए आव्यूह संकेतन का इस्तेमाल करते हुए विमा और एक आधार ज्ञात कीजिए :

12

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 + 4x_5 = 0$$

$$2x_1 + 4x_2 + 8x_3 + x_4 + 9x_5 = 0$$

$$3x_1 + 6x_2 + 13x_3 + 4x_4 + 14x_5 = 0$$

(ख) (i)  $f(x, y) = (3x + 4y, 2x - 5y)$  द्वारा रेखिक प्रतिचित्रण  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  पर विचार कीजिए। आधार  $\{(1, 0), (0, 1)\}$  से सम्बन्धित आव्यूह  $A$  और आधार  $\{(1, 2), (2, 3)\}$  से सम्बन्धित आव्यूह  $B$  ज्ञात कीजिए।

12

(ii) यदि  $\lambda$  व्युत्क्रमणीय आव्यूह  $A$  का एक अभिलाक्षणिक मूल हो, तो सिद्ध कीजिए कि  $\frac{|A|}{\lambda}$  एक अभिलाक्षणिक मूल है  $\text{Adj } A$  का।

8

(c) Let

$$H = \begin{pmatrix} 1 & i & 2+i \\ -i & 2 & 1-i \\ 2-i & 1+i & 2 \end{pmatrix}$$

be a Hermitian matrix. Find a non-singular matrix  $P$  such that  $D = P^T H \bar{P}$  is diagonal. 20

3. (a) Find the points of local extrema and saddle points of the function  $f$  of two variables defined by

$$f(x, y) = x^3 + y^3 - 63(x+y) + 12xy \quad 20$$

- (b) Define a sequence  $s_n$  of real numbers by

$$s_n = \sum_{i=1}^n \frac{(\log(n+i) - \log n)^2}{n+i}$$

Does  $\lim_{n \rightarrow \infty} s_n$  exist? If so, compute the value of this limit and justify your answer. 20

- (c) Find all the real values of  $p$  and  $q$  so that the integral  $\int_0^1 x^p (\log \frac{1}{x})^q dx$  converges. 20

4. (a) Compute the volume of the solid enclosed between the surfaces  $x^2 + y^2 = 9$  and  $x^2 + z^2 = 9$ . 20

(ग) मान लीजिए

$$H = \begin{pmatrix} 1 & i & 2+i \\ -i & 2 & 1-i \\ 2-i & 1+i & 2 \end{pmatrix}$$

एक हर्मिटी आव्यूह है। एक ऐसे व्युत्क्रमणीय आव्यूह  $P$  को ज्ञात कीजिए कि  $D = P^T H \bar{P}$  विकर्णी हो। 20

3. (क)  $f(x, y) = x^3 + y^3 - 63(x+y) + 12xy$  द्वारा परिभाषित दो चरों के फलन  $f$  के स्थानीय चरम मानों के बिन्दुओं और पल्याण बिन्दुओं को ज्ञात कीजिए। 20

(ख)  $s_n = \sum_{i=1}^n \frac{(\log(n+i) - \log n)^2}{n+i}$  द्वारा वास्तविक संख्याओं के अनुक्रम  $s_n$  की परिभाषा दीजिए। क्या  $\lim_{n \rightarrow \infty} s_n$  का अस्तित्व है? यदि ऐसा है, तो इस सीमा के मान का परिकलन कीजिए और अपने उत्तर के पक्ष में तर्क प्रस्तुत कीजिए। 20

(ग)  $p$  और  $q$  के सभी वास्तविक मानों को ज्ञात कीजिए, ताकि समाकल  $\int_0^1 x^p (\log \frac{1}{x})^q dx$  अभिसरण करे। 20

4. (क) पृष्ठों  $x^2 + y^2 = 9$  और  $x^2 + z^2 = 9$  के बीच परिवर्द्ध ठोस के आयतन का परिकलन कीजिए। 20

- (b) A variable plane is parallel to the plane

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 0$$

and meets the axes in  $A$ ,  $B$ ,  $C$  respectively. Prove that the circle  $ABC$  lies on the cone

$$yz\left(\frac{b}{c} + \frac{c}{b}\right) + zx\left(\frac{c}{a} + \frac{a}{c}\right) + xy\left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a}\right) = 0 \quad 20$$

- (c) Show that the locus of a point from which the three mutually perpendicular tangent lines can be drawn to the paraboloid  $x^2 + y^2 + 2z = 0$  is

$$x^2 + y^2 + 4z = 1 \quad 20$$

### Section—B

5. (a) Solve

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2xye^{(x/y)^2}}{y^2(1 + e^{(x/y)^2}) + 2x^2e^{(x/y)^2}} \quad 12$$

