Indian National Chemistry Olympiad 2025
Theory (3 hours)

कुल 109 अंक **समय - 3 घंटे**

तिथि : फरवरी 01, 2025

छात्रों के लिए निर्देश

अनुक्रमांक - ☐☐☐☐ – ☐☐☐☐ – ☐☐☐☐ _____ परीक्षा केंद्र

- अपना अनुक्रमांक ऊपर दिये हुए बक्सों में लिखें।
- जांच लें की इस प्रश्नपत्र में **14** मुद्रित पन्ने (आवर्त सारणी को गिनकर) हैं। यदि नहीं हैं तो निरीक्षक को तुरंत सूचित करें।
- आपका कोई भी उत्तर इस प्रश्न पत्र में न लिखें।
- आवर्त सारणी की प्रति अंत में दी गई हैं।
- परीक्षा कक्ष को तभी छोड़े जब निर्देश दिये जाएँ।

उपयोगी स्थिरांक और सूत्र

अवोगाद्रो स्थिरांक $N_A = 6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$ वायु दाब 1 atm = 101325 Pa

सावत्रिक गैस नियतांक R = 8.314 J K^{-1} mol^{-1} पानी का घनत्व 4 ºC = 1000 kg m^{-3}

= 0.08205 L atm K^{-1} mol^{-1}

इलेक्ट्रॉन का आवेश , $e = 1.602 \times 10^{-19}$C

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान, $m_e = 9.109 \times 10^{-31}$kg

निर्वात विद्युतशीलता, $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$

हाइड्रोजन अनु का बोर त्रिज्या , $a_0 = 0.53$ Å

$\frac{dx^a}{dx} = ax^{a-1}$ $\frac{de^{ax}}{dx} = ae^{ax}$ $\frac{df(y)}{dx} = \frac{df(y)}{dy} \times \frac{dy}{dx}$

pH = – log $[H^+]$ $pK_a = -\log K_a$

HBCSE

© Homi Bhabha Centre for Science Education, Tata Institute of Fundamental Research
V. N. Purav Marg, Mankhurd, Mumbai 400 088

प्रश्न 1 **23 अंक**

स्वर्णीय मिश्र धातु

दो या दो से अधिक धातुएँ मिश्र धातु बना सकती हैं यदि उनमें हैं

I. समान (15% से कम भिन्न) त्रिज्या वाले परमाणु
II. समान क्रिस्टल संरचना, और
III. समान रासायनिक गुण या धातुओं में वैलेंस इलेक्ट्रॉनों की समान सँख्या

तीनों स्थितियों को संतुष्ट करने वाली धातुओं के सभी संयोजन अनुपातों से एकल समरूप ठोस चरणों (सुनिश्चित क्रिस्टल संरचना वाले) वाली मिश्र धातुएँ बनती हैं। ऐसी मिश्रधातुओं को सतत ठोस विलयन कहा जाता है। उदाहरण के लिए, Cu और Ni की मिश्रधातुएँ।

नीचे धातुओं की एक सूची उनके आकार और क्रिस्टल संरचना के साथ दी गई है

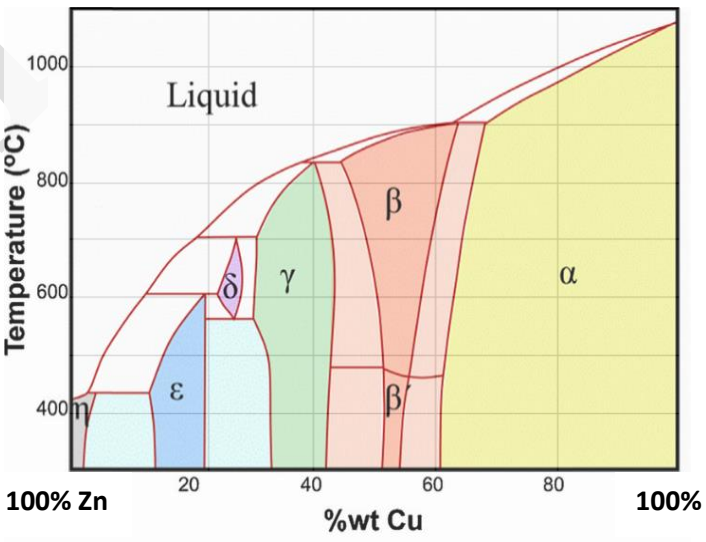
धातु	Cu	Ni	Cr	K	Pb	Al	Ag	Au	Zn
क्रिस्टल संरचना	*fcc*	*fcc*	*bcc*	*bcc*	*fcc*	*fcc*	*fcc*	*fcc*	*hcp*
परमाणु त्रिज्या (Å में)	1.28	1.25	1.29	2.27	1.75	1.43	1.44	1.44	1.37

1.1 धातुओं के निम्नलिखित संयोजनों के लिए, पहचानें कि क्या यह एक सतत ठोस विलयन बना सकता है।

	हाँ	नहीं
Cu और Ag		
Cr और K		
Cu और Al		
Ag और Al		

यदि **I-III** शर्तों में से केवल एक या दो संतुष्ट हैं, तो दो या दो से अधिक समरूप चरण (प्रत्येक की अलग-अलग संरचना और गुण हैं) अलग-अलग अनुपातों से बन सकते हैं। विभिन्न संघटनों में चरण अकेले मौजूद हो सकते हैं या अन्य चरणों के साथ सह-अस्तित्व में हो सकते हैं। जब हम मिश्रधातुओं को गर्म करते हैं, इनमें से प्रत्येक ठोस एक निश्चित तापमान से ऊपर पिघल सकता है, और एक तापमान सीमा तक संबंधित तरल के साथ सह-अस्तित्व में रह सकता है, और फिर शुद्ध तरल चरण में परिवर्तित हो जाता है। विभिन्न मिश्र धातु संघटनों के ऊष्मागतिकाय स्थिर चरणों और विभिन्न तापमानों पर यह जानकारी एक चरण आरेख में दर्शाई गई है।

Cu और Zn मिश्र धातुओं, जिन्हें आमतौर पर पीतल के रूप में जाना जाता है, का चरण आरेख **आकृति 1** में दिखाया गया है। आरेख में, ठोस सीमाओं द्वारा चिह्नित प्रत्येक क्षेत्र एक चरण या मिश्रण को निरूपित करता है। उदाहरण के लिए α, β, γ आदि द्वारा चिह्नित क्षेत्र पीतल के विभिन्न ठोस चरणों को निरूपित करते हैं, अर्थात, α-पीतल, β-पीतल, आदि। इन दोनों क्षेत्रों(अचिन्हित) के बीच का क्षेत्र इन दो एकल चरणों के मिश्रित चरण को निरूपित करता है, जैसे α + β –पीतल।



आकृति 1. Cu-Ni का चरण आरेख

Adapted from: Journal of Hazardous Materials, Sep 2013,262C:606-613

1.2 द्रव्यमान से 30% Cu वाले एक पीतल के बारे में विचार करें। यह क्रमशः 300 °C और 750 °C पर किन चरण/चरणों में पाया जाएगा?

