Chhatrapati Shahu Ji Maharaj University, Kanpur

Answer Script Details
Barcode 11924820

Roll No. 23081000409
Total Mark 46/75.00

Exam BSC-V_ODD_EXAM_NOV_2025
Subject B010502T - Quantum MechanicsAndSpectroscopy

Question wise Mark Summary

Q.No	Mark	Q.No	Mark	Q.No	Mark	Q.No	Mark
1A	4/6	7	0/12				
1B	4/6	8	0/12				
1C	4/6	9	7/12				
1D	0/6						
1E	0/6						
1F	0/6						
1G	4/6						
1H	0/6						
1I	0/6						
2A	3/4						
2B	3/4						
2C	3/4						
3A	0/6						
3B	0/6						
4	0/12						
5	7/12						
6	7/12						

Date of Exam: 04-12-25 Shift: morning Room No.: 31
Paper Code: B010502T Subject: Physics Year/Sem.: 5th sem
Name of Candidate: Shivani prajapati
Roll No.: 2 3 0 8 1 0 0 0 4 0 9

Signature of Candidate: Shivani
Signature of Invigilator
COE Facsimile

Chhatrapati Shahu Ji Maharaj University
Kanpur, Uttar Pradesh

PART-II

MARKS OBTAINED

Q.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(a)										
(b)										
(c)										
(d)										
(e)										
(f)										
(g)										
(h)										
(i)										
(j)										
Total										

Total Marks in Figures
Total Marks in Words
Max. Marks

B 0 1 0 5 0 2 T
Paper Code

Signature of Evaluator

Course: B.Sc.
Session: 2025-26 Year/Semester: 5th sem
Subject: Quantum mechanics & spectroscopy

Paper Code: B 0 1 0 5 0 2 T
Exam Date: 0 4 1 2 2 0 2 5
Name of Candidate: SHIVANI PRAJAPATI
Father's Name: SANJAY KUMAR

महाविद्यालय का कोड / College Code: AU-03

परीक्षा केन्द्र का कोड / Exam Centre Code: AU-03

परीक्षा का प्रकार / Type of Exam
संस्थागत Regular ● भूतपूर्व परीक्षार्थी Ex. Student ○
व्यक्तिगत Private ○ बैक पेपर परीक्षा Back paper Exam ○

ANSWER BOOKLET NO.
11924820

B 0 1 0 5 0 2 T
Paper Code

नामांकन संख्या / Enrollment Number: C S J M A 2 3 0 0 0 0 0 3 8 5 2

परीक्षार्थी अनुक्रमांक संख्या Candidate's Roll Number: 2 3 0 8 1 0 0 0 4 0 9

पेपर कोड Paper Code: B 0 1 0 5 0 2 T

Signature of Candidate: Shivani
Signature of Invigilator
C S Facsimile
COE Facsimile

नोट : 1. परीक्षार्थी को निर्देशित किया जाता है कि आवरण पन्ने के पृष्ठ भाग पर अंकित सभी निर्देशों को सावधानी पूर्वक पढ़ें। 2. बीजक में भरी जाने वाली प्रविष्टियाँ बायीं तरफ से शुरू की जायें। 3. गोलों को काले या नीले बॉलपेन से भरा जायें।

INSTRUCTIONS TO THE CANDIDATE FOR FILLING PART-I

1. Read the instructions carefully given on the answer script and admit card.
2. Write Date of Exam, Shift, Paper Code & Name of Subject Correctly.
3. Write Name & Roll No. Correctly.
4. Write Semester & Branch Correctly.

INSTRUCTIONS TO THE CANDIDATE FOR FILLING PART-III

1. Use blue or black ball point pen for writing alphabets & numerals in ☐ Boxes.
2. Carefully study the example before you start marking.
3. As shown in the example below blacken the circles completely.