- (b) Find the orthogonal trajectories of the family of curves  $x^2 + y^2 = ax$ . 12

- (c) Using Laplace transforms, solve the initial value problem

$$y'' + 2y' + y = e^{-t}, \quad y(0) = -1, \quad y'(0) = 1 \quad 12$$



(ख) एक चर समतल अन्य समतल

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 0$$

के समान्तर है और क्रमशः  $A, B, C$  में अक्षों से मिलता है। सिद्ध कीजिए कि वृत्त  $ABC$ , शंकु

$$yz\left(\frac{b}{c} + \frac{c}{b}\right) + zx\left(\frac{c}{a} + \frac{a}{c}\right) + xy\left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a}\right) = 0$$

पर स्थित है। 20

(ग) दर्शाइए कि एक ऐसे बिन्दु, जहाँ से परवलयज  $x^2 + y^2 + 2z = 0$  तक तीन परस्पर लम्ब स्पर्श-रेखाएँ खींची जा सकती हैं, का बिन्दुपथ  $x^2 + y^2 + 4z = 1$  है। 20

### खण्ड—ख

5. (क) हल कीजिए : 12

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2xye^{(x/y)^2}}{y^2(1 + e^{(x/y)^2}) + 2x^2e^{(x/y)^2}}$$

(ख) वक्र-कुलों  $x^2 + y^2 = ax$  के लम्बकोणीय प्रपथों को ज्ञात कीजिए। 12

(ग) लाप्लास रूपान्तरों का इस्तेमाल करते हुए प्रारम्भिक मान समस्या

$$y'' + 2y' + y = e^{-t}, y(0) = -1, y'(0) = 1$$

को हल कीजिए। 12

- (d) A particle moves with an acceleration

$$\mu \left( x + \frac{a^4}{x^3} \right)$$

towards the origin. If it starts from rest at a distance  $a$  from the origin, find its velocity when its distance from the origin is  $\frac{a}{2}$ .

12

- (e) If

$$\vec{A} = x^2yz\vec{i} - 2xz^3\vec{j} + xz^2\vec{k}$$

$$\vec{B} = 2z\vec{i} + y\vec{j} - x^2\vec{k}$$

find the value of  $\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} (\vec{A} \times \vec{B})$  at  $(1, 0, -2)$ .

12

6. (a) Show that the differential equation

$$(2xy \log y) dx + (x^2 + y^2 \sqrt{y^2 + 1}) dy = 0$$

is not exact. Find an integrating factor and hence, the solution of the equation. 20

- (b) Find the general solution of the equation  $y''' - y'' = 12x^2 + 6x$ . 20

- (c) Solve the ordinary differential equation  $x(x-1)y'' - (2x-1)y' + 2y = x^2(2x-3)$  20

(घ) एक कण त्वरण

$$\mu \left( x + \frac{a^4}{x^3} \right)$$

के साथ उद्गम की ओर गति करता है। यदि वह विरामावस्था से उद्गम से दूरी  $a$  से शुरू करे, तो उद्गम से  $\frac{a}{2}$  की दूरी पर उसके वेग को ज्ञात कीजिए। 12

(ड) यदि

$$\vec{A} = x^2yz\vec{i} - 2xz^3\vec{j} + xz^2\vec{k}$$

$$\vec{B} = 2z\vec{i} + y\vec{j} - x^2\vec{k}$$

तो  $(1, 0, -2)$  पर  $\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} (\vec{A} \times \vec{B})$  का मान ज्ञात कीजिए। 12

6. (क) दर्शाइए कि अवकल समीकरण

$$(2xy \log y) dx + (x^2 + y^2 \sqrt{y^2 + 1}) dy = 0$$

यथातथ्य नहीं है। समाकलन गुणक ज्ञात कीजिए और अतएव समीकरण का हल ज्ञात कीजिए। 20

(ख) समीकरण  $y''' - y'' = 12x^2 + 6x$  का व्यापक हल ज्ञात कीजिए। 20

(ग) साधारण अवकल समीकरण

$$x(x-1)y'' - (2x-1)y' + 2y = x^2(2x-3)$$

को हल कीजिए। 20

7. (a) A heavy ring of mass  $m$ , slides on a smooth vertical rod and is attached to a light string which passes over a small pulley distant  $a$  from the rod and has a mass  $M (> m)$  fastened to its other end. Show that if the ring be dropped from a point in the rod in the same horizontal plane as the pulley, it will descend a distance  $\frac{2Mma}{M^2 - m^2}$  before coming to rest. 20
- (b) A heavy hemispherical shell of radius  $a$  has a particle attached to a point on the rim, and rests with the curved surface in contact with a rough sphere of radius  $b$  at the highest point. Prove that if  $\frac{b}{a} > \sqrt{5} - 1$ , the equilibrium is stable, whatever be the weight of the particle. 20
- (c) The end links of a uniform chain slide along a fixed rough horizontal rod. Prove that the ratio of the maximum span to the length of the chain is