पीतल की विभिन्न किस्मों का उनके यांत्रिक, रासायनिक, विद्युत और ध्वनिक गुणों के कारण व्यापक महत्व है। इन गुणों और रंगों में भिन्नता दो धातुओं की संघटनों में बदलाव के साथ-साथ कुछ हद तक अन्य धातु परमाणुओं को मिलाकर प्राप्त की जा सकती है। कम जस्ता प्रतिशत वाले पीतल का उपयोग संगीत वाद्ययंत्रों के लिए किया जाता है। Zn परमाणुओं की उच्च सांद्रता (बड़े आकार होने के कारण) Cu परमाणुओं की गतिशीलता को कम कर देती है, जिससे मिश्र धातु कठोर हो जाती है। इस प्रकार मशीनों के पुर्जे बनाने के लिए β और γ चरण अधिक उपयुक्त हैं।

किसी मिश्र धातु में विभिन्न धातुओं का प्रतिशत जानने के लिए, मिश्र धातु के नमूने को घुलनशील रूप में परिवर्तित करने की आवश्यकता होती है। एक पीतल के नमूने को सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल (सांद्र $\mathbf{HNO_3}$ उत्प्रेरकीय मात्रा के साथ) का उपयोग करके घोल **X** बनाया गया, जिसे स्वतंत्र विश्लेषण के लिए दो प्रयोगशालाओं को दिया गया। पहली प्रयोगशाला ने Cu की मात्रा जानने के लिए आयोडोमेट्रिक अनुमापन का उपयोग किया गया और कुल Cu + Zn की मात्रा जानने के लिए संकुलमितीय अनुमापन का उपयोग किया गया।

1.3 i) आयोडोमेट्रिक अनुमापन में, I^- आयन (अधिक मात्रा में मौजूद) अपचायक और अवक्षेपक का कार्य करते हैं। इस अभिक्रिया के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।

ii) इस अभिक्रिया के दौरान मुक्त I_2 का सोडियम थायोसल्फेट के साथ अनुमापन किया जाता है। दिए गए अभिक्रिया समीकरण को पूर्ण और संतुलित करें।

$$I_2\,(aq) + Na_2S_2O_3\,(aq) \longrightarrow Na_2S_4O_6\,(aq) + _____$$

iii) 1.3 i) में बनने वाले अवक्षेप का चुंबकीय आघूर्ण ज्ञात कीजिये।

iv) 1.3 i) में बनने वाले अवक्षेप का रंग है (सही उत्तर के लिए **X** लगाएँ) :

(a) सफेद (b) गहरा नीला (c) लाल-गुलाबी

v) 10.0 mL विलयन **X** का जब आयोडोमेट्रिक अनुमापन किया गया तो 0.104 M सोडियम थायोसल्फेट विलयन का 6.92 mL लग गया। जाइलेनॉल ऑरेंज संकेतक का उपयोग करके विलयन **X** की समान मात्रा को pH = 5.5 (acetate buffer का उपयोग करके) पर 0.095 M EDTA (ethylene diamine tetra acetate) के साथ अनुमापित किया गया। अनुमापन के लिए अंतिम बिंदु तक EDTA के 10.52 mL लगे। इस अनुमापन में, Cu और Zn दोनों EDTA के साथ 1:1 संकुल बनाते हैं। इस नमूने में Zn के % की गणना कीजिये।

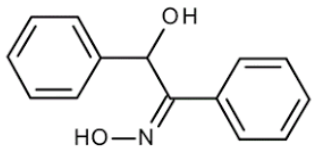
vi) पीतल के नमूने के प्रकार को **आकृति 1** में दिए चरण आरेख को इस्तेमाल करके पहचानें।

vii) यह पीतल का नमूना उपयोगी होगा बनाने के लिए (सही विकल्प/विकल्पों के लिए **X** लगाएँ)

a) घुंघरू (ध्वनि पैदा करने वाले खोखले गोले) b) तुरही/बांसुरी

c) ताले d) दरवाजे और खिड़कियों के लिए कब्जे

दूसरी प्रयोगशाला जहाँ नमूना **X** प्राप्त हुआ, वहाँ क्यूप्रॉन (नीचे दी गई संरचना) का उपयोग किया गया जो केवल Cu(II) के साथ संकुल बनाकर अवक्षेपित होता है।



1.4 i) 50 mL विलयन **X** को क्यूप्रॉन की अधिकता मे मिलाने पर $Cu(cupron)_y$ का अवक्षेप मिला जिसका सूखने पर द्रव्यमान 1.86 g था। y का मान निकालें।

ii) $Cu\ (cupron)_y$ अवक्षेप के निस्यंदन के बाद **1.4(i)** में प्राप्त निस्यंद को अमोनिकल विलयन में $(NH_4)_2HPO_4$ की अधिकता के साथ मिलाया गया, जो जिंक अमोनियम फॉस्फेट को अवक्षेपित करता है। अवक्षेप को कमरे के तापमान पर निस्यंदन करके सुखाया गया। फिर अजलीय अवक्षेप को 900°C पर गरम किया गया, जिससे अमोनिया और जल निकल कर जिंक पाइरोफॉस्फेट प्राप्त होता है। पायरोलिसिस अभिक्रिया के लिए एक संतुलित रासायनिक समीकरण लिखें।

iii) प्राप्त जिंक पाइरोफॉस्फेट का द्रव्यमान निकालें।

पीतल का उपयोग घंटी बनाने में किया जाता है क्योंकि यह चांदी की तरह ध्वन्यात्मक होता है, अर्थात जब किसी कठोर वस्तु से पीटा जाता है, तो यह गहरी या गुंजयमान ध्वनि उत्पन्न करता है। ध्वन्यात्मिकता के लिए पदार्थ में मुक्त चलायमान इलेक्ट्रॉन होने चाहिए। इसके अलावा, सामग्री में मध्यम घनत्व और कठोरता होनी चाहिए ताकि गतिज ऊर्जा को ध्वनि तरंगों में परिवर्तित किया जा सके, और बाद में मुक्त इलेक्ट्रॉनों द्वारा प्रसारित किया जा सके।

1.5 निम्नलिखित में से क्या-क्या ध्वन्यात्मक हो सकते है?

a) सोडियम b) तांबा c) लोहा

d) पारा e) हीरा

HBCSE

कुछ पीतल के नमूनों में थोड़ी मात्रा अन्य धातुओं जैसे Ni, Pb, या As की होती है। निकल-पीतल (Cu और Zn के अतिरिक्त Ni युक्त) को नाइट्रिक अम्ल में घोलकर एक विलयन तैयार किया गया, प्राप्त विलयन की क्रमशः NaOH (aq) तथा NH_3 (aq) के साथ अलग-अलग बीकरों में अभिक्रिया की गई। दोनों बीकरों में स्थिर अवक्षेप प्राप्त हुआ। अमोनिया वाले विलयन का pH 9.5 था।

1.6 निम्नलिखित सारणी में अभिक्रियाओं में निस्यंद विलयन में मौजूद धातु आयन (आयनों), उनके रूप (आयन/ संकुल /यौगिक) और अवक्षेप के संघटन की पहचान करें:

अभिक्रिया	निस्यंद में धातु आयन (आयनों) और उनके रूप	अवक्षेप के घटक
Ni-brass विलयन + अतिरिक्त NaOH(aq.)		
Ni-brass विलयन + अतिरिक्त NH_3(aq.) pH 9.5 तक		

1.7 मेटालोएन्ज़ाइम में प्रोटीन होते हैं जिनमें सक्रिय स्थलों पर के विभिन्न एमीनो एसिडों से जुड़े समूह धातु आयनों के लिए उपयुक्त समन्वय वातावरण प्रदान करते हैं। एक सुरक्षात्मक एंजाइम सुपरऑक्साइड डिसम्यूटेज (SOD) में इसके सक्रिय स्थलों पर Cu^{2+} और Zn^{2+} होती हैं और इसलिए इसे उपयुक्त रूप से "पीतल एंजाइम" कहा जाता है। SOD के सक्रिय केंद्र में एक धातु बाध्यकारी साइट में लगभग वर्ग-समतली समन्वय ज्यामिति (साइट **A**) और दूसरी चतुष्फलकीय समन्वय ज्यामिति (साइट **B**) है।

i) कौन से धातु आयन क्रमशः **A** और **B** स्थान पर है?