Correct method: ① ● ③ ④

Incorrect method: ✓ ✗ ◉ ⊙

4. Make no Stray marks on this sheet.
5. **DO NOT WRITE OR MARK ON THE BAR CODE.**

परीक्षार्थी के लिए निर्देश

1. प्रवेश पत्र एवं उत्तर पुस्तिका पर दिये गये निर्देशों को ध्यान से पढ़ें।
2. कवर पृष्ठ के दूसरी तरफ कुछ न लिखें।
3. उत्तर पुस्तिका के पृष्ठों पर दोनों तरफ लिखें।
4. प्रश्न पत्र पर अपने अनुक्रमांक के अतिरिक्त कुछ न लिखें।
5. प्रश्न पत्र कोड एवं प्रश्न पत्र कोड सावधानी पूर्वक लिखें।
6. अपनी स्थिति स्पष्ट लिखें।
7. उत्तर पुस्तिका के पृष्ठों की संख्या देखें। अगर उत्तर पुस्तिका में पृ (1–24) से कम है या फटे हुए है, तो परीक्षा शुरू होने के पूर्व दूसरी उत्त पुस्तिका ले लें।
8. प्रश्नपत्र को देख, यदि प्रश्नपत्र के विषय कोड, विषय का नाम तथा प्र में कोई त्रुटि है तो उसकी परीक्षा शुरू होने के 30 मिनट के अन्दर क निरीक्षक को तत्काल सूचित करे, उसके बाद विश्वविद्यालय द्वारा की कार्यवाही नहीं की जायेगी।
9. प्रश्नों के उत्तर लिखने के लिये पेंसिल का प्रयोग न करें।
10. B कोपी या अतिरिक्त ग्राफ नहीं दिया जायेगा।

IN ORDER TO AVOID UFM (UNFAIR MEANS) :

1. The Roll No. and Answer Book no. found elsewhere or any other symbol found in the answer book will be treated as unfair means.
2. Any tempering of Bar Code and Booklet no shall be treated as Unfair Means.
3. Do Not bring the materials like slip of paper/mobile/digital diaries/ study material/ revision notes in examination hall. Possession of the mobiles/ digital diaries/ electronic watch and any other electronic gadget except memory less scientific calculator shall be considered as UFM case.
4. Do not keep or paste currency note in answer script it shall be consider as UFM.

INSTRUCTIONS TO THE CANDIDATE

1. Read the instructions carefully given on the Question Pape Admit Card & Answer Script.
2. Do not write anything on back side of the cover page.
3. Write on both sides of pages of answer book.
4. Do not write anything on question paper except Roll Number.
5. Write Paper Code & Question Paper Id carefully.
6. CHECK the number of pages (1-32) or any other kind of dama in your answer script, if found than change the answer scr immediately before the commencement of examination.
7. CHECK the Question Paper for any kind of discrepancy e Subject Code. Subject Name and Question of the Questi Paper during first THIRTY MINUTES of the commencement the exam, so that it can be corrected in TIME. After that r corrections shall be entertained by the university.
8. Do not use pencil for answering the question.
9. Write status correctly e.g. those appearing in carry over pape should fill in status as Carry Over. Those appearing as E Students should fill in status as ex.
10. No supplementary answer book & graph paper will be provided

अनुचित साधन से बचने हेतु:

1. उत्तर पुस्तिका के निर्दिष्ट स्थान को छोड़कर अनुक्रमांक एवं उत्तरपुस्तिका का क्रमांक कहीं और न लिखे तथा कोई भी चिन्ह न बनाये क्योंकि यह अनुचित साधन प्रयोग की परिधि में आता है।
2. उत्तर पुस्तिका के बारकोड अथवा उत्तर पुस्तिका संख्या पर छेड़ करने पर अनुचित साधन प्रयोग माना जायेगा।
3. परीक्षा कक्ष में निम्न वस्तुएं साथ न लाये, जैसे लिखे हुए कागज के टुकड़े, मोबाईल, डिजिटल डायरी, कोपी, पुस्तक यह सभी वस्तुएं जो अनुचित साधन के अन्तर्गत आती है। केवल संबंधित प्रश्नपत्र में ही मेमोरी लेस साइंटिफिक कैल्कुलेटर ले जाने की अनुमन्यता होगी।
4. उत्तर पुस्तिकाओं में कार्य न रखें न ही उत्तर पुस्तिका में चिपकायें। ऐसा करना अनुचित साधन प्रयोग की परिधि में आता है।

INSTRUCTIONS TO THE CANDIDATE FOR FILLING PART-IV

1. Use blue or black ball point pen for writing alphabets & numeral in ☐ Boxes.
2. Use blue or black ball point pen for filling the circles.

