

d एवं f-ब्लॉक के तत्त्व

इस अध्याय के सभी महत्वपूर्ण प्रश्न – उत्तर सहित। पहले खुद हल करने की कोशिश करो, फिर उत्तर मिलाओ।

अभ्यास प्रश्न-उत्तर (हर टॉपिक से)

» d-ब्लॉक और f-ब्लॉक तत्वों का परिचय एवं परिभाषा

प्रश्न 1 (आसान). संक्रमण तत्वों को और किस नाम से जाना जाता है?

उत्तर – d-ब्लॉक तत्व

प्रश्न 2 (आसान). लैंथेनाइड्स और एक्टिनाइड्स किस ब्लॉक के तत्व हैं?

उत्तर – f-ब्लॉक

प्रश्न 3 (मध्यम). कॉपर (Cu, Z=29) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[\text{Ar}] 3d^1 4s^1$ है। क्या यह एक संक्रमण तत्व है? क्यों?

उत्तर – हाँ, कॉपर एक संक्रमण तत्व है। भले ही इसकी मूल अवस्था में d-कक्षक पूर्ण दिखता है ($3d^1$), लेकिन इसकी सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था +2 में यह Cu^{2+} आयन बनाता है, जिसका विन्यास $[\text{Ar}] 3d$ होता है, जो अपूर्ण d-कक्षक दर्शाता है। इसलिए, IUPAC की परिभाषा के अनुसार यह एक संक्रमण तत्व है।

प्रश्न 4 (कठिन). जिंक (Zn, Z=30) को d-ब्लॉक तत्व होने के बावजूद संक्रमण तत्व क्यों नहीं माना जाता?

उत्तर – जिंक की मूल अवस्था (Zn) और इसकी सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था (Zn^{2+}) दोनों में ही इसका d-कक्षक पूरी तरह भरा हुआ ($3d^1$) होता है। संक्रमण तत्वों की परिभाषा के अनुसार, परमाणु या आयन में d-कक्षक अपूर्ण होना चाहिए। इसलिए, जिंक को संक्रमण तत्व नहीं माना जाता।

» संक्रमण तत्वों की इलेक्ट्रॉनिक विन्यास और अपवाद

प्रश्न 5 (आसान). संक्रमण तत्वों का सामान्य इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्या है?

उत्तर – $(n-1)d^{1-10}ns^{1-2}$

प्रश्न 6 (आसान). क्रोमियम का वास्तविक इलेक्ट्रॉनिक विन्यास क्या है?

उत्तर – $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$

प्रश्न 7 (मध्यम). कॉपर में 4s से इलेक्ट्रॉन 3d में क्यों जाता है?

उत्तर – क्योंकि $3d^1$ पूर्ण भरित होकर अधिक स्थायी हो जाता है।

प्रश्न 8 (कठिन). क्या सभी संक्रमण तत्वों में इलेक्ट्रॉनिक विन्यास में अपवाद होते हैं? उदाहरण सहित समझाएँ।

उत्तर – नहीं, सभी संक्रमण तत्वों में अपवाद नहीं होते हैं। अपवाद मुख्य रूप से क्रोमियम ($3d^5 4s^1$) और कॉपर ($3d^1 4s^1$) जैसे तत्वों में पाए जाते हैं, जहाँ अर्ध-भरे या पूर्ण-भरे कक्षकों के स्थायित्व के कारण सामान्य नियम का पालन नहीं होता। स्कैंडियम ($3d^1 4s^2$) जैसे तत्वों में कोई अपवाद नहीं होता।

» संक्रमण तत्वों के धात्विक गुण

प्रश्न 9 (आसान). संक्रमण तत्वों के कौन से गुण उन्हें 'चमकदार' बनाते हैं?

उत्तर – धात्विक चमक (Metallic Lustre)

प्रश्न 10 (आसान). धातु को पीटकर पतली चादर बनाने की क्षमता को क्या कहते हैं?

उत्तर – वर्धनीयता (Malleability)

प्रश्न 11 (मध्यम). संक्रमण तत्व अन्य धातुओं की तुलना में अधिक 'कठोर' क्यों होते हैं?

उत्तर – इनके परमाणुओं में बड़ी संख्या में 'अयुगलित d इलेक्ट्रॉन' होते हैं, जो मजबूत 'धात्विक बंध' (metallic bonding) बनाते हैं, जिससे ये बहुत कठोर हो जाते हैं।

प्रश्न 12 (कठिन). जिंक (Zn), कैडमियम (Cd) और मर्करी (Hg) जैसे तत्व संक्रमण तत्व होने के बावजूद 'अतिकठोर' क्यों नहीं होते?

उत्तर – क्योंकि जिंक, कैडमियम और मर्करी के d-कक्षक पूरी तरह से भरे होते हैं (d^1 विन्यास), जिससे उनमें 'अयुगलित d इलेक्ट्रॉन' नहीं होते। इस वजह से वे मजबूत 'धात्विक बंध' बनाने में कम सक्षम होते हैं और इसलिए वे कम कठोर होते हैं।

» संक्रमण तत्वों के गलनांक और कणन एन्थैल्पी

प्रश्न 13 (आसान). संक्रमण धातुओं के गलनांक उच्च क्यों होते हैं?

उत्तर – प्रबल धात्विक बंधन के कारण।

प्रश्न 14 (आसान). कणन एन्थैल्पी क्या है?

उत्तर – एक मोल ठोस धातु को गैसीय परमाणुओं में तोड़ने के लिए आवश्यक ऊर्जा।

प्रश्न 15 (मध्यम). संक्रमण धातुओं में धात्विक बंधन की मजबूती के लिए कौन से इलेक्ट्रॉन जिम्मेदार होते हैं?

उत्तर – संयोजकता 's' इलेक्ट्रॉनों के साथ-साथ 'अयुगलित $(n-1)d$ ' इलेक्ट्रॉन भी जिम्मेदार होते हैं।

प्रश्न 16 (कठिन). संक्रमण श्रेणी में गलनांक और कणन एन्थैल्पी मध्य में अधिकतम क्यों होती है?

उत्तर – श्रेणी के मध्य में अयुगलित d इलेक्ट्रॉनों की संख्या अधिकतम होती है, जिससे सबसे मजबूत धात्विक बंधन बनते हैं और परिणामस्वरूप गलनांक व कणन एन्थैल्पी भी अधिकतम होती है।

» संक्रमण तत्वों की परमाणु एवं आयनिक त्रिज्याओं में परिवर्तन

प्रश्न 17 (आसान). संक्रमण श्रेणी में बाएं से दाएं जाने पर परमाणु त्रिज्या पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर – घटती है

प्रश्न 18 (आसान). लैंथेनाइड संकुचन का मुख्य कारण क्या है?