सक्रिय साइट सुपरऑक्साइड के विघटन (एक साथ ऑक्सीकरण और अपचयन) के दौरान एक उत्क्रमणीय अपचयोपचय अभिक्रिया से गुजरती है, जिसे इस प्रकार दर्शाया जा सकता है।

$$2O_2^- \rightarrow O_2^{2-} + O_2$$

ii) उत्प्रेरक अभिक्रिया में सक्रिय रूप से भाग लेने वाली धातु आयन लिखिए।

प्रश्न 2 **25 अंक**

हाइड्रोजन पेरोक्साइड- एक बहुमुखी अभिकर्मक

हाइड्रोजन परोक्साइड एक महत्वपूर्ण रसायन है जिसका व्यापक रूप से घरों और उद्योगों में उपयोग किया जाता है। H_2O_2 के तनु विलयन घरेलू कीटाणुनाशक और पूतिरोधी उत्पाद के रूप में उपयोग किए जाते हैं। इसका उपयोग कपड़ा, कागज, खाद्य और फार्मास्यूटिकल्स उद्योगों में विरंजक के रूप में किया जाता है।

इस प्रश्न के दो भाग हैं- भाग **I** हाइड्रोजन पेरॉक्साइड के कुछ रासायनिक गुणों के बारे में है जो इसे अत्यधिक उपयोगी बनाते हैं और भाग **II** इस्तेमाल किए हुए उत्प्रेरकों से धातु प्राप्ति के लिए H_2O_2 के उपयोग के बारे में है।

भाग I: H_2O_2 के रासायनिक गुण

2.1 जब H_2O_2 को एक क्षार के साथ मिलाया जाता है, तो यह एक नयी आयन (**A**) बनाता है।

i) A की लुईस संरचना बनाएँ।

ii) A के निर्माण के लिए संतुलित समीकरण लिखिए।

2.2 H_2O_2 एक दुर्बल अम्ल (pK_a = 11.75) है। 3% (w/w) H_2O_2 के जलीय विलीयन (घनत्व = 1.01 g cm^{-3}) का pH ज्ञात करें।

2.3 जब H_2O_2 को H_2SO_4 के तनु विलयन के साथ मिलाया जाता है, तो यह "विलयन **X**" बनता है, जिसमें **H_2O_2** का परिवर्तन प्रजाति **B** में होता है।

i) B की लुईस संरचना बनाइए।

ii) B के गठन के लिए संतुलन समीकरण लिखिए।

2.4 निम्न दोनों अभिक्रियाओं के लिए संतुलित समीकरण लिखिए।

i) जब " विलयन **X** " को एक अन्य रंगहीन विलयन के साथ मिलाया जाता है, तो इसके परिणामस्वरूप पीले-भूरे रंग का विलयन बनता है जो स्टार्च के मिलाने पर गहरे नीले रंग का हो जाता है।

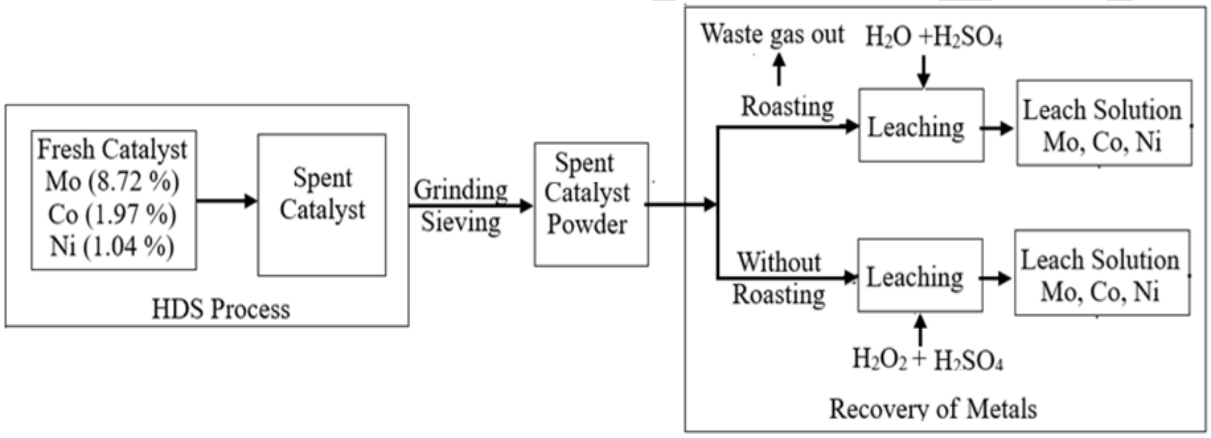
ii) जब " विलयन **X**" को गहरे बैंगनी रंग वाले Mn-युक्त विलयन के साथ मिलाया जाता है, तो इसके परिणामस्वरूप विलयन का विरंगीकरण हो जाता है।

भाग II:इस्तेमाल हो चुके उत्प्रेरक का पुनर्चक्रण

कच्चे पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस में आमतौर पर सल्फर के यौगिक होते हैं जिन्हें औद्योगिक रूप से एल्युमीना पर लगे हुए Mo, Co, और Ni युक्त उत्प्रेरक और इनके ऑक्साइड इस्तेमाल करके हटाये जाते है। इस प्रक्रिया को हाइड्रोडिसल्फराइजेशन (HDS) कहा जाता है। कई चक्रों के बाद, सल्फाइड के गठन के कारण ये उत्प्रेरक अपनी क्रियाशीलता खो देते हैं, और इन्हें कचरा भराव क्षेत्र मे डाल दिया जाता हैं। हालाँकि, इस्तेमाल हो चुके उत्प्रेरकों से धातुओं को पुनर्प्राप्त किया जा सकता है। प्रभावी निष्कर्षण के लिए, इन सामग्रियों को पीस कर महीन पाउडर किया जाता है। इस पाउडर से धातुओं का निष्कर्षण दो तरीकों से किया जा सकता है:

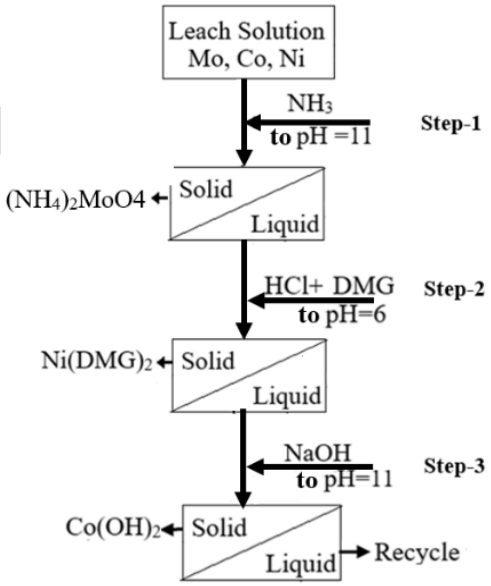
- **भर्जन+ निक्षालन**: पाउडर उत्प्रेरक को हवा की उपस्थिति में 850°C पर खुली भट्टी में गर्म किया जाता है। धातु सल्फाइड 95% तक ऑक्साइड में परिवर्तित हो जाते हैं। ऑक्साइड को तब H_2SO_4 के साथ निक्षालित किया जाता है।
- **सीधा निक्षालन** (**भर्जन के बिना**): हाइड्रोजन परोक्साइड (30%) और सल्फ्यूरिक अम्ल को इस्तेमाल कर सीधे धातु सल्फाइड को घोला जाता है। आमतौर पर इस विधि से 89% धातु सल्फाइड घुल जाते हैं।

दो प्रक्रियाओं का एक प्रवाह आरेख नीचे दिखाया गया है।



आरेख 1 : इस्तेमाल उत्प्रेरक की विलयन प्रक्रिया का प्रवाह आरेख

इसके बाद, निम्नलिखित प्रक्रिया का उपयोग करके निक्षालक विलयन से प्रत्येक धातु को निष्कर्षित किया जाता है।