$$\mu \log \left[ \frac{1 + \sqrt{1 + \mu^2}}{\mu} \right]$$

where  $\mu$  is the coefficient of friction. 20

8. (a) Derive the Frenet-Serret formulae. Define the curvature and torsion for a space curve. Compute them for the space curve

$$x = t, \quad y = t^2, \quad z = \frac{2}{3}t^3$$

Show that the curvature and torsion are equal for this curve. 20

7. (क) द्रव्यमान  $m$  का एक भारी वलय, एक चिक्कण ऊर्ध्वाधर छड़ पर सर्पण करता है और वह एक ऐसी हल्की डोर से जुड़ा हुआ है जो छड़ से दूरी  $a$  पर एक छोटी घिरनी पर से गुजरती है और जिसके दूसरे सिरे पर एक द्रव्यमान  $M (> m)$  जुड़ा हुआ है। दर्शाइए कि यदि वलय को छड़ में एक ऐसे बिन्दु से गिरा दिया जाय जो घिरनी के क्षैतिज समतल में हो, तो विरामावस्था तक पहुँचने से पूर्व वह वलय दूरी  $\frac{2Mma}{M^2 - m^2}$  तक नीचे उतर आएगा। 20

- (ख) त्रिज्या  $a$  के एक भारी अर्धगोलीय खोल के रिम पर एक बिन्दु पर एक कण जुड़ा हुआ है और वह खोल, त्रिज्या  $b$  के एक खुरदरे गोलक के साथ उच्चतम बिन्दु पर सम्पर्क में अपने वक्र पृष्ठ पर टिका हुआ है। सिद्ध कीजिए कि यदि  $\frac{b}{a} > \sqrt{5} - 1$  हो, तो कण का भार चाहे जो भी हो, साम्यावस्था स्थायी ही होगी। 20

- (ग) एक एकसमान शृंखला (चेन) के सिरे की कड़ियाँ एक आबद्ध खुरदरी क्षैतिज छड़ के साथ-साथ सरकती हैं। सिद्ध कीजिए कि अधिकतम विस्तृति का चेन की लम्बाई पर अनुपात  $\mu \log \left[ \frac{1 + \sqrt{1 + \mu^2}}{\mu} \right]$  है, जहाँ  $\mu$  घर्षण गुणांक है। 20

8. (क) फ्रेनेट-सेरेट फॉर्मूले व्युत्पन्न कीजिए। आकाश वक्र के लिए वक्रता और विमोटन की परिभाषा दीजिए। आकाश वक्र

$$x = t, \quad y = t^2, \quad z = \frac{2}{3}t^3$$

- के लिए उनका परिकलन कीजिए। दर्शाइए कि इस वक्र के लिए वक्रता और विमोटन बराबर हैं। 20

(b) Verify Green's theorem in the plane for

$$\oint_C [(xy + y^2) dx + x^2 dy]$$

where  $C$  is the closed curve of the region bounded by  $y = x$  and  $y = x^2$ .

20

(c) If  $\vec{F} = y\vec{i} + (x - 2xz)\vec{j} - xy\vec{k}$ , evaluate

$$\iiint_S (\vec{\nabla} \times \vec{F}) \cdot \vec{n} \, d\vec{s}$$

where  $S$  is the surface of the sphere  $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$  above the  $xy$ -plane.