उत्तर – 4f इलेक्ट्रॉनों का कमजोर आवरण प्रभाव

प्रश्न 19 (मध्यम). द्वितीय संक्रमण श्रेणी (4d) और तृतीय संक्रमण श्रेणी (5d) के तत्वों की त्रिज्याएं लगभग समान क्यों होती हैं? (संक्षेप में)

उत्तर – लैंथेनाइड संकुचन के कारण, जहाँ 4f इलेक्ट्रॉनों का कमजोर परिरक्षण प्रभाव नाभिकीय आवेश में वृद्धि करता है, जिससे 5d तत्वों का आकार 4d के समान हो जाता है।

प्रश्न 20 (कठिन). एक ही संक्रमण श्रेणी में परमाणु क्रमांक बढ़ने के साथ-साथ परमाणु त्रिज्याओं में कमी क्यों आती है, भले ही नए इलेक्ट्रॉन जुड़ रहे हों?

उत्तर – परमाणु क्रमांक बढ़ने पर नाभिकीय आवेश बढ़ता है। नए इलेक्ट्रॉन d-कक्षकों में प्रवेश करते हैं, जिनका आवरण प्रभाव कमजोर होता है। यह कमजोर परिरक्षण बाहरी इलेक्ट्रॉनों पर नाभिक के प्रभावी आकर्षण को बढ़ा देता है, जिससे परमाणु का आकार सिकुड़ जाता है।

» संक्रमण तत्वों की आयनन एन्थैल्पी

प्रश्न 21 (आसान). आयनन एन्थैल्पी क्या है?

उत्तर – किसी गैसीय परमाणु के बाहरी कोश से एक इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा।

प्रश्न 22 (आसान). संक्रमण श्रेणी में बाएं से दाएं जाने पर आयनन एन्थैल्पी पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर – सामान्यतः बढ़ती है।

प्रश्न 23 (मध्यम). Mn^{2+} आयन से तीसरा इलेक्ट्रॉन निकालना क्यों मुश्किल होता है?

उत्तर – क्योंकि Mn^{2+} का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $3d^5$ होता है, जो कि अर्द्ध-भरित और अत्यधिक स्थायी होता है। इस स्थायी विन्यास से इलेक्ट्रॉन निकालने में अधिक ऊर्जा लगती है।

प्रश्न 24 (कठिन). जिंक (Zn) की तृतीय आयनन एन्थैल्पी अप्रत्याशित रूप से उच्च क्यों होती है? समझाओ।

उत्तर – जिंक का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d^{10} 4s^2$ है। प्रथम दो इलेक्ट्रॉन $4s$ कक्षक से निकलने के बाद Zn^{2+} आयन बनता है, जिसका विन्यास $[Ar] 3d^{10}$ है। यह पूर्ण-भरित d -कक्षक विन्यास अत्यधिक स्थायी होता है। इस स्थायी d^{10} विन्यास से तीसरा इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए बहुत अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है, इसीलिए इसकी तृतीय आयनन एन्थैल्पी अप्रत्याशित रूप से उच्च होती है।

» संक्रमण तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाएँ

प्रश्न 25 (आसान). कौन सा संक्रमण तत्व सबसे अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाता है?

उत्तर – मैंगनीज (Mn)

प्रश्न 26 (आसान). संक्रमण तत्वों की परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाओं का मुख्य कारण क्या है?

उत्तर – $(n-1)d$ और ns इलेक्ट्रॉनों की भागीदारी

प्रश्न 27 (मध्यम). स्कैंडियम (Sc) की सिर्फ एक ऑक्सीकरण अवस्था (+3) क्यों होती है जबकि यह एक संक्रमण तत्व है?

उत्तर – स्कैंडियम का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d^1 4s^2$ है। यह अपने $3d$ के एक और $4s$ के दो इलेक्ट्रॉन खोकर स्थायी अक्रिय गैस विन्यास प्राप्त कर लेता है, इसलिए सिर्फ +3 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाता है।

प्रश्न 28 (कठिन). संक्रमण श्रेणी के मध्य में स्थित तत्व अधिक ऑक्सीकरण अवस्थाएं क्यों दिखाते हैं, जबकि किनारों पर कम?

उत्तर – श्रेणी के मध्य में स्थित तत्वों के पास पर्याप्त संख्या में unpaired d इलेक्ट्रॉन होते हैं, जो बंध बनाने में भाग ले सकते हैं। किनारों पर, जैसे स्कैंडियम में कम d इलेक्ट्रॉन होते हैं, और जिंक में d कक्षक पूरा भरा होता है, जिससे इलेक्ट्रॉनों की भागीदारी सीमित हो जाती है।

» मानक इलेक्ट्रोड विभव (M^{2+}/M) में प्रवृत्तियाँ

प्रश्न 29 (आसान). कौन से संक्रमण तत्व का मानक इलेक्ट्रोड विभव (M^{2+}/M) धनात्मक होता है?

उत्तर – कॉपर (Cu)

प्रश्न 30 (आसान). Mn और Zn के M^{2+}/M E° मान अपेक्षित से अधिक ऋणात्मक क्यों होते हैं?

उत्तर – Mn^{2+} में d^5 अर्द्ध-भरित विन्यास और Zn^{2+} में d^{10} पूर्ण-भरित विन्यास के स्थायित्व के कारण।

प्रश्न 31 (मध्यम). कॉपर अम्लों से हाइड्रोजन गैस क्यों नहीं मुक्त करता?

उत्तर – क्योंकि कॉपर का मानक इलेक्ट्रोड विभव (M^{2+}/M) धनात्मक होता है (+0.34 V), जिसका अर्थ है कि वह इलेक्ट्रॉन खोकर M^{2+} आयन में परिवर्तित होने के लिए ऊर्जा की मांग करता है, जिससे वह H आयनों को अपचयित नहीं कर पाता।

प्रश्न 32 (कठिन). संक्रमण तत्वों के M^{2+}/M मानक इलेक्ट्रोड विभवों में सामान्य प्रवृत्ति क्या है, और इस प्रवृत्ति से विचलन के दो कारण बताइए?

उत्तर – सामान्य प्रवृत्ति यह है कि E° मान कम ऋणात्मक होता जाता है। विचलन के कारण: 1. Mn^{2+} का d^5 अर्द्ध-भरित और Zn^{2+} का d^{10} पूर्ण-भरित कक्षक स्थायित्व। 2. Ni की उच्चतम ऋणात्मक जलयोजन एन्थैल्पी। 3. Cu की बहुत उच्च आयनन एन्थैल्पी जिसे जलयोजन एन्थैल्पी संतुलित नहीं कर पाती, जिससे इसका E° मान धनात्मक हो जाता है।

» ऑक्सीकरण अवस्थाओं के स्थायित्व की प्रवृत्तियाँ

प्रश्न 33 (आसान). संक्रमण तत्वों की उच्चतम ऑक्सीकरण संख्या अक्सर उनकी _____ संख्या से मेल खाती है।

उत्तर – वर्ग (group)

प्रश्न 34 (आसान). कौन से दो तत्व उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं को स्थिर करने में मदद करते हैं?

उत्तर – ऑक्सीजन और फ्लोरीन

प्रश्न 35 (मध्यम). ऑक्सीजन और फ्लोरीन में से कौन संक्रमण तत्वों की उच्च ऑक्सीकरण अवस्थाओं को बेहतर ढंग से स्थिर करता है? कारण स्पष्ट कीजिए।

उत्तर – ऑक्सीजन, क्योंकि इसकी धातुओं के साथ बहुआबंध (multiple bonding) बनाने की क्षमता फ्लोरीन से अधिक होती है।

प्रश्न 36 (कठिन). यदि हम क्रोमियम (Cr) की ऑक्सीकरण अवस्थाओं को देखें, तो यह CrO में +6 दिखाता है। क्या आप बता सकते हैं कि CrO में क्रोमियम की उच्च ऑक्सीकरण अवस्था को कौन स्थिर कर रहा है और क्यों?