आरेख 2: निक्षालित विलयन से धातु निष्कर्षण का प्रवाह आरेख

2.5 एक धातुकर्मक संयंत्र में धातुओं को पुनर्प्राप्त करने के लिए 10 किलो इस्तेमाल उत्प्रेरक पाउडर (Mo = 8.72%, Co = 1.97%, Ni = 1.04%) आया। एक परीक्षण के रूप में, एक कर्मचारी ने उत्प्रेरक के 1 किलोग्राम के लिए भर्जन की विधि अपनाई। मोलिब्डेनम सल्फाइड (MoS) का निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रिया के अनुसार ऑक्सीकरण होता है।

$$2MoS_2 + 7O_2 \longrightarrow 2MoO_3 + 4SO_2(g)$$

i) Co और Ni सल्फाइड के भर्जन के लिए संतुलित समीकरण लिखें (जहाँ Co भर्जन की स्थिति में +2 ऑक्सीकरण अवस्था में रहता है)।

ii) भट्ठी के तापमान और वायुमंडलीय दाब पर उपरोक्त प्रक्रिया में छोड़ी गई सल्फर डाइऑक्साइड (SO_2) का आयतन निर्धारित करें।

2.6 एक अन्य कर्मचारी ने सीधे निक्षालन विधि का उपयोग करके 1 किलोग्राम 15% w/w H_2SO_4 विलयन और स्टोइकोमेट्रिक रूप से बराबर मात्र में हाइड्रोजन पेरोक्साइड (30% w/w विलयन) का उपयोग करके 1 किलोग्राम उत्प्रेरक को घोला। सल्फ्यूरिक अम्ल मुख्य रूप से धातु सल्फाइड को घोलने में मदद करता है। ध्यान दें कि उत्प्रेरक में से 89% धातुएँ घुल जाती हैं।

धातु सल्फाइडों के विलयन मे होने वाली अभिक्रियया के संतुलित समीकरण नीचे दिए गए हैं।

$$MoS_2(s) + 9H_2O_2\ (aq) \rightarrow MoO_2^{2+}(aq) + 2SO_4^{2-}(aq) + 8H_2O + 2H^+(aq)$$

$$CoS\ (s) + 4H_2O_2\,(aq) \rightarrow Co^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 4H_2O$$

$$NiS\ (s) + 4H_2O_2\,(aq) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 4H_2O$$

i) इस विलयन में Mo की मोललता ज्ञात करे।

ii) धातु निष्कर्षण के तीसरे चरण के अंतिम निस्यंदन मे उपस्थित प्रमुख स्पीशीज़ की पहचान करे। (मान लें कि प्रत्येक अवक्षेपण अभिकर्मक लगभग 5% अधिक मिलाया गया और धातु अवक्षेपण पूर्ण हुए।)

iii) अंतिम निस्यंद को उबालकर सांद्रित किया जाता है। उस यौगिक की पहचान करें जिसे इस प्रक्रिया में सबसे अधिक मात्रा में पुनर्प्राप्त किया जा सकता है।

iv) उपरोक्त सान्द्रण और ठोस अवक्षेप हटाने के बाद, शेष निस्यंद को पुनः **चित्र 2** में दिखाए किसी भी एक चरण (1 या 2 या 3) में लाभ के रूप मे इस्तेमाल किया जा सकता है। नीचे दी गई तालिका में, पंक्ति I में इस चरण का उल्लेख करें, और उस पंक्ति में उपयुक्त कॉलम (ओं) में लाभों का उल्लेख करें। पंक्ति II में नुकसान का उल्लेख करें यदि इसे किसी अन्य चरण में मिलाया जाता है।

	_____की खपत को कम करता	____की उपज में वृद्धि करता है	___में संदूषण कम करता	_____में संदूषण बढ़ाता है
I. चुने हुए चरण _____में मिलाने पर				
II. जब अन्य चरण ____में मिलाया जाता है				

2.7 भर्जन+ निक्षालन प्रक्रिया की तुलना में हाइड्रोजन पेरोक्साइड निक्षालन करने का लाभ है? (लागू कथनों से पहले बॉक्स में **X** चिह्नित कीजिए और उपयुक्त पदार्थों को रिक्त स्थानों में लिखिए।)

a) अपशिष्ट उत्पाद के रूप में _____ का बनना बचाता है।

b) एक उपयोगी उप-उत्पाद के रूप में _____ के बनने को बढ़ाता है।

c) उत्पादक रसायनों के रूप में _____ की खपत कम होती है।

प्रश्न 3 — 21 अंक

एक दवा की संरचना अनवेषण

प्राकृतिक स्रोतों (जैसे पौधों और सूक्ष्मजीवों) से एक सक्रिय घटक जो कि एक दवा के रूप में कार्य करता है, की संरचना का निर्धारण करना इसे एक बड़े पैमाने पर उत्पादन करने में मदद कर सकता है। इस प्रश्न में, हम एक प्राकृतिक स्रोत से प्राप्त दवा **(A)** की संरचना को जानने जा रहे हैं।

विश्लेषणात्मक प्रयोग यह संकेत देते हैं कि **A** एक विषमचक्रीय यौगिक है जिसका आणविक सूत्र $C_{16}H_{18}O_4N_2S$ है। मुक्त थाईओल (-SH) समूह वाले यौगिक जलीय $FeCl_3$ के साथ अभिक्रिया करने पर गहरे रंग देते हैं। जलीय $FeCl_3$ के साथ अभिक्रिया करने पर **A** रंग नहीं देता है।

HBCSE

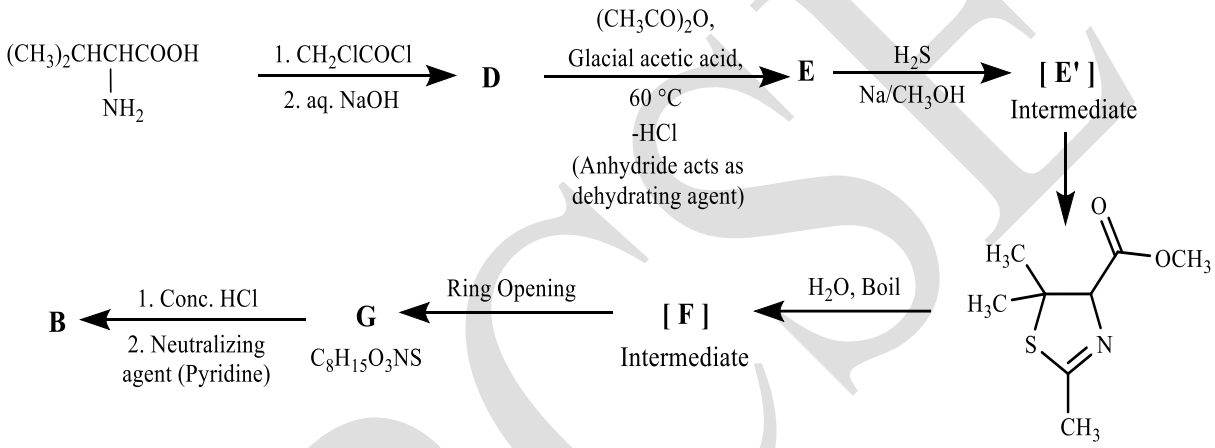
3.1 **A** सोडियम बाइकार्बोनेट के विलयन के साथ बुदबुदन देता है और मोनो-सोडियम लवण बनाता है। नाइट्रस एसिड के साथ अभिक्रिया करने पर **A** से गैस नहीं निकलती है। इन प्रेक्षणों से जो निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं, वे जताते हैं **A** में (सही विकल्प/विकल्पों के सामने **X** करें)

a) -COOH और -NH_2 समूहों की उपस्थिति।
b) -COOH, फिनोलिक -OH समूहों की उपस्थिति और -NH_2 समूहों की अनुपस्थिति।
c) -COOH की उपस्थिति और -NH_2 समूहों की अनुपस्थिति।
d) फिनोलिक-OH की उपस्थिति और -NH_2 समूहों की अनुपस्थिति।

A गर्म तनु हाइड्रोक्लोरिक एसिड के साथ हाइड्रोलिसिस करने पर, **B** ($C_5H_{11}O_2NS$) और **C** ($C_{10}H_{11}O_2N$) देता है जैसा कि निम्नलिखित अभिक्रिया में दिखाया गया है।