20

(ख)  $\int_C [(xy + y^2) dx + x^2 dy]$  के लिए समतल में ग्रीन के प्रमेय का सत्यापन कीजिए, जहाँ  $C$  संवृत वक्र है,  $y = x$  और  $y = x^2$  द्वारा परिबद्ध प्रदेश का। 20

(ग) यदि  $\vec{F} = y\vec{i} + (x - 2xz)\vec{j} - xy\vec{k}$ , तो

$$\iint_S (\vec{\nabla} \times \vec{F}) \cdot \vec{n} \, d\vec{s}$$

का मानांकन कीजिए, जहाँ  $S$  गोलक  $x^2 + y^2 + z^2 = a^2$  का  $xy$ -समतल से ऊपर का पृष्ठ है। 20

\*\*\*

**गणित****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 अंत में दिए गए हैं।

यदि आवश्यक हो, तो उपयुक्त आँकड़ों का चयन कीजिए तथा उनको निर्दिष्ट कीजिए।

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

**विशेष निर्देश :** यह आवश्यक है कि जब भी किसी प्रश्न का उत्तर दे रहे हों, तब उस प्रश्न के सभी भागों/उप-भागों के उत्तर साथ-साथ दें। इसका अर्थ यह है कि अगले प्रश्न का उत्तर लिखने के लिए आगे बढ़ने से पूर्व पिछले प्रश्न के सभी भागों/उप-भागों के उत्तर समाप्त हो जाएँ। इस बात का कड़ाई से अनुसरण कीजिए।

उत्तर-पुस्तक में खाली छोड़े हुए पृष्ठों को स्याही से स्पष्ट रूप से काट दीजिए। खाली छूटे हुए पृष्ठों के बाद लिखे हुए उत्तरों के अंक न दिए जाएँ, ऐसा हो सकता है।

---

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



Sl. No.

F-DTN-M-NUIB

**MATHEMATICS****Paper II**

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. Assume suitable data if considered necessary and indicate the same clearly.

Symbols and notations carry usual meaning, unless otherwise indicated.

All questions carry equal marks.

A graph sheet is attached to this question paper for use by the candidate. The graph sheet is to be carefully detached from the question paper and securely fastened to the answer-book.

**Important :** Whenever a Question is being attempted, all its parts/sub-parts must be attempted contiguously. This means that before moving on to the next Question to be attempted, candidates must finish attempting all parts/sub-parts of the previous Question attempted. This is to be strictly followed.

Pages left blank in the answer-book are to be clearly struck out in ink. Any answers that follow pages left blank may not be given credit.

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

## Section 'A'

1. (a) How many elements of order 2 are there in the group of order 16 generated by  $a$  and  $b$  such that the order of  $a$  is 8, the order of  $b$  is 2 and  $bab^{-1} = a^{-1}$ . 12

(b) Let

$$f_n(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x < \frac{1}{n+1}, \\ \sin \frac{\pi}{x}, & \text{if } \frac{1}{n+1} \leq x \leq \frac{1}{n}, \\ 0, & \text{if } x > \frac{1}{n}. \end{cases}$$

Show that  $f_n(x)$  converges to a continuous function but not uniformly. 12

(c) Show that the function defined by

$$f(z) = \begin{cases} \frac{x^3 y^5 (x + iy)}{x^6 + y^{10}}, & z \neq 0 \\ 0, & z = 0 \end{cases}$$

is not analytic at the origin though it satisfies Cauchy-Riemann equations at the origin. 12

खंड 'क'

1. (क)  $a$  और  $b$  के द्वारा जनित कोटि 16 के समूह में कोटि 2 के तत्व कितने होते हैं, ऐसे कि  $a$  की कोटि 8 हो,  $b$  की कोटि 2 हो और  $bab^{-1} = a^{-1}$  हो। 12

(ख) मान लीजिए

$$f_n(x) = \begin{cases} 0, & \text{यदि } x < \frac{1}{n+1}, \\ \sin \frac{\pi}{x}, & \text{यदि } \frac{1}{n+1} \leq x \leq \frac{1}{n}, \\ 0, & \text{यदि } x > \frac{1}{n}. \end{cases}$$

दर्शाइए कि  $f_n(x)$  संतत फलन को अभिसरित होता है, परन्तु एकसमान नहीं। 12

(ग) दर्शाइए कि

$$f(z) = \begin{cases} \frac{x^3 y^5 (x + iy)}{x^6 + y^{10}}, & z \neq 0 \\ 0, & z = 0 \end{cases}$$

के द्वारा परिभाषित फलन उद्गम पर विश्लेषिक नहीं है, यद्यपि वह उद्गम पर कौशी-रीमान समीकरणों को संतुष्ट करता है। 12

- (d) For each hour per day that Ashok studies mathematics, it yields him 10 marks and for each hour that he studies physics, it yields him 5 marks. He can study at most 14 hours a day and he must get at least 40 marks in each. Determine graphically how many hours a day he should study mathematics and physics each, in order to maximize his marks ? 12

- (e) Show that the series  $\sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\pi}{\pi+1} \right)^n n^6$  is convergent. 12

2. (a) How many conjugacy classes does the permutation group  $S_5$  of permutations 5 numbers have ? Write down one element in each class (preferably in terms of cycles). 15