उत्तर – CrO में क्रोमियम की +6 ऑक्सीकरण अवस्था को ऑक्सीजन स्थिर कर रहा है। ऑक्सीजन की बहुआबंध बनाने की क्षमता के कारण यह क्रोमियम के साथ स्थिर उच्च ऑक्सीकरण अवस्था बनाता है। 'चतुष्फलकीय [CrO]₄²⁻' जैसे आयन भी इसी कारण स्थिर होते हैं।

» चुंबकीय गुण (अनुचुंबकत्व और प्रतिचुंबकत्व)

प्रश्न 37 (आसान). यदि किसी आयन में 3 अयुगलित इलेक्ट्रॉन हैं, तो उसका चुंबकीय आघूर्ण क्या होगा?

उत्तर – $\mu = 3(3+2) = 15 \times 3.87 \text{ BM}$

प्रश्न 38 (आसान). Cu²⁺ (परमाणु क्रमांक 29) आयन के लिए 'n' का मान क्या है?

उत्तर – Cu²⁺ का विन्यास [Ar] 3d⁹ है, इसलिए n=1

प्रश्न 39 (मध्यम). Ti³⁺ (परमाणु क्रमांक 22) के चुंबकीय आघूर्ण की गणना कीजिए।

उत्तर – Ti = [Ar] 3d² 4s², Ti³⁺ = [Ar] 3d¹, तो n=1। $\mu = 1(1+2) = 3 \times 3.87 \text{ BM}$

प्रश्न 40 (कठिन). Cr³⁺ (परमाणु क्रमांक 24) और Fe³⁺ (परमाणु क्रमांक 26) में से किसका चुंबकीय आघूर्ण अधिक होगा और क्यों?

उत्तर – Cr³⁺ = [Ar] 3d³, n=3, $\mu = 3.87 \text{ BM}$ । Fe³⁺ = [Ar] 3d⁵, n=5, $\mu = 5.92 \text{ BM}$ । Fe³⁺ का चुंबकीय आघूर्ण अधिक होगा क्योंकि उसमें अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या (5) Cr³⁺ (3) से अधिक है।

» रंगीन आयनों का बनना

प्रश्न 41 (आसान). अगर कोई आयन 'नीला' रंग अवशोषित करता है, तो उसका पूरक रंग क्या होगा?

उत्तर – नारंगी

प्रश्न 42 (आसान). संक्रमण धातुओं के आयन रंगीन क्यों होते हैं?

उत्तर – d-d संक्रमण के कारण

प्रश्न 43 (मध्यम). Cu²⁺ आयन का विलयन नीला दिखाई देता है। इसने कौन सा रंग अवशोषित किया होगा?

उत्तर – लाल-नारंगी

प्रश्न 44 (कठिन). Sc³⁺ आयन रंगहीन होता है। ऐसा क्यों है, जबकि यह एक संक्रमण धातु आयन है?

उत्तर – Sc³⁺ में कोई d-इलेक्ट्रॉन नहीं होता (3d विन्यास), इसलिए d-d संक्रमण संभव नहीं है और यह रंगहीन होता है।

» जटिल यौगिकों का निर्माण और उत्प्रेरकीय गुण

प्रश्न 45 (आसान). संक्रमण तत्वों के वे दो मुख्य गुण कौन से हैं जो उन्हें जटिल यौगिक बनाने में सक्षम बनाते हैं?

उत्तर – परिवर्तनीय संयोजकता और खाली d-कक्षा।

प्रश्न 46 (आसान). उत्प्रेरक रासायनिक अभिक्रिया में क्या करते हैं?

उत्तर – वे अभिक्रिया की गति को बढ़ाते हैं, पर खुद खर्च नहीं होते।

प्रश्न 47 (मध्यम). $\text{Fe}(\text{CO})$ एक जटिल यौगिक है। इसमें केंद्रीय धातु परमाणु कौन सा है?

उत्तर – आयरन (Fe)।

प्रश्न 48 (कठिन). VO (वैनेडियम पेंटाऑक्साइड) सल्फ्यूरिक अम्ल के उत्पादन में एक महत्वपूर्ण उत्प्रेरक है। इस तत्व का कौन सा गुण इसे उत्प्रेरक के रूप में उपयोगी बनाता है?

उत्तर – वैनेडियम की परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाएँ (जैसे +5, +4) और खाली d-कक्षकों की उपलब्धता इसे उत्प्रेरक के रूप में उपयोगी बनाती है, क्योंकि यह अभिकारकों के साथ अस्थायी बंध बनाकर अभिक्रिया को आगे बढ़ाता है।

» अंतराकाशी यौगिक और मिश्रधातुओं का बनना

प्रश्न 49 (आसान). निम्नलिखित में से कौन-सा अंतराकाशी यौगिक का उदाहरण है: A) NaCl, B) TiC, C) HO, D) CO?

उत्तर – B) TiC

प्रश्न 50 (आसान). पीतल किन दो धातुओं की मिश्रधातु है?

उत्तर – कॉपर और जिंक

प्रश्न 51 (मध्यम). अंतराकाशी यौगिक शुद्ध धातुओं से कठोर क्यों होते हैं?

उत्तर – धातु जालक में छोटे परमाणुओं (जैसे C, N, H) के फंस जाने से धातु की संरचना अधिक सघन और कठोर हो जाती है, जिससे उनके परमाणुओं की गतिशीलता कम हो जाती है।

प्रश्न 52 (कठिन). संक्रमण धातुएँ आसानी से मिश्रधातु क्यों बनाती हैं? दो कारण बताइए।

उत्तर – संक्रमण धातुओं के परमाणुओं के आकार लगभग समान होते हैं (क्योंकि उनकी परमाणु विज्याओं में अधिक अंतर नहीं होता, लगभग 15% तक), और उनकी धात्विक बंध बनाने की प्रवृत्ति भी समान होती है। ये दोनों कारण उन्हें एक-दूसरे के क्रिस्टल जालक में आसानी से फिट होकर मिश्रधातु बनाने में मदद करते हैं।

» पोटेशियम डाइक्रोमेट (KCrO) - विरचन, गुण और उपयोग

प्रश्न 53 (आसान). पोटेशियम डाइक्रोमेट का सूत्र क्या है?

उत्तर – KCrO

प्रश्न 54 (आसान). क्रोमेट आयन की संरचना कैसी होती है?

उत्तर – चतुष्फलकीय (Tetrahedral)

प्रश्न 55 (मध्यम). पोटेशियम डाइक्रोमेट एक प्रबल ऑक्सीकारक क्यों है?

उत्तर – क्योंकि अम्लीय माध्यम में यह आसानी से Cr^{3+} आयन में अपचयित हो जाता है, जिससे दूसरे पदार्थों का ऑक्सीकरण कर देता है।

प्रश्न 56 (कठिन). क्रोमेट और डाइक्रोमेट आयन एक-दूसरे में कैसे परिवर्तित होते हैं, और यह pH पर कैसे निर्भर करता है?