Note - If your Roll No. is of 10 digits. Please leave first three colum

Paper Code

8	0	1	0	5	0	2	T

01

Section – B.

Part-A

Answer- 2.

Parity operator :- एक फलन के लिए पैरिटी ऑपरेटर वह ऑपरेटर है जो एक फलन को निम्न प्रकार परिवर्तित करता है।

$$\pi\,\psi(x) = \psi(-x)$$

जहाँ π ऑपरेटर एक पैरिटी ऑपरेटर है।

Parity operator के गुण [illegible] है-

1). पैरिटी ऑपरेटर हैमिल्टन होता है।

$$(\pi\psi, \phi) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x)\ \psi(x)\ \phi(-x)\,dx = \int (\psi, \pi\phi)$$

2). पैरिटी ऑपरेटर के आइगन मान की गणना-

माना किसी ऑपरेटर का आइगन मान λ है तो इसे निम्न प्रकार लिख सकते है -

$$\hat{\pi}\psi = \lambda\psi$$

दोनो तरफ π से गुणा करने पर-

$$\pi(\pi\psi) = \pi(\lambda\psi)$$

Paper Code
B010502T

02

Do Not Write anything in this Portion

~~$\hat{\pi}^2 \psi(x) = \lambda \psi(-x)$~~

$$\hat{\pi}^2 \psi(x) = \lambda^2 \psi(x) \quad \text{—} (1)$$

परिभाषा से –

$$\hat{\pi} \psi(x) = \psi(-x)$$

दोनों तरफ π से गुणा करने पर

$$\hat{\pi} (\hat{\pi} \psi(x)) = \hat{\pi} \psi(-x)$$

$$\hat{\pi}^2 \psi(x) = \psi(x) \quad \text{—} (2)$$

समीकरण (1) व समीकरण (2) की तुलना करने पर

$$\lambda^2 = 1$$

$$\lambda = \pm 1$$

$\lambda = 1$ पर पैरिटी ऑपरेटर का मान even फलन को सन्तुष्ट करता है।

$$\psi_e(x) = \psi_e(-x)$$

$\lambda = -1$ पर पैरिटी ऑपरेटर का मान odd फलन को सन्तुष्ट करता है।

$$\psi_o(x) = \psi_o(-x)$$

पैरिटी ऑपरेटर को even तथा ~~फलन~~ odd फलन के रूप में लिख सकते हैं –

$$\psi(x) = \frac{1}{2}\left[\psi(x) + \psi(-x)\right] + \frac{1}{2}\left[\psi(x) - \psi(-x)\right]$$

B010502T 03

(C) Prove that $[L_x, L_y] = i\hbar L_z$

हम जानते हैं कि कोणीय संवेग, स्थिति सदिश तथा संवेग का सदिश गुणन होता है।

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

इसको कार्तीय निर्देशांक में विभाजित करने पर

$$(L_x\hat{i} + L_y\hat{j} + L_z\hat{k}) = (x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}) \times (P_x\hat{i} + P_y\hat{j} + P_z\hat{k})$$

$$(L_x\hat{i} + L_y\hat{j} + L_z\hat{k}) = (yP_z - zP_y)\hat{i} + \hat{j}(zP_x - xP_z) + \hat{k}(xP_y - yP_x)\hat{k}$$

$\hat{i}, \hat{j}$ तथा $\hat{k}$ के गुणांकों की तुलना करने पर

$$L_x = yP_z - zP_y$$

$$L_y = zP_x - xP_z$$

$$L_z = xP_y - yP_x$$

$\because$ $P_z = i\hbar \frac{\partial}{\partial z}$ $P_x = \hbar \frac{\partial}{\partial x}$ $P_y = \hbar \frac{\partial}{\partial y}$

$$L_x = y\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right) - z\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right)$$

$$L_y = z\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}\right) - x\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

Do Not Write anything in this Portion

$L_z = x\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right) - y\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}\right)$.