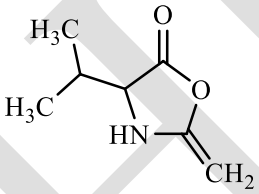
$$\underset{\textbf{A}}{C_{16}H_{18}O_4N_2S} + 2H_2O \xrightarrow[\Delta]{\text{dil. HCl}} \underset{\textbf{B}}{C_5H_{11}O_2NS} + \underset{\textbf{C}}{C_{10}H_{11}O_2N} + CO_2$$

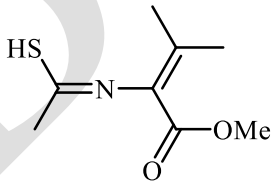
3.2 यौगिक **B** को नीचे प्रस्तुत चरणों के माध्यम से प्रयोगशाला में संश्लेषित किया जा सकता है।

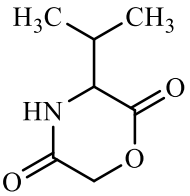


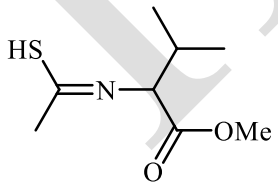
i) प्रमुख उत्पादों **D** और **E** की संरचनाएँ लिखिए।

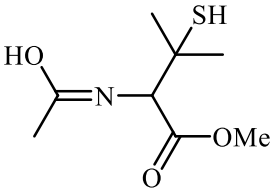
ii) निम्नलिखित में से, उपरोक्त अभिक्रिया योजना में गठित मध्यवर्ती **E'** की सही संरचना की पहचान करें (सही विकल्प के सामने **X** अंकित करें)

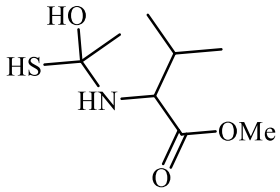
a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

iii) मध्यवर्ती **F**, और उत्पाद **G** और **B** की संरचनाएँ बनाएँ।

iv) यौगिक **B** के pH मीट्रिक अनुमापन से तीन pK_a मान 1.8, 7.9 और 10.5 प्राप्त हुए। इन pK_a मानों के अनुरूप **B** के अणु में उपस्थित क्रियात्मक समूह लिखिए।

एक कक्षा के दौरान, छात्रों की दो टीमों को क्रियात्मक समूह विश्लेषण के लिए यौगिक **B** दिया गया। टीम 1 के छात्रों ने योगिक **B** को पानी में घोला जबकि टीम 2 के छात्रों ने इसे एसीटोन में घोला। दोनों टीमों ने **B** के अपने विलायनों की अभिक्रिया जलीय $FeCl_3$ और नाइट्रस अम्ल के साथ अलग-अलग से की। दोनों टीमों में से एक के छात्र जलीय $FeCl_3$ के साथ रंग परिवर्तन देख पाये तथा नाइट्रस अम्ल के साथ अभिक्रिया करने पर नाइट्रोजन गेस निकलती देख पाये, जबकि दूसरी टीम के छात्रों को इन दो प्रेक्षणों में से कोई भी नहीं मिला।

HBCSE

v) पहचानें करें कि किस टीम को इन दो अभिकर्मकों के साथ अभिक्रिया मिली, और नीचे दिए गए कथनों (a-e) में से कौन से टीम 1 और टीम 2 के परिणामों की व्याख्या करने वाले सही कथन हैं।

a) **B** जल में हाइड्रोलाइज्ड हो गया।

b) **B** ने ऐसीटोन के साथ अभिक्रिया की।

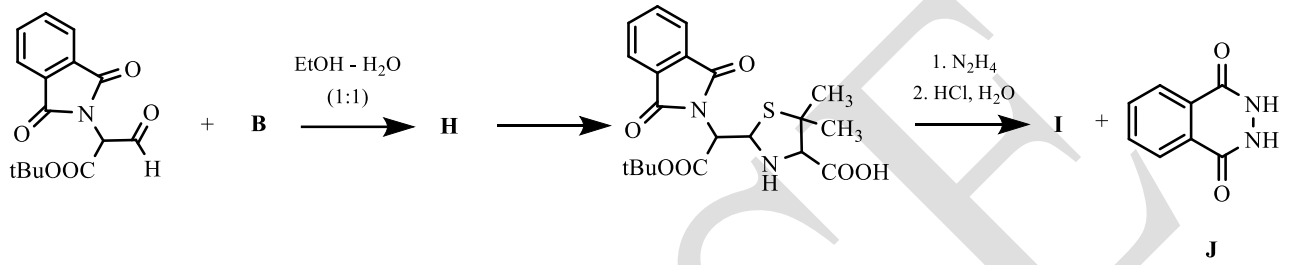
c) **B** पानी में घुल गया और इस प्रकार कार्यात्मक समूह विश्लेषण में सकारात्मक परिणाम मिले।

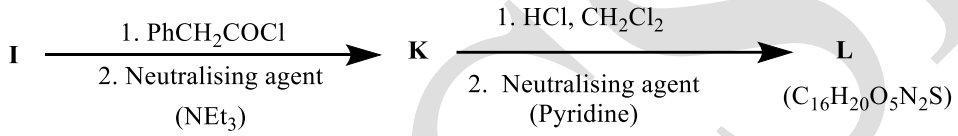
d) **B** एसीटोन में घुल नहीं पाया और इस प्रकार कार्यात्मक समूह विश्लेषण में परिणाम नहीं दे सका।

e) **B** पानी में नहीं घुलता है और इस प्रकार सकारात्मक परिणाम नहीं दे सका।

3.3 यौगिक **C** को सांद्र हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (HCl) के साथ गर्म करने पर फ़िनायल एसेटिक अम्ल और α-एमिनो एसीटैल्डिहाइड मिलता है। **C** की संरचना लिखिए।

3.4 दवा **A** को निम्नलिखित प्रक्रिया द्वारा **B** से भी संश्लेषित किया जा सकता है।

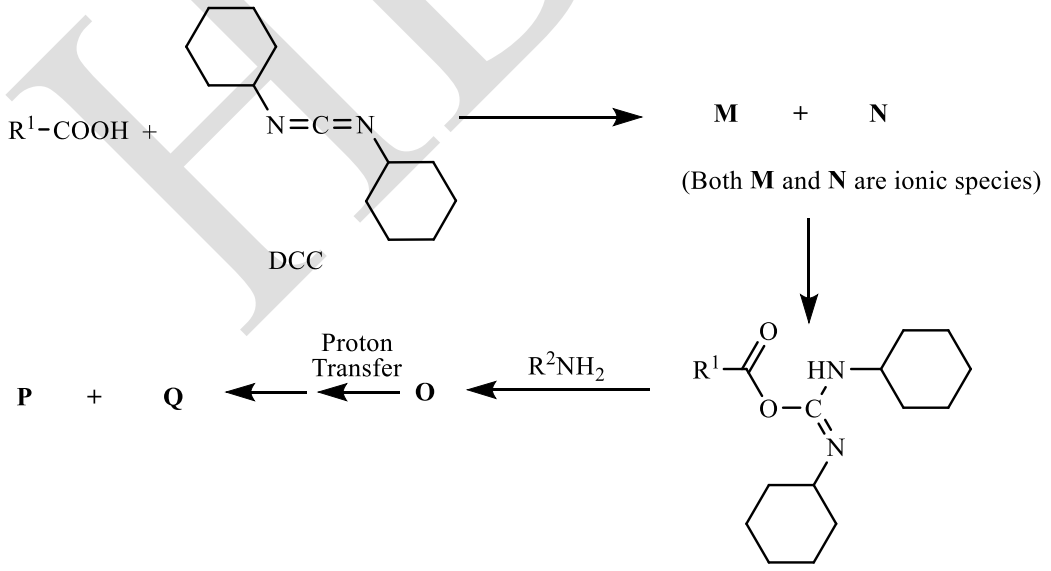




i) **H**, **I**, **K** और **L** की संरचनाएँ बनाएँ।

L की डायसाइक्लो हेक्सआयल कार्बोडाइमाइड (DCC) के साथ अभिक्रिया करके **A** प्राप्त किया जा सकता है।