उत्तर – क्रोमेट (CrO_4^{2-}) अम्लीय माध्यम में डाइक्रोमेट ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) में बदलता है ($2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$)। डाइक्रोमेट ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) क्षारीय माध्यम में क्रोमेट (CrO_4^{2-}) में बदलता है ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$)। यह अंतरारूपांतरण वलियन के pH पर निर्भर करता है।

» पोटेशियम परमैंगनेट (KMnO) - विरचन, गुण और उपयोग

प्रश्न 57 (आसान). KMnO का सामान्य रंग क्या होता है?

उत्तर – गहरा बैंगनी (लगभग काला)

प्रश्न 58 (आसान). पोटेशियम परमैंगनेट बनाने में कौन सा मैंगनीज ऑक्साइड मुख्य शुरुआती पदार्थ है?

उत्तर – MnO (मैंगनीज डाइऑक्साइड)

प्रश्न 59 (मध्यम). मैंगनेट आयन (MnO_4^{2-}) और परमैंगनेट आयन (MnO_4^-) में से कौन सा अनुचुंबकीय होता है और क्यों?

उत्तर – मैंगनेट आयन (MnO_4^{2-}) अनुचुंबकीय होता है क्योंकि इसमें एक अयुगलित इलेक्ट्रॉन होता है।

प्रश्न 60 (कठिन). KMnO_4 की प्रबल ऑक्सीकारक क्षमता को देखते हुए, अम्लीय माध्यम में यह आयरन (II) आयन (Fe^{2+}) के साथ कैसे अभिक्रिया करेगा? अभिक्रिया का उत्पाद और ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन बताएं।

उत्तर – KMnO_4 आयरन (II) आयन को आयरन (III) आयन (Fe^{3+}) में ऑक्सीकृत कर देगा। Fe^{2+} से Fe^{3+} में ऑक्सीकरण संख्या +2 से +3 हो जाएगी।

» f-ब्लॉक तत्वों का परिचय: लैंथेनाइड और एक्टिनाइड

प्रश्न 61 (आसान). f-ब्लॉक तत्वों को किन दो मुख्य श्रेणियों में बांटा गया है?

उत्तर – लैंथेनाइड और एक्टिनाइड।

प्रश्न 62 (आसान). लैंथेनाइड श्रेणी के तत्वों में कौन सी ऑक्सीकरण अवस्था सबसे स्थायी होती है?

उत्तर – +3 ऑक्सीकरण अवस्था।

प्रश्न 63 (मध्यम). एक्टिनाइड श्रेणी के तत्वों का रसायन लैंथेनाइड की तुलना में अधिक जटिल क्यों होता है? कोई एक कारण बताइए।

उत्तर – एक्टिनाइड की ऑक्सीकरण अवस्थाओं का विस्तृत परास होता है और ये रेडियोधर्मी होते हैं।

प्रश्न 64 (कठिन). लैंथेनाइड तत्वों में पाई जाने वाली रासायनिक समानताओं की तुलना एक्टिनाइड तत्वों की जटिलता से क्यों की जाती है? दो मुख्य कारण बताएं।

उत्तर – लैंथेनाइड्स में 'समान इलेक्ट्रॉनिक विन्यास' (खासकर $6s^2$) और 'एक स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था' (+3) होती है, जिससे उनके गुण बहुत मिलते-जुलते हैं। एक्टिनाइड्स में 'ऑक्सीकरण अवस्थाओं का विस्तृत परास' और 'रेडियोधर्मिता' जैसे गुण उन्हें जटिल बनाते हैं, और उनके गुणों में लैंथेनाइड्स जैसी एकरूपता नहीं होती।

» लैंथेनाइडों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास और संकुचन

प्रश्न 65 (आसान). लैंथेनाइड संकुचन का मुख्य कारण क्या है?

उत्तर – 4f इलेक्ट्रॉनों का दुर्बल परिरक्षण प्रभाव।

प्रश्न 66 (आसान). लैंथेनाइड संकुचन में परमाणु का आकार बढ़ता है या घटता है?

उत्तर – घटता है।

प्रश्न 67 (मध्यम). ज़र्कोनियम (Zr) और हाफ़नियम (Hf) के परमाणु आकार लगभग समान क्यों होते हैं?

उत्तर – लैंथेनाइड संकुचन के कारण।

प्रश्न 68 (कठिन). लैंथेनाइड संकुचन के कारण लैंथेनाइड तत्वों को अलग करना मुश्किल क्यों हो जाता है?

उत्तर – क्योंकि संकुचन के कारण इनके आकार और रासायनिक गुण बहुत समान हो जाते हैं।

» लैंथेनाइडों की ऑक्सीकरण अवस्थाएँ और सामान्य गुण

प्रश्न 69 (आसान). लैंथेनाइडों की सबसे सामान्य ऑक्सीकरण अवस्था क्या है?

उत्तर – +3

प्रश्न 70 (आसान). क्या सभी लैंथेनाइड रंगीन आयन बनाते हैं?

उत्तर – नहीं, La^{3+} और Lu^{3+} रंगहीन होते हैं।

प्रश्न 71 (मध्यम). किस लैंथेनाइड की कठोरता स्टील जैसी होती है?

उत्तर – सैमेरियम (Sm)

प्रश्न 72 (कठिन). Ce एक प्रबल ऑक्सीकारक क्यों होता है और यह किस ऑक्सीकरण अवस्था में वापस आता है?

उत्तर – Ce में 'f0' विन्यास होता है जो स्थिर होता है, लेकिन यह फिर भी एक प्रबल ऑक्सीकारक होता है क्योंकि यह आसानी से एक इलेक्ट्रॉन लेकर अपनी अधिक स्थिर +3 अवस्था में वापस आना चाहता है।

» **एक्टिनाइडों के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास, संकुचन और ऑक्सीकरण अवस्थाएँ**

प्रश्न 73 (आसान). एक्टिनाइड श्रेणी में 'f' ऑर्बिटल के किस उपकोश में इलेक्ट्रॉन भरे जाते हैं?

उत्तर – 5f उपकोश में।

प्रश्न 74 (आसान). क्या सभी एक्टिनाइड तत्व रेडियोधर्मी होते हैं?

उत्तर – हाँ, सभी एक्टिनाइड तत्व रेडियोधर्मी होते हैं।

प्रश्न 75 (मध्यम). एक्टिनाइड संकुचन क्या है? यह क्यों होता है?

उत्तर – एक्टिनाइड संकुचन श्रेणी में परमाणु या M^3 आयनों के आकार में धीरे-धीरे कमी है। यह 5f इलेक्ट्रॉनों के दुर्बल परिरक्षण (poor shielding) प्रभाव के कारण होता है।

प्रश्न 76 (कठिन). लैंथेनाइड्स की तुलना में एक्टिनाइड्स में ऑक्सीकरण अवस्थाओं का परास अधिक क्यों होता है?