क्रमविनिमय नियम से-

$[L_x, L_y] = L_xL_y - L_yL_x$

$L_xL_y = \left\{y\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right) - z\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\} \times \left\{z\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}\right) - x\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right)\right\}$

$L_xL_y = -\hbar^2\left[y\left(\frac{\partial}{\partial z}\right) - z\left(\frac{\partial}{\partial y}\right)\right] \times \left[z\left(\frac{\partial}{\partial x}\right) - x\left(\frac{\partial}{\partial z}\right)\right]$

$L_xL_y = -\hbar^2\left[y\frac{\partial}{\partial x} + yz\frac{\partial^2}{\partial z\partial x} - yx\frac{\partial^2}{\partial z^2} - z^2\frac{\partial^2}{\partial y\partial x} + zx\frac{\partial^2}{\partial y\partial z}\right]$ —— (1)

$L_yL_x = \left\{z\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}\right) - x\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right)\right\} \times \left\{y\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial z}\right) - z\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right)\right\}$

$$L_y L_x = -\hbar^2\left[z\left(\frac{\partial}{\partial x}\right) - x\left(\frac{\partial}{\partial z}\right)\right] \times \left[y\left(\frac{\partial}{\partial z}\right) - z\left(\frac{\partial}{\partial y}\right)\right]$$

$$L_y L_x = -\hbar^2\left[zy\frac{\partial^2}{\partial x \partial z} - z^2\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} - xy\frac{\partial^2}{\partial z^2} + x\frac{\partial}{\partial y} + xz\frac{\partial^2}{\partial z \partial y}\right] \quad — (2)$$

समीकरण (1) व समीकरण (2) को घटाने पर -

$$[L_x, L_y] = -\hbar^2\left[y\frac{\partial}{\partial x} + yz\frac{\partial^2}{\partial z \partial x} - yx\frac{\partial^2}{\partial z^2} - z^2\frac{\partial^2}{\partial y \partial x} + zx\frac{\partial^2}{\partial y \partial z}\right] + \hbar^2\left[zy\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} - z^2\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} - xy\frac{\partial^2}{\partial z^2} + x\frac{\partial}{\partial y} + xz\frac{\partial^2}{\partial z \partial y}\right].$$

$$[L_x, L_y] = -\hbar^2\left[y\frac{\partial}{\partial x} + yz\frac{\partial^2}{\partial z \partial y} - yx\frac{\partial^2}{\partial z^2} - z^2\frac{\partial^2}{\partial y \partial x} + zx\frac{\partial^2}{\partial y \partial z} - zy\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + z^2\frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + xy\frac{\partial^2}{\partial z^2} - x\frac{\partial}{\partial y} - xz\frac{\partial^2}{\partial z \partial y}\right]$$

Paper Code B0105027 06

Do Not Write anything in this Portion

$$[L_x, L_y] = -\hbar^2 \left[y\frac{\partial}{\partial x} - x\frac{\partial}{\partial y} \right]$$

$$[L_x, L_y] = i\hbar \left[y\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial x}\right) - x\left(\frac{\hbar}{i}\frac{\partial}{\partial y}\right) \right]$$

$$\boxed{[L_x, L_y] = i\hbar L_z}$$

Hence proved

Part-B.

Answer-5.