(b) Let  $f(x, y) = \begin{cases} \frac{(x+y)^2}{x^2+y^2}, & \text{if } (x, y) \neq (0, 0) \\ 1, & \text{if } (x, y) = (0, 0). \end{cases}$

Show that  $\frac{\partial f}{\partial x}$  and  $\frac{\partial f}{\partial y}$  exist at  $(0, 0)$  though  $f(x, y)$  is not continuous at  $(0, 0)$ . 15

- (c) Use Cauchy integral formula to evaluate

$$\int_c \frac{e^{3z}}{(z+1)^4} dz, \text{ where } c \text{ is the circle } |z|=2.$$

15

(घ) अशोक के प्रतिदिन एक घण्टा गणित का अध्ययन करने पर, उसको 10 अंकों की प्राप्ति होती है और उसके भौतिकी के अध्ययन के प्रत्येक घण्टे के लिए उसको 5 अंकों की प्राप्ति होती है। वह प्रतिदिन अधिक से अधिक 14 घण्टे अध्ययन कर सकता है और उसके लिए प्रत्येक में कम से कम 40 अंक प्राप्त करना आवश्यक है।  
 ग्राफीयतः निर्धारण कीजिए कि अपने अंकों का अधिकतमीकरण करने के लिए, उसको प्रतिदिन कितने घण्टे गणित और कितने घण्टे भौतिकी का अध्ययन करना चाहिए। 12

(ङ) दर्शाइए कि श्रेणी  $\sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{\pi}{\pi+1} \right)^n n^6$  अभिसारी है। 12

2. (क) 5 संख्याओं के क्रमचय के क्रमचय समूह  $S_5$  के कितने संयुग्मन वर्ग होते हैं? प्रत्येक वर्ग में एक तत्व लिखिए (बेहतर होगा चक्रों के रूप में) 15

(ख) मान लीजिए

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{(x+y)^2}{x^2+y^2}, & \text{यदि } (x, y) \neq (0, 0) \\ 1, & \text{यदि } (x, y) = (0, 0). \end{cases}$$

दर्शाइए कि  $\frac{\partial f}{\partial x}$  और  $\frac{\partial f}{\partial y}$  का  $(0, 0)$  पर अस्तित्व है यद्यपि

$f(x, y)$  संतत नहीं है  $(0, 0)$  पर। 15

(ग)  $\int_c \frac{e^{3z}}{(z+1)^4} dz$ , का मूल्यांकन करने के लिए कौशी समाकल फार्मूला इस्तेमाल कीजिए, जहाँ  $c$  वृत्त  $|z|=2$  है। 15

- (d) Find the minimum distance of the line given by the planes  $3x + 4y + 5z = 7$  and  $x - z = 9$  from the origin, by the method of Lagrange's multipliers. 15

3. (a) Is the ideal generated by 2 and  $X$  in the polynomial ring  $\mathbb{Z}[X]$  of polynomials in a single variable  $X$  with coefficients in the ring of integers  $\mathbb{Z}$ , a principal ideal? Justify your answer. 15

- (b) Let  $f(x)$  be differentiable on  $[0, 1]$  such that

$$f(1) = f(0) = 0 \text{ and } \int_0^1 f^2(x) dx = 1. \text{ Prove that}$$

$$\int_0^1 x f(x) f'(x) dx = -\frac{1}{2}. \quad 15$$

- (c) Expand the function  $f(z) = \frac{1}{(z+1)(z+3)}$  in Laurent series valid for

- (i)  $1 < |z| < 3$  (ii)  $|z| > 3$  (iii)  $0 < |z+1| < 2$   
(iv)  $|z| < 1$  15

- (d) Evaluate by contour integration

$$I = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{1 - 2a \cos \theta + a^2}, \quad a^2 < 1. \quad 15$$

(घ) समतलों  $3x + 4y + 5z = 7$  और  $x - z = 9$  के द्वारा दत्त रेखा का, लग्रांज के गुणकों की विधि के द्वारा, उद्गम से न्यूनतम दूरी मालूम कीजिए। 15

3. (क) पूर्णाकों  $\mathbb{Z}$  के वलय में गुणांकों सहित एक ही चर  $X$  में बहुपदों के बहुपद वलय  $\mathbb{Z}[X]$  में 2 और  $X$  के द्वारा जनित गुणजावली क्या मुख्य गुणजावली होती है? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क प्रस्तुत कीजिए। 15