DCC एक सामान्य अभिकर्मक है जिसका उपयोग पेप्टाइड संश्लेषण में एमिनो अम्ल को संयोजित करने के लिए किया जाता है। DCC के साथ युग्मन अभिक्रिया की सामान्य क्रिया-विधि नीचे दी गयी है।



ii) **M**, **N**, **O**, **P** और **Q** की संरचनाएँ बनाएँ।

iii) **A** की संरचना बनाएँ।

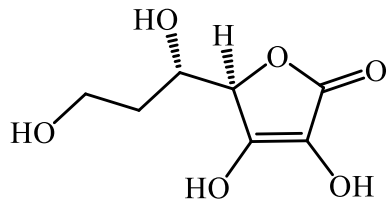
HBCSE

iv) एक आदर्श दवा अणु में ध्रुवीय और गैर-ध्रुवीय दोनों समूह होने चाहिए। रक्त के माध्यम से दवा के परिवहन के लिए ध्रुवीय समूहों की आवश्यकता होती है जबकि गैर-ध्रुवीय समूह दवा अणु का लिपिड कोशिका झिल्ली पार करना सुनिश्चित करते हैं। दवा **A** की संरचना को फिर से बनायें। ध्रुवीय समूहों के चारों ओर वृत बनायें और अणु के गैर-ध्रुवीय भागों के चारों ओर आयत बनायें।

प्रश्न 4 — 24 अंक

शर्करा से प्राप्त एक अम्ल

हेक्सुरोनिक अम्ल नामक एक यौगिक **(A)** को हंगेरियन मिर्च (कैप्सिकम एनुम) से प्राप्त किया गया था। **A** एक सफेद से फीका-पीला क्रिस्टलीय पाउडर है जिसका स्वाद तेज अम्लीय है। **A** निम्नलिखित संरचना वाला एक कार्बोहाइड्रेट व्युत्पन्न है:



A

4.1 **A** के लिए अन्य संभव त्रिविम समावयवों को रेखांकित कीजिये।

4.2 **A** के अणु चलावयवता प्रदर्शित करते हैं। **A** के सभी चलावायवों को रेखांकित कीजिये।।

एक प्रयोगकर्ता ने यौगिक **A** का 0.10 M विलयन तैयार किया और पाया कि इसका pH 2.6 है। इसका दूसरा अम्ल वियोजन नियतांक $pK_{a2} = 11.4$ पाया गया।

4.3 **A** के pK_{a1} की गणना कीजिए।

4.4 **i)** शारीरिक pH = 7.3 और **ii)** pH =12.0 पर मौजूद **A** की प्रमुख आयनिक प्रजातियों की संरचना बनाइये, सही त्रिविम संरचना (इसके जैवसक्रिय रूप) के साथ।

A तेजी से डायजोमेथेन के साथ अभिक्रिया करके व्युत्पन्न **B** ($C_8H_{13}O_6$) देता है। अभिकर्मक **X** के साथ **B** अभिक्रिया करने पर कई उत्पादों में से एक फॉर्मलाडेहाइड देता है।

4.5 **B** की संरचना और **X** का आण्विक सूत्र लिखिए।

इसके उपरान्त नम सिल्वर ऑक्साइड और मिथाइल आयोडाइड के साथ **B** की अभिक्रिया से **C** बनता है । **C** पर ओजोन (O_3) की अभिक्रिया से एक उदासीन यौगिक **D** उत्पन्न होता है जिसने तत्व-विश्लेषण में 48.38% कार्बन और 6.45% हाइड्रोजन दिया।

4.6 **D** का आण्विक सूत्र निकालिए। **C** और **D** की संरचनाएँ बनाइए। व्युत्पत्ति में शामिल सभी गणनाओं को दिखाइए।

4.7 **B** के साथ नम $Ag_2O + CH_3I$ की अभिक्रिया इनमे से किसके माध्यम से आगे बढ़ती है (सही विकल्प के सामने **X** चिह्नित करें)

a) नाभिकरागी प्रतिस्थापन
b) नाभिकरागी योगज अभिक्रिया
c) इलेक्ट्रॉनरागी योगज अभिक्रिया
d) इलेक्ट्रॉनरागी प्रतिस्थापन

4.8 नीचे दी गई अभिक्रिया में, नम Ag_2O निम्नलिखित में से किस के रूप में कार्य कर रहा है(सही विकल्प के सामने **X** चिह्नित करें):

a) नाभिकरागी का स्रोत
b) इलेक्ट्रॉनरागी का स्रोत
c) अम्ल
d) क्षार
e) उभयधर्मी प्रारंभक

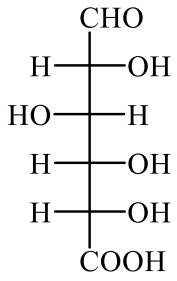
A जलीय अम्लीय परिस्थितियों में आयोडीन द्वारा हल्के ऑक्सीकरण करने पर एक यौगिक **E** ($C_6H_6O_6$) देता है। यदि (**A**) का क्षारीय विलयन में सोडियम हाइपोआयोडाइट का उपयोग करके ऑक्सीकरण किया जाता है, तो ऑक्सालिक अम्ल और एक मोनोबैसिक अम्ल (**F**) बनते हैं। आगे ऑक्सीकरण करने पर **F** से टार्टरिक अम्ल ($C_4H_6O_6$) प्राप्त होता है।

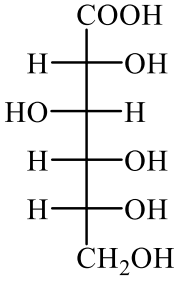
4.9 **E** और **F** की संरचनाएँ रेखांकित करें। यदि संरचना/एँ अचक्रीय है/हैं तो फिशर प्रोजेक्शन में बनाएँ।

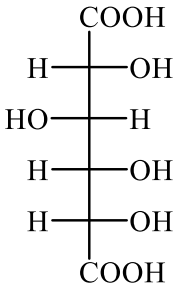
HBCSE

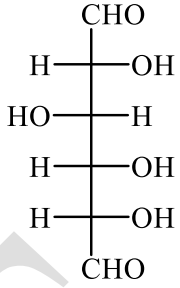
A को मनुष्यों द्वारा उत्पादित नहीं किया जा सकता है, इसलिए इसे आहार के माध्यम से ही प्राप्त करना होता है। लेकिन कुछ अन्य प्रजातियाँ जैव रासायनिक मार्ग द्वारा डी-ग्लूकोज को **A** में परिवर्तित कर सकती हैं। इस जैव-रासायनिक रूपांतरण में, डी-ग्लूकोज पहले ऑक्सीकरण द्वारा यौगिक **G** देता है जिसमें 57.70% ऑक्सीजन होती है।

4.10 निम्नलिखित में से **G** की सही संरचना चुनिए (सही विकल्प को **X** से चिह्नित करें):

a)


b)


c)


d)


शारीरिक परिस्थितियों में **G** एक यौगिक **H** ($C_6H_8O_6$) में परिवर्तित होता है, जो अपचयित होकर यौगिक **I** देता है। अंत में, **I** निर्जलीकरण अभिक्रिया द्वारा **A** का उत्पादन करता है।

4.11 सही त्रिविम संरचना के साथ **H**, और **I** की संरचनाओं को रेखांकित करें।

A नॉनहीम आयरन अवशोषण का एक शक्तिशाली वर्धक है और इसका उपयोग एनीमिया के उपचार में किया जाता है। यह Fe^{3+} आयनों के साथ अभिक्रिया करके एक अष्टफलकीय संकुल बनाता है जिसका आण्विक सूत्र $[C_{12}H_{16}FeO_{14}]^-$ है।