L-S Coupling:-

1.) इसे साधारण युग्मन भी कहा जाता।
2.) यह हल्के अणुओं मे पायी जाती है।

इसमे किसी परमाणु के इलेक्ट्रॉन के orbital vector combine होकर resultant orbital vector बनाते।

$L = l_1 + l_2 + ---$

इसी प्रकार इलेक्ट्रॉन के चक्रण combine होकर resultant spin vector बनाते है।

$S = S_1 + S_2 + ----$

अतः कोणीय संवेग कक्षक क्वाण्टम संख्या तथा चक्रण क्वाण्टम संख्या के सदिश योग के बराबर होता है।

$J = (l_1 + l_2 + --) + (S_1 + S_2 ---)$,

जहाँ J = resultant कोणीय क्वाण्टम संख्या है।

यही उन्ही परमाणुओ के बीच पायी जाती है जिनमे spin [illegible] तथा orbital vector के बीच strong intersection पाया जाता है।

Paper Code: B 2 1 0 5 0 2 T

08

L-S युग्मन के निम्न नियम हैं।

1). इसमे S, J तथा L क्वाण्टीकृत होना चाहिए।

2) इसमें S का मान 0, 1, 2 — n हो सकता है।

3.) इसमें चक्रण क्वाण्टम संख्या का मान ± 1/2 होता है।

यदि L > S तो J = (2S+1) होगा।

यदि L < S तो J = (2L+1) होगा

यदि L = 0 है तो J = S होगा।

2). J-J coupling :- 1) यह युग्मन वहाँ पाया जाता है जहाँ भारी नाभिक होता है।

इसमें एक इलेक्ट्रॉन का चक्रण वेक्टर तथा कक्षक वेक्टर मिलकर resultant vector J_1 बनाते हैं

अर्थात

$J_1 = l_1 + s_1$

इसी प्रकार एक दूसरे इलेक्ट्रॉन का चक्रण वेक्टर तथा कक्षक वेक्टर combine होकर resultant vector J_2 देते हैं।

अर्थात $J_2 = l_2 + s_2$

Do Not Write anything in this Portion

तब परिणामी स्पिन J_1 तथा J_2 से मिलकर बना होता है।

$$J = J_1 + J_2$$

यह Coupling बहुत more cases में मिलती है।

Section-C.

Part-A

Answer-6

हाइजेनबर्ग की अनिश्चितता का सिद्धांत :-

हाइजेनबर्ग के सिद्धांत के अनुसार — "किसी गतिमानकण की स्थिति तथा संवेग का एक साथ यथार्थ निर्धारण असंभव है।"

$$\Delta P \cdot \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$$

यदि किसी परमाणु की किसी क्षण स्थिति में अनिश्चितता न्यूनतम हो तो उसे निम्न प्रकार लिख सकते हैं

$$\Delta r = r$$

तब संवेग में अनिश्चितता निम्न होगी

$$\Delta P = \frac{\hbar}{r}$$

तब संवेग में अनिश्चितता न्यूनतम होगी

$$P = \frac{\hbar}{r}$$

Do Not Write anything in this Portion

परमाणु की कुल ऊर्जा निम्न होगी -

$$E = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$$

यह ऊर्जा सरल आवर्ती दोलित्र की कुल ऊर्जा है।

$$\because \quad p = \frac{\hbar}{x}$$

$$E = \frac{\hbar^2}{2m x^2} + \frac{1}{2} m\omega^2 x^2$$

x के सापेक्ष अवकलन करने पर

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{\hbar^2}{m x^3} + m\omega^2 x$$

$$\frac{dE}{dx} = 0$$

$$\frac{\hbar^2}{m x^3} = m\omega^2 x$$

$$\frac{\hbar^2}{m^2\omega^2} = x^4$$

$$x^2 = \frac{\hbar}{m\omega}$$

तब सरल आवर्ती दोलित्र की कुल ऊर्जा -

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} \times \frac{m\omega}{\hbar} + \frac{1}{2} m\omega^2 \times \frac{\hbar}{m\omega}$$

Paper Code: 3 0 1 0 5 0 2 T

$$E = \frac{\hbar\omega}{2} + \frac{\hbar\omega}{2}$$

$$E = \hbar\omega$$

जब $\Delta p \Delta x > \frac{\hbar}{2}$

तब $\boxed{E_{min} = \frac{\hbar\omega}{2}}$

यही सरल आवर्ती [illegible] के लिए शून्य बिन्दु ऊर्जा है।

Part - B.