(ख) मान लीजिए कि  $f(x)$  अवकलनीय है  $[0, 1]$  पर, ऐसे कि

$$f(1) = f(0) = 0 \text{ और } \int_0^1 f^2(x) dx = 1. \text{ सिद्ध कीजिए कि}$$

$$\int_0^1 x f(x) f'(x) dx = -\frac{1}{2}. \quad 15$$

(ग) फलन  $f(z) = \frac{1}{(z+1)(z+3)}$  का,

(i)  $1 < |z| < 3$  (ii)  $|z| > 3$  (iii)  $0 < |z+1| < 2$

(iv)  $|z| < 1$  के लिए वैध, लौराँ श्रेणी में प्रसार कीजिए। 15

(घ) कंटूर समाकलन के द्वारा मूल्यांकन कीजिए

$$I = \int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{1 - 2a \cos \theta + a^2}, \quad a^2 < 1 \quad 15$$

4. (a) Describe the maximal ideals in the ring of Gaussian integers  $\mathbb{Z}[i] = \{a+bi \mid a, b \in \mathbb{Z}\}$ .

20

- (b) Give an example of a function  $f(x)$ , that is not Riemann integrable but  $|f(x)|$  is Riemann integrable. Justify.

20

- (c) By the method of Vogel, determine an initial basic feasible solution for the following transportation problem :

Products  $P_1, P_2, P_3$  and  $P_4$  have to be sent to destinations  $D_1, D_2$  and  $D_3$ . The cost of sending product  $P_i$  to destinations  $D_j$  is  $C_{ij}$ , where the matrix

$$[C_{ij}] = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 15 & 5 \\ 7 & 3 & 6 & 15 \\ 0 & 11 & 9 & 13 \end{bmatrix}.$$

The total requirements of destinations  $D_1, D_2$  and  $D_3$  are given by 45, 45, 95 respectively and the availability of the products  $P_1, P_2, P_3$  and  $P_4$  are respectively 25, 35, 55 and 70.

20

### Section 'B'

5. (a) Solve the partial differential equation

$$(D - 2D')(D - D')^2 z = e^{x+y}. \quad 12$$

- (b) Use Newton-Raphson method to find the real root of the equation  $3x = \cos x + 1$  correct to four decimal places.

12



4. (क) गाउसीय पूर्णांकों

$\mathbb{Z}[i] = \{a+bi \mid a, b \in \mathbb{Z}\}$  के वलय में उच्चिष्ठ गुणजावलियों का वर्णन कीजिए। 20

(ख) फलन  $f(x)$  का एक ऐसा उदाहरण प्रस्तुत कीजिए, जो रीमान समाकलनीय न हो परंतु  $|f(x)|$  रीमान समाकलनीय हो। उत्तर उचित ठहराइए। 20

(ग) निम्नलिखित परिवहन समस्या के लिए, वोगेल की विधि के द्वारा, आरंभिक आधारिक साध्य हल का निर्धारण कीजिए :

उत्पादों  $P_1, P_2, P_3$  और  $P_4$  को गंतव्यों  $D_1, D_2$  और  $D_3$  तक भेजना है। उत्पाद  $P_i$  को गंतव्यों  $D_j$  तक भेजने की लागत  $C_{ij}$  है, जहाँ आव्यूह

$$[C_{ij}] = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 15 & 5 \\ 7 & 3 & 6 & 15 \\ 0 & 11 & 9 & 13 \end{bmatrix}$$

गंतव्यों  $D_1, D_2$  और  $D_3$  की कुल आवश्यकताएं क्रमशः 45, 45, 95 हैं, और उत्पादों  $P_1, P_2, P_3$  और  $P_4$  की उपलब्धता क्रमशः 25, 35, 55 और 70 हैं। 20

खंड 'ख'

5. (क) आंशिक अवकल समीकरण

$$(D - 2D')(D - D')^2 z = e^{x+y} \text{ हल कीजिए। } 12$$

(ख) समीकरण  $3x = \cos x + 1$  का, चार दशमलव स्थानों तक सही, वास्तविक मूल मालूम करने के लिए, न्यूटन-रैफसन विधि का इस्तेमाल कीजिए। 12