उत्तर – एक्टिनाइड्स में 5f, 6d और 7s स्तरों की ऊर्जाएँ लगभग बराबर होती हैं। ये ऑर्बिटल ज़्यादा आसानी से 'बॉन्डिंग' में हिस्सा ले सकते हैं, जिससे ऑक्सीकरण अवस्थाओं का परास (range) अधिक हो जाता है। 5f कक्षक 4f की तुलना में कम धँसे हुए होते हैं।

हल किए हुए उदाहरण (step-by-step)

उदाहरण 1. आप किस आधार पर यह कह सकते हैं कि टाइटेनियम (Ti, Z=22) एक संक्रमण तत्व है?

- › सबसे पहले टाइटेनियम (Ti, Z=22) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखेंगे।
- › Ti का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d^2 4s^2$ है।
- › यहाँ हम देखते हैं कि अंतिम इलेक्ट्रॉन 3d-कक्षक में प्रवेश कर रहा है और 3d-कक्षक (जो कि 2 है) अपूर्ण है (इसमें 10 तक इलेक्ट्रॉन आ सकते हैं)।
- › संक्रमण तत्वों की परिभाषा के अनुसार, वे तत्व जिनके परमाणु या आयन में d-कक्षक अपूर्ण होते हैं, उन्हें संक्रमण तत्व कहते हैं।

उत्तर – चूँकि टाइटेनियम के परमाणु में 3d-कक्षक अपूर्ण ($3d^2$) है, अतः यह एक संक्रमण तत्व है।

उदाहरण 2. टाइटेनियम (Ti, परमाणु क्रमांक 22) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए। क्या यह एक अपवाद है?

- › सबसे पहले टाइटेनियम का परमाणु क्रमांक (Z) देखें, जो कि 22 है।
- › अब इसके निकटतम 'noble gas' (उत्कृष्ट गैस) का विन्यास लिखें, जो कि आर्गन (Ar, Z=18) है।
- › आर्गन के बाद, 'Aufbau principle' के अनुसार इलेक्ट्रॉन भरना शुरू करें। 4s कक्षक में पहले 2 इलेक्ट्रॉन भरेंगे: $[Ar] 4s^2$ ।
- › अब $22 - 18 - 2 = 2$ इलेक्ट्रॉन बचे हैं, जिन्हें 3d कक्षक में भरेंगे।
- › तो विन्यास होगा: $[Ar] 3d^2 4s^2$ ।
- › यह विन्यास सामान्य नियम $(n-1)d^1 ns^2$ का पालन करता है, जहाँ $n=4$ है, और $(4-1)d^2 4s^2$ है। इसमें कोई अपवाद नहीं है क्योंकि $3d^2$ 'half-filled' या 'fully-filled' नहीं है।

उत्तर – टाइटेनियम (Ti) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d^2 4s^2$ है। यह एक अपवाद नहीं है।

उदाहरण 3. संक्रमण तत्वों के किन्हीं तीन धात्विक गुणों को उदाहरण सहित समझाइए।

➤ पहला गुण है 'उच्च तनन सामर्थ्य' (High Tensile Strength)। इसका मतलब है कि ये धातुएँ बहुत मजबूत होती हैं और आसानी से टूटती नहीं हैं। सोचो, लोहे के पुल और इमारतें क्यों इतनी मजबूत होती हैं? क्योंकि उनमें लोहे का इस्तेमाल होता है, जो एक संक्रमण तत्व है और उसकी 'उच्च तनन सामर्थ्य' उसे यह मजबूती देती है।

➤ दूसरा गुण है 'तन्यता' (Ductility)। इसका मतलब है कि इन धातुओं को खींचकर पतले तारों में बदला जा सकता है। जैसे, कॉपर (तांबे) के तार जिनसे बिजली एक जगह से दूसरी जगह जाती है। अगर कॉपर में तन्यता न होती तो हम तार बना ही नहीं पाते।

➤ तीसरा गुण है 'उच्च तापीय और विद्युत चालकता' (High Thermal and Electrical Conductivity)। मतलब ये गर्मी और बिजली को बहुत अच्छे से अपने अंदर से गुजरने देती हैं। हमारे घरों में जो बिजली के तार होते हैं, वो कॉपर के ही बने होते हैं क्योंकि ये बिजली के बहुत अच्छे 'चालक' (conductors) होते हैं।

उत्तर – संक्रमण तत्वों के तीन धात्विक गुण उच्च तनन सामर्थ्य (जैसे लोहे के पुल), तन्यता (जैसे कॉपर के तार), और उच्च तापीय व विद्युत चालकता (जैसे कॉपर के बिजली के तार) हैं।

उदाहरण 4. संक्रमण तत्व, विशेष रूप से क्रोमियम (Cr) और टंगस्टन (W), बहुत उच्च गलनांक क्यों दर्शाते हैं?

➤ पहला कदम है समझना कि इन तत्वों में 'अयुगलित इलेक्ट्रॉन' कितने हैं। क्रोमियम (Cr) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar]3d^5 4s^1$ होता है, जसिमें 3d में 5 अयुगलित इलेक्ट्रॉन और 4s में 1 अयुगलित इलेक्ट्रॉन होता है। इसी तरह टंगस्टन (W) भी कई अयुगलित इलेक्ट्रॉन रखता है।

➤ दूसरा कदम है इन अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की भूमिका को समझना। ये 'अयुगलित (unpaired) d इलेक्ट्रॉन' धात्विक बंधन बनाने में सक्रिय रूप से भाग लेते हैं।

➤ तीसरा कदम है बंधन की मजबूती। जितने अधिक अयुगलित इलेक्ट्रॉन होते हैं, उतने ही अधिक 'प्रबल धात्विक बंधन' बनते हैं।

➤ आखिरी कदम है ऊर्जा की आवश्यकता। इन बहुत मजबूत धात्विक बंधनों को तोड़ने के लिए, तत्वों को पिघलाने के लिए बहुत अधिक 'ऊर्जा' की आवश्यकता होती है, इसीलिए इनके 'गलनांक' बहुत 'उच्च' होते हैं।

उत्तर – क्रोमियम और टंगस्टन जैसे संक्रमण तत्वों में अधिक संख्या में अयुगलित (n-1)d इलेक्ट्रॉन होते हैं, जो मजबूत धात्विक बंधन में भाग लेते हैं। इन प्रबल बंधनों को तोड़ने के लिए बहुत अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है, जिसके परिणामस्वरूप इनके गलनांक बहुत उच्च होते हैं।

उदाहरण 5. संक्रमण तत्वों में जब हम एक ही श्रेणी में बाएं से दाएं जाते हैं तो परमाणु त्रिज्या क्यों घटती है?