Answer - 9.

आण्विक स्पेक्ट्रम :-

जब कोई परमाणु ऊर्जा का अवशोषण या उत्सर्जन करता है तो अणु की विकिरण ऊर्जा स्तर में परिवर्तन होता है, इससे जो स्पेक्ट्रम प्राप्त होता है उसे आण्विक स्पेक्ट्रम कहते हैं।

आण्विक स्पेक्ट्रम तीन प्रकार का होता है-

1. **घूर्णन स्पेक्ट्रम :-** इसमें अणु की घूर्णन ऊर्जा स्तर में परिवर्तन होता है जबकि कम्पन तथा इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा स्तर समान रहती है।

यह माइक्रोवेव क्षेत्र में होता है।

2. **कम्पन स्पेक्ट्रम :-** इस स्पेक्ट्रम में अणु की कम्पन ऊर्जा स्तर में परिवर्तन होता है जबकि इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा स्तर समान रहती है।

यह स्पेक्ट्रम अवरक्त क्षेत्र में पाया जाता है।

3. **इलेक्ट्रॉनिक स्पेक्ट्रम =** इस संक्रमण में अणु की इलेक्ट्रॉनिक अवस्था में परिवर्तन होता है।

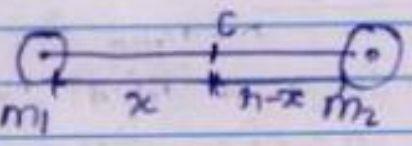
यह स्पेक्ट्रम दृश्य क्षेत्र में पाया जाता है।

DO NOT write anything in this portion

Do Not Write anything in this Portion

कोणीय संवेग के लिए व्यंजक:-

माना m_1 और m_2 द्रव्यमान के दो पिण्ड जो r दूरी पर स्थित हैं।



m_1 द्रव्यमान से x दूरी पर गुरुत्वीय केन्द्र है तथा m_2 द्रव्यमान से $(r-x)$ दूरी पर है।

वामावर्त आघूर्ण = दक्षिणावर्त आघूर्ण

$$m_1 g x = m_2 g (r-x)$$

$$m_1 x = m_2 (r-x)$$

$$x = \frac{m_2 r}{m_1+m_2}$$

$$r-x = \frac{m_1 r}{m_1+m_2}$$

L = m_1 द्रव्यमान का कोणीय संवेग + m_2 द्रव्यमान की कोणीय संवेग

$$L = m_1 x^2 \omega^2 + m_2 (r-x)^2 \omega^2$$

$$L = \frac{m_1 m_2 (m_1+m_2) r^2 \omega}{(m_1+m_2)^2}$$

Paper Code 80105027

Do Not Write anything in this Portion

$$L = \frac{m_1 m_2}{(m_1+m_2)} r\omega^2$$

जहाँ $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1+m_2}$

$\mu =$ समानित द्रव्यमान है

$$\boxed{L = \mu r\omega^2}$$

P.T.O.

Do Not Write anything in this Portion

Section-A

Answer-1 (A).

ऑपरेटर :-

ऑपरेटर एक गणितीय क्रिया है जो एक फलन को दूसरे फलन में परिवर्तित करता है।

$$\hat{A} f(x) = g(x)$$

यहाँ A एक ऑपरेटर है।

रैखीय ऑपरेटर :-

रैखीय ऑपरेटर वह ऑपरेटर है जो निम्न दो शर्तें पूरी करता है-

(i) $f(x+y) = f(x) + f(y)$
(ii) $f(cx) = c\,f(x)$.