- (c) Provide a computer algorithm to solve an ordinary differential equation  $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$  in the interval  $[a, b]$  for  $n$  number of discrete points, where the initial value is  $y(a) = \alpha$ , using Euler's method. 12
- (d) Obtain the equations governing the motion of a spherical pendulum. 12
- (e) A rigid sphere of radius  $a$  is placed in a stream of fluid whose velocity in the undisturbed state is  $V$ . Determine the velocity of the fluid at any point of the disturbed stream. 12
6. (a) Solve the partial differential equation  $px + qy = 3z$ . 20
- (b) A string of length  $l$  is fixed at its ends. The string from the mid-point is pulled up to a height  $k$  and then released from rest. Find the deflection  $y(x, t)$  of the vibrating string. 20
- (c) Solve the following system of simultaneous equations, using Gauss-Seidel iterative method :
- $$\begin{aligned} 3x + 20y - z &= -18 \\ 20x + y - 2z &= 17 \\ 2x - 3y + 20z &= 25. \end{aligned} \quad 20$$
7. (a) Find  $\frac{dy}{dx}$  at  $x = 0.1$  from the following data :
- |       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| $x :$ | 0.1    | 0.2    | 0.3    | 0.4    |
| $y :$ | 0.9975 | 0.9900 | 0.9776 | 0.9604 |
- 20

(ग) साधारण अवकल समीकरण  $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$  को अंतराल

$[a, b]$  में, असंतत बिंदुओं की  $n$  संख्या के लिए, इयूलर विधि का इस्तेमाल करते हुए, हल करने के लिए एक कंप्यूटर एल्गोरिथ्म प्रदान कीजिए, जहाँ आरंभिक मान  $y(a) = \alpha$  हो। 12

(घ) गोलोय लोलक की गति का नियंत्रण करने वाले समीकरणों को प्राप्त कीजिए। 12

(ङ) त्रिज्या  $a$  के एक दृढ़ गोलक को एक ऐसे तरल की धारा में रखा जाता है, जिसका अविक्षुब्ध अवस्था में वेग  $V$  है। उस तरल की विक्षुब्ध धारा के किसी बिंदु पर वेग का निर्धारण कीजिए। 12

6. (क) निम्नलिखित आंशिक अवकल समीकरण को हल कीजिए :  $px + qy = 3z$  20

(ख) लंबाई  $l$  का एक तार अपने दोनों सिरों पर बंधा हुआ है। उसके मध्य बिंदु से ऊँचाई  $k$  तक उसको ऊपर खींचा जाता है। और उसके बाद विरामावस्था से छोड़ दिया जाता है। कंपमान तार का विक्षेपण  $y(x, t)$  मालूम कीजिए। 20

(ग) गाउस-साइडेल पुनरावृत्तिमूलक विधि का इस्तेमाल करते हुए, युगपत् समीकरणों के निम्नलिखित तंत्र को हल कीजिए :

$$3x + 20y - z = -18$$

$$20x + y - 2z = 17$$

$$2x - 3y + 20z = 25. \quad 20$$

7. (क) निम्नलिखित आंकड़ों से  $\frac{dy}{dx}$  से  $x = 0.1$  मालूम कीजिए :

$x :$	0.1	0.2	0.3	0.4
$y :$	0.9975	0.9900	0.9776	0.9604

20

(b) The edge  $r = a$  of a circular plate is kept at temperature  $f(\theta)$ . The plate is insulated so that there is no loss of heat from either surface. Find the temperature distribution in steady state. 20

(c) In a certain examination, a candidate has to appear for one major and two minor subjects. The rules for declaration of results are : marks for major are denoted by  $M_1$  and for minors by  $M_2$  and  $M_3$ . If the candidate obtains 75% and above marks in each of the three subjects, the candidate is declared to have passed the examination in first class with distinction. If the candidate obtains 60% and above marks in each of the three subjects, the candidate is declared to have passed the examination in first class. If the candidate obtains 50% or above in major, 40% or above in each of the two minors and an average of 50% or above in all the three subjects put together, the candidate is declared to have passed the examination in second class. All those candidates, who have obtained 50% and above in major and 40% or above in minor, are declared to have passed the examination. If the candidate obtains less than 50% in major or less than 40% in any one of the two minors, the candidate is declared to have failed in the examinations. Draw a flow chart to declare the results for the above. 20

(ख) एक वृत्ताकार प्लेट के किनारे  $r = a$  को ताप  $f(\theta)$  पर रखा जाता है। प्लेट ऊष्मारोधी है ताकि किसी भी पृष्ठ से ऊष्मा की हानि न हो। स्थायी अवस्था में ताप वितरण मालूम कीजिए। 20