➤ पहला कदम यह है कि हम देखते हैं कि परमाणु क्रमांक (atomic number) बढ़ता है। इसका मतलब है कि नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या बढ़ रही है, जिससे 'नाभिकीय आवेश' (nuclear charge) बढ़ जाता है।

➤ दूसरा कदम यह है कि जो अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन आ रहे हैं, वे 'd-उपकोश' (d-subshell) में प्रवेश करते हैं।

➤ तीसरा कदम, हमें याद रखना चाहिए कि 'd-इलेक्ट्रॉन' का 'आवरण प्रभाव' (screening effect) या परिरक्षण प्रभाव (shielding effect) 'कमजोर' होता है। इसका मतलब है कि ये d-इलेक्ट्रॉन बाहरी इलेक्ट्रॉनों को नाभिक के बड़े हुए आकर्षण से पूरी तरह बचा नहीं पाते।

➤ आखिरी कदम यह है कि नाभिक का बढ़ता हुआ प्रभावी आकर्षण बाहरी इलेक्ट्रॉनों पर ज़्यादा लगता है, जिससे वे नाभिक की ओर ज़्यादा खींचे जाते हैं और परमाणु का आकार 'छोटा' हो जाता है।

उत्तर – इसलिए, संक्रमण तत्वों में श्रेणी में बाएं से दाएं जाने पर नाभिकीय आवेश बढ़ने और d-इलेक्ट्रॉनों के कमजोर आवरण प्रभाव के कारण परमाणु त्रिज्या घटती है।

उदाहरण 6. संक्रमण तत्वों की प्रथम, द्वितीय और तृतीय आयनन एन्थैल्पी के मानों में अनियमितताएं क्यों देखी जाती हैं? मैंगनीज (Mn) और जिंक (Zn) के विशेष संदर्भ में समझाइए।

➤ पहला चरण: समझाओ कि सामान्य रूप से संक्रमण तत्वों की आयनन एन्थैल्पी बाएं से दाएं जाने पर बढ़ती है, नाभिकीय आवेश बढ़ने और परिरक्षण प्रभाव के कारण।

➤ दूसरा चरण: बताओ कि कुछ तत्वों में ये बढ़ोतरी सीधी नहीं होती। 'आयनन एन्थैल्पी का मान प्रत्येक इलेक्ट्रॉन के नाभिक की ओर आकर्षण, दो इलेक्ट्रॉनों के बीच प्रतिकर्षण और विनिमय ऊर्जा पर निर्भर करता है।' यह विनिमय ऊर्जा (exchange energy) ही अर्द्ध-भरति (d) और पूर्ण-भरति (d¹) कक्षकों को अतिरिक्त स्थायित्व देती है।

› तीसरा चरण: मँगनीज (Mn) का उदाहरण लो। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d 4s^2$ है। जब इससे पहला इलेक्ट्रॉन निकलता है ($4s^1$), और फिर दूसरा ($4s$), तो Mn^{2+} आयन बनता है जिसका विन्यास $[Ar] 3d$ है। यह अर्द्ध-भरित विन्यास बहुत स्थायी होता है। इसलिए, 'd' से एक इलेक्ट्रॉन हटाने में अधिक कठिनाई प्रदर्शित होती है।' तीसरा इलेक्ट्रॉन निकालना बहुत मुश्किल होता है, जिससे तृतीय आयनन एन्थैल्पी अचानक बहुत बढ़ जाती है।

› चौथा चरण: जिंक (Zn) का उदाहरण लो। इसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d^1 4s^2$ है। जब इससे पहला इलेक्ट्रॉन निकलता है ($4s^1$), और फिर दूसरा ($4s$), तो Zn^{2+} आयन बनता है जिसका विन्यास $[Ar] 3d^1$ है। यह पूर्ण-भरित विन्यास बहुत स्थायी होता है। इसलिए, 'd' से एक इलेक्ट्रॉन हटाने में अधिक कठिनाई प्रदर्शित होती है।' Zn^{2+} से तीसरा इलेक्ट्रॉन निकालना भी बहुत मुश्किल होता है, और इसकी तृतीय आयनन एन्थैल्पी भी अप्रत्याशित रूप से उच्च होती है।

› पांचवां चरण: निष्कर्ष निकालो कि ये अनियमितताएं अर्द्ध-भरित (d) और पूर्ण-भरित (d^1) कक्षकों के उच्च स्थायित्व के कारण होती हैं, जहां से इलेक्ट्रॉन निकालने के लिए अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है।

उत्तर – संक्रमण तत्वों की आयनन एन्थैल्पी में अनियमितताएं मुख्यतः अर्द्ध-भरित (d) और पूर्ण-भरित (d^1) इलेक्ट्रॉनिक विन्यास की विशेष स्थायित्व के कारण होती हैं। मँगनीज (Mn) के मामले में, Mn^{2+} आयन ($3d$ विन्यास) बहुत स्थायी होता है, इसलिए तीसरा इलेक्ट्रॉन निकालना बहुत मुश्किल होता है, जिससे उसकी तृतीय आयनन एन्थैल्पी अत्यधिक उच्च हो जाती है। इसी तरह, जिंक (Zn) के मामले में, Zn^{2+} आयन ($3d^1$ विन्यास) बहुत स्थायी होता है, इसलिए तीसरा इलेक्ट्रॉन निकालना भी बहुत कठिन होता है, जिससे उसकी तृतीय आयनन एन्थैल्पी अप्रत्याशित रूप से उच्च हो जाती है।

उदाहरण 7. संक्रमण तत्वों में मँगनीज (Mn) की अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्था क्या होती है और इसका क्या कारण है?

- › पहचानें कि मँगनीज एक संक्रमण तत्व है, जिसका इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $[Ar] 3d 4s^2$ होता है।
- › इसमें $3d$ कक्षक में 5 इलेक्ट्रॉन और $4s$ कक्षक में 2 इलेक्ट्रॉन होते हैं।
- › संक्रमण तत्व ऑक्सीकरण अवस्थाएँ दर्शाने के लिए अपने $(n-1)d$ और ns दोनों इलेक्ट्रॉनों का उपयोग कर सकते हैं।
- › मँगनीज अपने सभी $5d$ और $2s$ इलेक्ट्रॉनों को रासायनिक बंध बनाने में दे सकता है।
- › इसलिए, कुल $5 + 2 = 7$ इलेक्ट्रॉन भागीदारी कर सकते हैं।
- › इस प्रकार, मँगनीज अधिकतम +7 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाता है।

उत्तर – मँगनीज की अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्था +7 होती है, क्योंकि यह अपने सभी $5d$ और $2s$ इलेक्ट्रॉनों को बंध बनाने में उपयोग कर सकता है।

उदाहरण 8. संक्रमण श्रेणी में कॉपर (Cu) के लिए मानक इलेक्ट्रोड विभव (M^{2+}/M) का मान धनात्मक क्यों होता है, जबकि अन्य तत्वों के लिए यह ऋणात्मक होता है?