4.12 A के लौह संकुल की संरचना बनाइए।

•OH सभी अभिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों (ROS) में से सबसे अधिक अभिक्रियाशील है और डीएनए के साथ अन्नोन्यक्रिया करके हानि पहुँचाता है। यौगिक **A** का जैव सक्रिय रूप (शारीरिक pH पर उपस्थित रूप) •OH के साथ एकल इलेक्ट्रॉन स्थानांतरण अभिक्रिया द्वारा **J** और **K** देता है। **J** बाद में विप्रोटोनन द्वारा एक स्थिर मूलक **L** उत्पन्न करता है, जो DNA को क्षति नहीं पहुँचाता है।

4.13 J, K और **L** की संरचनाएँ बनाइए।

A का खाद्य पदार्थों में अनुमान सेरिक अमोनियम सल्फेट के साथ अनुमापन करके लगाया जाता है जो एक इलेक्ट्रॉन ऑक्सीकरण एजेंट के रूप में कार्य करता है।

4.14 उपरोक्त अनुमापन के लिए दिये गए समीकरण के उत्पाद लिखिए और इसे संतुलित कीजिए।

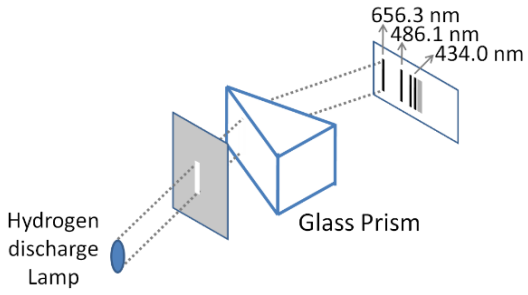
A + $Ce(NH_4)_4(SO_4)_4.2H_2O$ ⟶ **E** + _____

समस्या 5 — 16 अंक

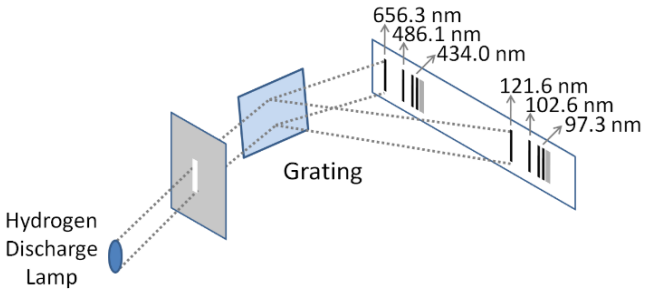
बैंगनी हाइड्रोजन

जब विद्युत विसर्जन नलिका में बंद हाइड्रोजन गैस पर उच्च विभव लगाया जाता है, तो यह बैंगनी प्रकाश देता है। प्रकृति में कुछ तारों से आने वाली रोशनी में ऐसा रंग देखा जा सकता है। हाइड्रोजन में इस रंग की उत्पत्ति लंबे समय तक एक रहस्य बनी रही। 19वीं सदी के एक प्रयोग में, वैज्ञानिकों ने हाइड्रोजन विसर्जन नलिका से प्रकाश को एक स्लिट और उसके बाद एक ग्लास प्रिज्म से गुजारा। कांच के प्रिज्म के पीछे रखे परदे पर एक बहुत तेज चमकदार लाल रेखा के साथ एक नीली और निकट दूरी पर कई बैंगनी रेखाएँ देखी जा सकती थी। 20वीं सदी की शुरुआत में प्रयोगों में जब ग्लास प्रिज्म के बजाय विवर्तन ग्रेटिंग का उपयोग किया गया था, तो स्पेक्ट्रम के अदृश्य विस्तार के रूप में कुछ अतिरिक्त रेखाओं का पता लगा जैसा कि नीचे दिखाया गया है।

HBCSE



*Spectrum **S1***



*Spectrum **S2***

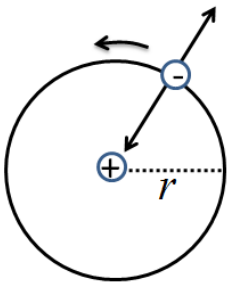
बाद के प्रयोगों में, हाइड्रोजन विसर्जन के स्पेक्ट्रम में उच्च तरंग-दैर्ध्य पर कई और रेखाओं का पता लगा, लेकिन *Spectrum **S2*** में दिखी रेखाओं से कम तरंग-दैर्ध्य पर कोई रेखाएँ नहीं पाई गईं।

5.1 इनमें से प्रत्येक रेखा हाइड्रोजन परमाणुओं के एक विशिष्ठ ऊर्जा अवस्था से दूसरे में परिवर्तित होने से ऊर्जा में विशिष्ट घटाव से उत्पन्न हुई। *स्पेक्ट्रम **S2*** में देखी गई रेखाओं में से सबसे कम ऊर्जा संक्रमण से उत्पन्न होने वाले प्रकाश की आवृत्ति निर्धारित करें।

उपरोक्त स्पेक्ट्रा में प्राप्त तरंग-दैर्ध्यों के विश्लेषण कई गणितज्ञों द्वारा किये गये। अंततः यह पहचाना गया कि तरंग-दैर्ध्य हाइड्रोजन परमाणु की ऊर्जा अवस्थाओं में परिवर्तन के अनुरूप थे, जहाँ प्रत्येक अवस्था का ऊर्जा मान $E = - C/n^2$ के रूप में होगा, जहाँ C एक स्थिरांक है और n एक प्राकृतिक संख्या है।

5.2 i) ***S1*** और ***S2*** में तरंग-दैर्ध्य डेटा का उपयोग करके, **C** का मान Joules और cm^{-1} में निकालें। उत्तर प्राप्त करने के लिए अनुसरण किए गए विस्तृत चरण दीजिए।

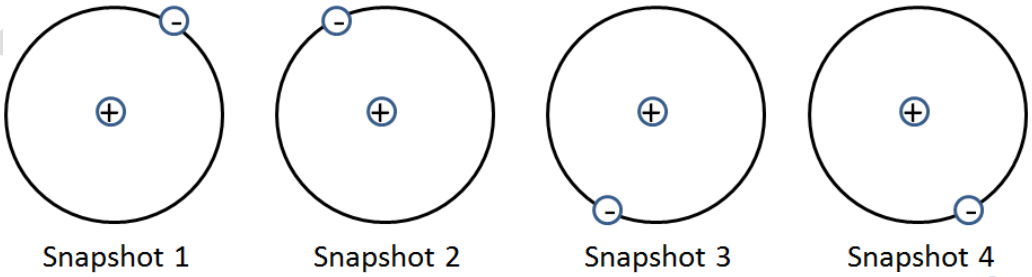
ii) उन अवस्थाओं के लिए n का मान निकालें, जिनके बीच संक्रमण तरंग-दैर्ध्य 102.1 nm और 434.1 nm का प्रकाश पैदा करता है।



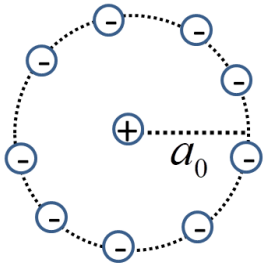
बोर परमाणु मॉडल के अनुसार, एक परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वृत्ताकार कक्षों में घूमते हैं (जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है)। हाइड्रोजन परमाणु स्थिर है क्योंकि केन्द्रापसारक बल $\left(\frac{mv^2}{r}\right)$ और वैद्युत बल $\left(\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\right)$ का परिमाण दूरी a_o पर बराबर है।

5.3 हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन के वेग का परिमाण ज्ञात कीजिए तथा प्रकाश की गति से इसका अनुपात भी ज्ञात कीजिए।

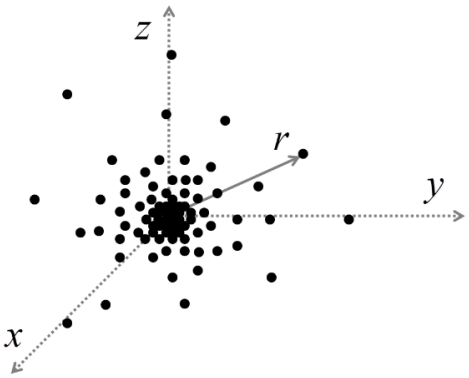
कल्पना करें कि हम वृत्ताकार पथ पर परिक्रमा कर रहे इलेक्ट्रॉन के क्षणचित्र ले सकते हैं। इनमें से चार निरूपक क्षणचित्र नीचे दर्शाए गए हैं:



वैकल्पिक रूप से, कई क्षणचित्रों को सामूहिक रूप से एक ही आकृति में निम्नानुसार दर्शाया जा सकता है। इस चित्र से पता चलता है कि त्रिज्या $r = a_o$ की कक्षा पर इलेक्ट्रॉन को पाने की प्रायिकता 100% है (बोर परमाणु मॉडल के अनुसार)।



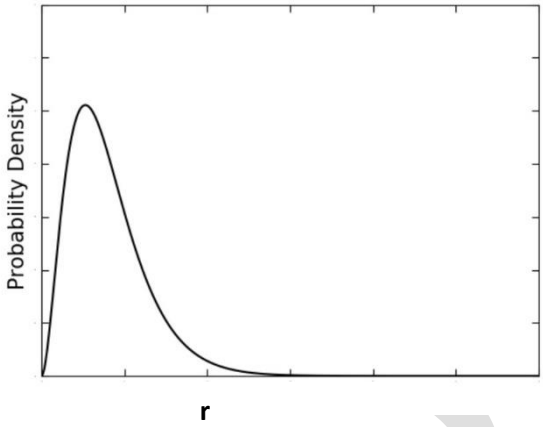
इसके विपरीत, विभिन्न प्रयोग सामूहिक रूप से हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन की स्थिति के लिए निम्नलिखित अध्यारोपित क्षणचित्र प्रदर्शित करते हैं। यहाँ, नाभिक मूल बिंदु पर स्थित है और इलेक्ट्रॉन (बिंदुओं द्वारा दर्शाया गया) नाभिक के चारों ओर हर जगह पाया जाता है; हालाँकि, ऐसे क्षेत्र भी हैं जहाँ इलेक्ट्रॉन अन्य क्षेत्रों की तुलना में अधिक बार पाया जाता है।



क्वांटम मैकेनिकल मॉडल एक गणितीय फ़ंक्शन का उपयोग करके उपरोक्त प्रयोगात्मक निष्कर्ष का संभावित स्पष्टीकरण प्रदान करता है, जिसे प्रायिकता घनत्व फलन कहा जाता है। क्वांटम मैकेनिकल मॉडल से किसी दूरी r पर सबसे कम ऊर्जा अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु या हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं/आयनों (परमाणु संख्या Z वाले) में इलेक्ट्रॉन की प्रायिकता घनत्व को इस प्रकार व्यक्त किया जा सकता है:

$$f(r) = \frac{4Z^3}{a_0^3} r^2 e^{-2\frac{Z\,r}{a_0}}$$

हाइड्रोजन के लिए यह फलन निम्नलिखित आरेख में दर्शाया गया है:



5.4 हाइड्रोजन परमाणु के लिए r का सबसे संभावित मान (मूल से वह दूरी जहां इलेक्ट्रॉन पाए जाने की प्रायिकता घनत्व अधिकतम है) ज्ञात करें।

5.5 r के सबसे संभावित मान के आधार पर, निम्नलिखित में से संभावित सत्य कथन हैं/हैं (सही विकल्प(विकल्पों) के सामने **X** अंकित करें):

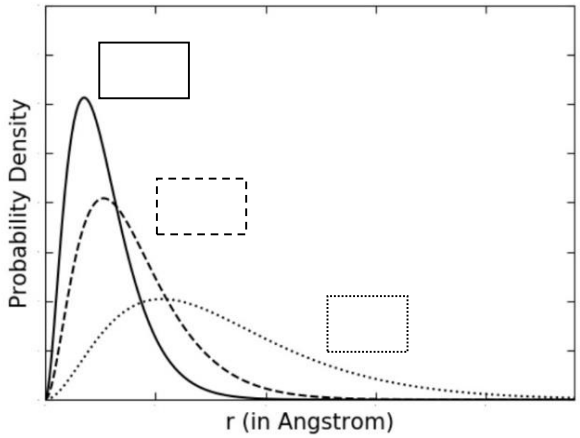
a) बोर मॉडल ने इलेक्ट्रॉन की ऐसी अवस्थिति का पूर्वानुमान प्रस्तुत किया जो वास्तविकता में असंभव है।

b) क्वांटम मैकेनिकल मॉडल में, वृत्ताकार गति संभव नहीं है, केवल रैखिक गति संभव है।

c) क्वांटम मैकेनिकल मॉडल में, इलेक्ट्रॉन गति संभव नहीं है।

d) क्वांटम मैकेनिकल मॉडल में, बोर मॉडल के अनुसार न्यूनतम ऊर्जा अवस्था में इलेक्ट्रॉन को $r = 8a_0$ दूरी पर पाया जा सकता है।

5.6 H परमाणु, He^+ आयन और Li^{2+} आयन में इलेक्ट्रॉन के संबंधित प्रायिकता घनत्व फलन को निरूपित करने वाले वक्र नीचे चित्र में दिए गए हैं। पहचानें कि कौन सा वक्र क्रमशः किस परमाणु/आयन प्रजाति का है।



HBCSE

मान लें कि एक विशेष रूप से बनाया गया हाइड्रोजन डिस्चार्ज लैंप (DL) केवल $n = 2$ अवस्था में उत्तेजित हाइड्रोजन परमाणु तैयार करता है। इलेक्ट्रॉनिक रूप से उत्तेजित परमाणु अंततः उचित आवृत्ति के फोटॉन उत्सर्जित करके वापस जमीनी अवस्था में आ जाते हैं। कोई फोटोसेंसिटिव डिटेक्टर का उपयोग करके किसी भी t समय पर उत्सर्जन की तीव्रता I को ज्ञात कर सकता है।

मान लें कि समय $t = 0$ (अर्थात, उत्तेजित हाइड्रोजन परमाणुओं के बनने के तुरंत बाद) पर उत्सर्जन की तीव्रता I_0 थी । समय के फलन के रूप में उत्सर्जन की तीव्रता में परिवर्तन को निम्नलिखित दर समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकता है:

$$-\frac{dI}{dt} = kI$$; जहां, $n = 2 \rightarrow n = 1$ संक्रमण के लिए $k = 10^8 s^{-1}$ है और यह मान प्रारंभिक और अंतिम अवस्थाओं में इलेक्ट्रॉन वितरण पर निर्भर करता है।

5.7 वह समय ज्ञात कीजिए जब डिस्चार्ज लैंप को बंद करने के बाद उसकी तीव्रता प्रारंभिक तीव्रता से **10%** तक गिरती है।

5.8 इस डिस्चार्ज लैंप (**DL**) के उत्सर्जन के रंग की पहचान करें।

HBCSE

IUPAC Periodic Table of the Elements

1																	18
1 H hydrogen 1.008 [1.0078, 1.0082]	2		Key: atomic number **Symbol** name conventional atomic weight standard atomic weight										13	14	15	16	17	2 He helium 4.0026
3 Li lithium 6.94 [6.938, 6.997]	4 Be beryllium 9.0122												5 B boron 10.81 [10.806, 10.821]	6 C carbon 12.011 [12.009, 12.012]	7 N nitrogen 14.007 [14.006, 14.008]	8 O oxygen 15.999 [15.999, 16.000]	9 F fluorine 18.998	10 Ne neon 20.180
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 [24.304, 24.307]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13 Al aluminium 26.982	14 Si silicon 28.085 [28.084, 28.086]	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 [32.059, 32.076]	17 Cl chlorine 35.45 [35.446, 35.457]	18 Ar argon 39.95 [39.792, 39.963]
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904 [79.901, 79.907]	36 Kr krypton 83.798(2)
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 [204.38, 204.39]	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganesson

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25(3)	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.

Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

2019 IYPT International Year of the Periodic Table of Chemical Elements

IUPAC