रैखीय ऑपरेटर निम्न प्रकार के हैं-

1.) Unit linear operator = यह वह रैखीय ऑपरेटर है जो किसी फलन पर लगाने पर उसे वैसे ही रहने देता है। अर्थात्

$$\hat{I} u = u$$

2.) Zero unit Operator :-

यह वह रैखीय ऑपरेटर है

जो किसी फलन पर लगाने पर उसे शून्य कर देता है उसे शून्य रेखीय ऑपरेटर कहा जाता है।

$$\hat{O}\psi = 0$$

3.) <u>inverse operator:-</u>

$$\hat{A} = \hat{B}\psi$$

यहाँ operator B, ऑपरेटर A का व्युत्क्रम है।

4.) <u>Singular operator and non-singular operator:-</u>

वह ऑपरेटर जिसका व्युत्क्रम होता है उसे non-singular ऑपरेटर कहते हैं।

वह ऑपरेटर जिसका व्युत्क्रम नहीं होता है उसे singular ऑपरेटर कहते हैं।

ऑपरेटर के गुण निम्नलिखित हैं।

(1) योग:- माना दो ऑपरेटर A तथा B है तब इन ऑपरेटर का योग निम्न होगा -

$$\hat{C} = \hat{A} + \hat{B}$$

$$\hat{C}\psi = \hat{A}\psi + \hat{B}\psi$$

2). गुणन:- माना दो ऑपरेटर A और B है तब इस ऑपरेटर का गुणन निम्न है -

$$\hat{C} = \hat{A}\hat{B}$$

Do Not Write anything in this Portion

Answer - B.

दिया है कि

$$\psi(x) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\frac{n\pi x}{L} & 0 < x < L \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

स्थिति संक्रिया का प्रत्याशा मान –

$$\langle x \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_n^*(x)\, x\, \psi_n(x)\, dx + 0$$

$$\langle x \rangle = \int_{-0}^{L} \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\frac{n\pi x}{L} \cdot x \cdot \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\frac{n\pi x}{L}\, dx$$

$$\langle x \rangle = \frac{2}{L} \int_{0}^{L} x \sin^2\frac{n\pi x}{L}\, dx$$

$$\langle x \rangle = \frac{1}{L} \int_{0}^{L} x \left(1 - \cos\frac{2n\pi x}{L}\right) dx$$

$$\boxed{\langle x \rangle = \frac{1}{L} \int_{0}^{L} \left(x - x\cos\frac{2n\pi x}{L}\right) dx}$$

Do Not Write anything in this Portion

संवेग अदिश का प्रत्याशा मान-

$$\langle P_x \rangle = \int_{-0}^{L} \psi_n^*(x)\, P_x\, \psi_n(x)\, dx + 0$$

$$\langle P_x \rangle = \frac{\hbar}{i} \int_{-0}^{L} \psi_n^*(x) \frac{\partial}{\partial x} \psi(x)\, dx$$

$$\langle P_x \rangle = \frac{\hbar}{i} \int_{-0}^{L} \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\frac{n\pi x}{L} \frac{\partial}{\partial x} \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\frac{n\pi x}{L}\, dx$$

$$\langle P_x \rangle = \frac{2}{L}\frac{\hbar}{i} \int_{-0}^{L} \sin\frac{n\pi x}{L} \frac{\partial}{\partial x} \sin\frac{n\pi x}{L}\, dx$$

$$\langle P_x \rangle = \frac{2\hbar}{iL} \times 0$$

$$\boxed{\langle P_x \rangle = 0}$$

$$\boxed{\langle P_x \rangle = \frac{2\hbar}{iL} \int_{0}^{L} \left(\sin\frac{n\pi x}{L} \frac{\partial}{\partial x} \sin\frac{n\pi x}{L} \right) dx}$$

Do Not Write anything in this Portion

Answer-1(C)

माना $\psi\psi^* = |\psi|^2$ यह किसी फलन के कण में पाये जाने की प्रायिकता घनत्व है।
ψ एक तरंग फलन है।

कण की किसी क्षण स्थिति x है तो x का प्रत्याशा मान निम्न होगा -

$$\langle x \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \psi^* x \psi \, dx}{\int_{-\infty}^{\infty} \psi^* \psi \, dx}$$

किसी तरंग फलन के भौतिक रूप से स्वीकार्य होने के लिए सीमान्त स्थितियाँ निम्न हैं -

1). तरंग फलन का एक निश्चित मान होना चाहिए। यदि किसी स्थान पर तरंग फलन के अनन्त मान है तब उस बिन्दु पर कण के पाये जाने की प्रायिकता भी अनन्त होगी जो अनिश्चितता सिद्धांत के विरुद्ध है।

2) तरंग फलन का एकल मान ही सम्भव है। यदि तरंग फलन के किसी बिन्दु पर एक से ज्यादा मान होंगे तो यह अनिश्चितता सिद्धांत के विरुद्ध होगा।

3) यह निश्चित होना चाहिए कि प्रथम अवकलज का मान सतत होना चाहिए।

Answer-1(G).