› पहला कदम: हमें समझना होगा कि मानक इलेक्ट्रोड विभव (E°) का मान किन कारकों पर निर्भर करता है। इसमें मुख्य रूप से तीन ऊर्जाएँ शामिल होती हैं – परमाणुकरण एन्थैल्पी (aH°), आयनन एन्थैल्पी (iH°), और जलयोजन एन्थैल्पी ($hydH^\circ$)।

› दूसरा कदम: कॉपर के मामले में, जब $Cu(s)$ से $Cu^{2+}(aq)$ बनता है, तो हमें पहले ठोस Cu को गैसीय परमाणु में बदलना पड़ता है (परमाणुकरण एन्थैल्पी)।

› तीसरा कदम: फिर गैसीय Cu परमाणु से दो इलेक्ट्रॉन निकालकर गैसीय Cu^{2+} आयन बनाना पड़ता है (पहली और दूसरी आयनन एन्थैल्पी का योग)। कॉपर की 'आयनन एन्थैल्पी का योग' (sum of ionization enthalpies) बहुत 'उच्च' (high) होता है।

› चौथा कदम: अंत में, गैसीय Cu^{2+} आयन को पानी में घोलकर जलयोजित Cu^{2+} आयन बनाना पड़ता है (जलयोजन एन्थैल्पी)। कॉपर के लिए इसकी 'जलयोजन एन्थैल्पी' (hydration enthalpy) इतनी ऋणात्मक नहीं होती कि वह 'आयनन एन्थैल्पी' (ionization enthalpy) के उच्च मान को पूरी तरह से 'संतुलित' (compensate) कर सके।

› पांचवां कदम: चूंकि आयनन के लिए आवश्यक ऊर्जा (जो एक एंडोथर्मिक प्रक्रिया है) जलयोजन से निकलने वाली ऊर्जा (जो एक एक्सोथर्मिक प्रक्रिया है) से अधिक होती है, इसलिए शुद्ध ऊर्जा परिवर्तन धनात्मक होता है, जिसके परिणामस्वरूप कॉपर का E° मान भी धनात्मक आता है।

उत्तर – कॉपर के लिए मानक इलेक्ट्रोड विभव (M^{2+}/M) का मान धनात्मक होता है क्योंकि इसकी आयनन एन्थैल्पी का योग बहुत अधिक होता है, और यह उच्च ऊर्जा जलयोजन एन्थैल्पी द्वारा पूरी तरह से संतुलित नहीं हो पाती। इसलिए, Cu से Cu^{2+} बनने की प्रक्रिया के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है, जिससे E° मान धनात्मक होता है।

उदाहरण 9. संक्रमण तत्व मँगनीज (Mn) के लिए उच्चतम फ्लोराइड और उच्चतम ऑक्साइड में ऑक्सीकरण अवस्थाओं की तुलना कीजिए और अंतर का कारण बताइए।

› पहला चरण: मँगनीज का उच्चतम फ्लोराइड 'MnF' है। इसमें मँगनीज की ऑक्सीकरण अवस्था की गणना करें। फ्लोरीन की ऑक्सीकरण अवस्था -1 होती है। तो, $Mn + 4(-1) = 0$, इसका मतलब $Mn = +4$ ।

› दूसरा चरण: मँगनीज का उच्चतम ऑक्साइड 'MnO' है। इसमें मँगनीज की ऑक्सीकरण अवस्था की गणना करें। ऑक्सीजन की ऑक्सीकरण अवस्था -2 होती है। तो, $2(Mn) + 7(-2) = 0$, इसका मतलब $2(Mn) = +14$, तो $Mn = +7$ ।

› तीसरा चरण: तुलना करें। MnF में मँगनीज की ऑक्सीकरण अवस्था +4 है, जबकि MnO में +7 है।

› चौथा चरण: अंतर का कारण समझाएँ। 'ऑक्सीजन की धातु के साथ बहुआबंध बनाने की क्षमता' (multiple bonding ability) होती है, जबकि फ्लोरीन की ऐसी क्षमता कम होती है। इसी वजह से ऑक्सीजन मँगनीज को +7 जैसी बहुत उच्च ऑक्सीकरण अवस्था तक पहुँचा सकता है और उसे स्थिर भी कर सकता है, जबकि फ्लोरीन केवल +4 तक ही पहुँचा पाता है।

उत्तर – MnF में मँगनीज की ऑक्सीकरण अवस्था +4 है और MnO में +7 है। ऑक्सीजन की बहुआबंध (multiple bonding) बनाने की क्षमता के कारण वह मँगनीज को +7 तक की उच्चतम ऑक्सीकरण अवस्था में स्थिर कर पाता है, जबकि फ्लोरीन ऐसा नहीं कर पाता।

उदाहरण 10. जलीय विलयन में परमाणु क्रमांक 25 वाले द्विसंयोजी आयन (M^{2+}) के चुंबकीय आघूर्ण की गणना कीजिए।

› सबसे पहले परमाणु क्रमांक 25 वाले तत्व की पहचान करें, यह मँगनीज (Mn) है।

› Mn का इलेक्ट्रॉनिक वन्यास लिखें: $[Ar] 3d 4s^2$ ।

› अब Mn^{2+} आयन का वन्यास लिखें। दो इलेक्ट्रॉन 4s कक्षक से निकलेंगे: $Mn^{2+} = [Ar] 3d$ ।

› 3d में अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या (n) ज्ञात करें। 3d कक्षक में 5 कक्षक होते हैं, और हुंड के नियम के अनुसार, हर कक्षक में एक-एक इलेक्ट्रॉन जाएगा पहले, फिर पेयरिंग होगी। तो 3d में 5 अयुगलित इलेक्ट्रॉन होंगे ($n=5$)।

› अब प्रचक्रण-मात्रा सूत्र में 'n' का मान रखें: $\mu = n(n+2) \text{ BM}$ ।

› $\mu = 5(5+2) = 5 \times 7 = 35 \text{ BM}$ ।

› 35 का मान लगभग 5.92 होता है।

› तो, चुंबकीय आघूर्ण (μ) = 5.92 BM।

उत्तर – चुंबकीय आघूर्ण = 5.92 BM

उदाहरण 11. एक संक्रमण धातु आयन 'हरा' प्रकाश अवशोषित करता है। आपको इसका विलयन किस रंग का दिखाई देगा?

› पहला कदम, पहचानो कि आयन ने कौन सा रंग 'absorb' किया है। यहाँ यह 'हरा' प्रकाश 'absorb' कर रहा है।

› दूसरा कदम, 'पूरक रंग' (complementary colour) के सिद्धांत को याद करो।

› तीसरा कदम, 'हरा' रंग किस रंग का पूरक होता है, यह पता लगाओ। 'VOYGBR' चक्र के हिसाब से, 'हरा' 'लाल' का पूरक है।

उत्तर – तो विलयन आपको 'लाल' रंग का दिखाई देगा।

उदाहरण 12. संक्रमण तत्व जटिल यौगिक क्यों बनाते हैं? उदाहरण देकर समझाइए।

› पहला कारण: 'परिवर्तनीय संयोजकता' या 'variable valency'। इसका मतलब है कि ये तत्व एक से ज़्यादा ऑक्सीकरण अवस्थाएँ दिखा सकते हैं। जैसे आयरन (Fe) कभी +2 तो कभी +3 ऑक्सीकरण अवस्था में होता है।

› दूसरा कारण: 'खाली d-कक्षक' या 'vacant d-orbitals' की उपलब्धता। संक्रमण तत्वों के पास ऐसे 'd-कक्षकों' में खाली जगह होती है, जहाँ 'ligands' (यानी छोटे अणु या आयन) अपने 'electron pairs' दान करके 'coordinate bonds' बना सकते हैं।

› उदाहरण के लिए, Fe^{2+} आयन, सायनाइड (CN) आयनों के साथ मिलकर 'फेरोसायनाइड' नामक एक जटिल यौगिक बनाता है, जिसका सूत्र है $[Fe(CN)_6]^{4-}$ । यहाँ Fe^{2+} केंद्रीय धातु आयन है और CN लिगेंड्स हैं जो Fe^{2+} को घेर लेते हैं।