(ग) एक विशेष परीक्षा में, उम्मीदवार को एक मेजर और दो माइनर विषयों में परीक्षा देनी होती है। परिणामों की घोषणा के नियम हैं कि मेजर के लिए अंक  $M_1$  के द्वारा और माइनर के लिए अंक  $M_2$  और  $M_3$  के द्वारा चिह्नित किए जाते हैं। यदि कोई उम्मीदवार तीनों विषयों में 75% या उसके ऊपर अंक प्राप्त करता है तो उसको 'पास्ड विद डिस्टिंक्शन' घोषित किया जाता है। यदि उम्मीदवार को तीनों विषयों में 60% और ऊपर अंक मिलते हैं, तो उम्मीदवार को 'प्रथम श्रेणी में पास' घोषित किया जाता है। यदि उम्मीदवार को मेजर में 50% या ऊपर, दोनों माइनरों में 40% या ऊपर अंक प्राप्त होते हैं, और सभी विषयों में प्राप्तांकों की औसत में 50% या ऊपर अंक प्राप्त होते हैं तो उसको 'द्वितीय श्रेणी में पास' घोषित किया जाता है। उन सभी उम्मीदवारों को, जो मेजर में 50% या ऊपर और माइनरों में 40% या ऊपर अंक प्राप्त करते हैं, 'पास' घोषित किया जाता है। यदि उम्मीदवार को मेजर में 50% से या किसी भी माइनर में 40% से कम अंक प्राप्त होते हैं तो उस उम्मीदवार को 'फेल' घोषित किया जाता है। उपरोक्त के परिणामों की घोषणा करने के लिए एक प्रवाह चार्ट बनाइए। 20

8. (a) A pendulum consists of a rod of length  $2a$  and mass  $m$ ; to one end of which a spherical bob of radius  $a/3$  and mass  $15m$  is attached. Find the moment of inertia of the pendulum :

(i) about an axis through the other end of the rod and at right angles to the rod. 15

(ii) about a parallel axis through the centre of mass of the pendulum.

[Given : The centre of mass of the pendulum is  $a/12$  above the centre of the sphere.] 15

(b) Show that  $\phi = x f(r)$  is a possible form for the velocity potential for an incompressible fluid motion. If the fluid velocity  $\vec{q} \rightarrow 0$  as  $r \rightarrow \infty$ , find the surfaces of constant speed. 30

---

8. (क) एक लोलक  $2a$  लंबाई की एक छड़ और द्रव्यमान  $m$  से बना हुआ है। उसके एक सिरे पर त्रिज्या  $a/3$  और द्रव्यमान  $15 m$  का एक वृत्ताकार लटकन जुड़ा हुआ है। लोलक का जड़त्व आघूर्ण मालूम कीजिए :

(i) छड़ के दूसरे सिरे के बीच से गुजरने वाले और छड़ के समकोण अक्ष के इर्दगिर्द। 15

(ii) लोलक के द्रव्यमान-केन्द्र के बीच से समांतर अक्ष के इर्दगिर्द।

[दत्त : लोलक का द्रव्यमान-केन्द्र गोलक के केन्द्र से  $a/12$  ऊपर है।] 15

(ख) दर्शाइए कि  $\phi = x f(r)$  एक असंपीड्य तरल गति के वेग विभव के लिए एक संभव रूप है। यदि जैसे  $r \rightarrow \infty$ , तैसे तरल वेग  $\vec{v} \rightarrow 0$  हो, तो अपरिवर्ती रफ्तार के पृष्ठों को मालूम कीजिए। 30

## गणित

## प्रश्न-पत्र II

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। यदि आवश्यक हो तो उपयुक्त आँकड़ों का चयन कीजिए तथा उनको निर्दिष्ट कीजिए।

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

सभी प्रश्नों के अंक समान हैं।

इस प्रश्न पत्र के साथ उम्मीदवारों के उपयोग के लिए ग्राफ शीट संलग्न है। ग्राफ शीट को सावधानीपूर्वक प्रश्न पत्र से अलग कर उत्तर पुस्तिका के साथ अच्छी तरह बांध दें।

यह आवश्यक है कि जब भी किसी प्रश्न का उत्तर दे रहे हों, तब उस प्रश्न के सभी भागों/उप-भागों के उत्तर साथ-साथ दें। इसका अर्थ यह है कि अगले प्रश्न का उत्तर लिखने के लिए आगे बढ़ने से पूर्व पिछले प्रश्न के सभी भागों/उप-भागों के उत्तर समाप्त हो जायं। इस बात का कड़ाई से अनुसरण कीजिए।

उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़े हुए पृष्ठों को स्याही में स्पष्ट रूप से काट दें। खाली छूटे हुए प्रश्नों के बाद लिखे हुए उत्तरों के अंक न दिए जाएँ, ऐसा हो सकता है।

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