मोजले का नियम:-

सन् 1913 में मोजले ने आवृत्ति तथा परमाणु क्रमांक के बीच एक सम्बन्ध बताया जिसे मोजले का सिद्धांत कहते हैं -

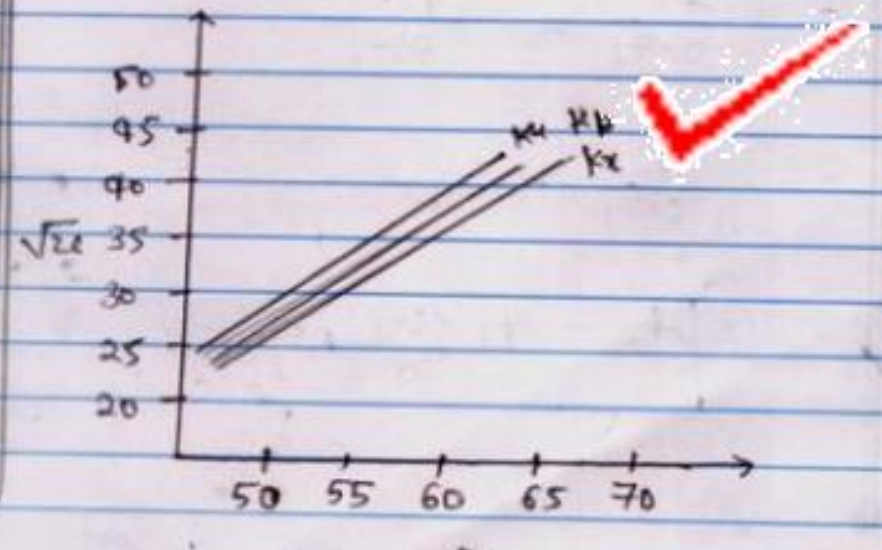
"किसी गतिमान कण की आवृत्ति परमाणु क्रमांक के वर्ग के समानुपाती होती है।"

$$\nu \propto (z-b)^2$$

$$\boxed{\nu = a(z-b)^2}$$

जहाँ ν = आवृत्ति
z = परमाणु क्रमांक है
a, b = नियतांक हैं।

यदि हम आवृत्ति के वर्गमूल तथा परमाणु क्रमांक के बीच एक ग्राफ खींचें तो हमें एक सरल रेखा प्राप्त होगी -



Paper Code: B 0 1 0 5 0 2 T

मोजले के नियम के उपयोग -

1). इससे दुर्लभ मृदा धातुओं के परमाणु क्रमांक आसानी से ज्ञात किये जा सकते हैं।

2.) इससे कुछ नये तत्वों की खोज में महत्वपूर्ण योगदान दिया।

दिया है -

$z_1 = 42 \quad z_2 = 29.$

$\lambda_1 = 0.71 A^\circ \quad \lambda_2 = ?$

$b = 1$

मोजले के सूत्र से -

$$\nu = a(z-b)^2$$

$$\frac{1}{\lambda} = a(z-b)^2$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{(z_1-b)}{(z_2-b)}.$$

$$\frac{\lambda_2}{0.71} = \frac{42-1}{29-1}$$

$$\frac{\lambda_2}{0.71} = \frac{41}{28.}$$

$$\boxed{\lambda_2 = \frac{41 \times 0.71}{28} A^\circ}$$

Do Not Write anything in this Portion

Paper Code

23

Do Not Write anything in this Portion

Do Not Write anything in this Portion