› उत्प्रेरकीय गुणों के लिए, जैसे 'हैबर प्रक्रिया' में अमोनिया बनाने के लिए आयरन (Fe) का उपयोग उत्प्रेरक के रूप में किया जाता है। Fe अपनी 'variable oxidation states' के कारण अभिकारक अणुओं को अपनी सतह पर आकर्षित करता है और अभिक्रिया को तेज करता है।

उत्तर – संक्रमण तत्व परिवर्तनीय संयोजकता और खाली d-कक्षकों की उपलब्धता के कारण जटिल यौगिक बनाते हैं। जैसे

[Fe(CN)]I वे उत्प्रेरकीय गुण भी दिखाते हैं क्योंकि वे अपनी ऑक्सीकरण अवस्थाएँ आसानी से बदल सकते हैं और उनकी सतह का क्षेत्रफल (surface area) अधिक होता है, जैसे हैबर प्रक्रिया में आयरन।

उदाहरण 13. स्टेनलेस स्टील की दो प्रमुख विशेषताएं बताइए और यह कौन से तत्वों की मिश्रधातु है?

- › देखो बच्चों, 'स्टेनलेस स्टील' नाम से ही पता चलता है कि इसमें 'स्टेन' यानी 'दाग' नहीं लगते।
- › पहला, 'यह अत्यधिक संक्षारण प्रतिरोधी होता है', मतलब इसमें जंग नहीं लगता।
- › दूसरा, 'यह बहुत कठोर होता है', मतलब यह आसानी से घिसता नहीं।
- › अब इसके तत्वों की बात करें तो, 'स्टेनलेस स्टील' मुख्य रूप से 'लोहा (Fe)', 'क्रोमियम (Cr)' और 'निकिल (Ni)' की मिश्रधातु है।
- › क्रोमियम ही इसे जंग लगने से बचाता है और निकिल इसे और मज़बूती देता है।

उत्तर – स्टेनलेस स्टील की विशेषताएं: अत्यधिक संक्षारण प्रतिरोधी और कठोर। यह लोहा, क्रोमियम और निकिल की मिश्रधातु है।

उदाहरण 14. पोटेशियम डाइक्रोमेट का निर्माण क्रोमाइट अयस्क से कैसे किया जाता है, रासायनिक समीकरणों सहित समझाइए।

- › पहला चरण: क्रोमाइट अयस्क (FeCrO) को 'सोडियम कार्बोनेट (NaCO) और वायु (O)' की उपस्थिति में गर्म करते हैं। $4 \text{ FeCrO} + 8 \text{ NaCO} + 7 \text{ O} \rightarrow 8 \text{ NaCrO} + 2 \text{ FeO} + 8 \text{ CO}$ – इस अभिक्रिया से हमें 'सोडियम क्रोमेट (NaCrO)' मिलता है, जिसका रंग पीला होता है।
- › दूसरा चरण: प्राप्त 'सोडियम क्रोमेट' के पीले विलयन को 'सल्फ्यूरिक अम्ल (HSO)' से अम्लीय बनाते हैं। $2 \text{ NaCrO} + 2 \text{ H} \rightarrow \text{NaCrO} + 2 \text{ Na} + \text{HO}$ – ऐसा करने पर यह नारंगी रंग के 'सोडियम डाइक्रोमेट (NaCrO)' में बदल जाता है, जिसे क्रिस्टल के रूप में अलग कर लेते हैं।
- › तीसरा चरण: अंत में, 'सोडियम डाइक्रोमेट' के विलयन में 'पोटेशियम क्लोराइड (KCl)' मिलाया जाता है। $\text{NaCrO} + 2 \text{ KCl} \rightarrow \text{KCrO} + 2 \text{ NaCl}$ – क्योंकि 'सोडियम डाइक्रोमेट' की विलयता, पोटेशियम डाइक्रोमेट से अधिक होती है, इसलिए 'पोटेशियम डाइक्रोमेट' क्रिस्टल के रूप में अलग हो जाता है, जिसका रंग नारंगी होता है।

उत्तर – इस प्रकार क्रोमाइट अयस्क से तीन चरणों की अभिक्रियाओं के बाद हमें पोटेशियम डाइक्रोमेट प्राप्त होता है।

उदाहरण 15. पोटेशियम परमैंगनेट (KMnO) बनाने की पहली औद्योगिक विधि लिखें और उसमें बनने वाले हरे रंग के मध्यवर्ती यौगिक का नाम बताएं।

- › पहला चरण: मैंगनीज डाइऑक्साइड (MnO) को पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड (KOH) और पोटेशियम नाइट्रेट (KNO) या हवा (ऑक्सीजन) के साथ तेज़ गरम किया जाता है, जिसे 'संगलन' कहते हैं।
- › अभिक्रिया: $2\text{MnO} + 4\text{KOH} + \text{O} \rightarrow 2\text{KMnO} + 2\text{HO}$
- › दूसरा चरण: इस चरण में 'गाढ़े हरे रंग का उत्पाद KMnO प्राप्त होता है'। यह पोटेशियम मैंगनेट है।
- › तीसरा चरण: इस हरे पोटेशियम मैंगनेट विलयन को अम्लीय या उदासीन माध्यम में 'असमानुपातित' किया जाता है या 'वैद्युतअपघटनी ऑक्सीकरण' किया जाता है।
- › अभिक्रिया: $3\text{MnO} + 4\text{H} \rightarrow 2\text{MnO} + \text{MnO} + 2\text{HO}$ (अम्लीय असमानुपातन)
- › या वैद्युतअपघटनी ऑक्सीकरण: $2\text{MnO} \rightarrow 2\text{MnO} + 2\text{e}$
- › परिणाम: हमें गहरे बैंगनी रंग का पोटेशियम परमैंगनेट (KMnO) मिलता है।

उत्तर – पोटेशियम परमैंगनेट बनाने की पहली औद्योगिक विधि में MnO को KOH और KNO/O के साथ संगलित किया जाता है, जिससे हरे रंग का मध्यवर्ती यौगिक 'पोटेशियम मैंगनेट' (KMnO) बनता है, जिसे फिर परमैंगनेट में बदला जाता है।

उदाहरण 16. लैंथेनाइड और एक्टिनाइड तत्वों में दो मुख्य अंतर बताइए।

- › पहला अंतर: ऑक्सीकरण अवस्थाओं को देखें। लैंथेनाइड 'एक स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था' (+3) दिखाते हैं।
- › दूसरा अंतर: एक्टिनाइड 'ऑक्सीकरण अवस्थाओं का विस्तृत परास' दिखाते हैं, यानी कई अलग-अलग ऑक्सीकरण अवस्थाएँ (+3, +4, +5, +6)।
- › तीसरा अंतर: रेडियोधर्मिता के पहलू पर विचार करें। लैंथेनाइड्स आम तौर पर 'गैर-रेडियोधर्मी' होते हैं।
- › चौथा अंतर: एक्टिनाइड्स 'रेडियोधर्मी तत्व' होते हैं, जिसका मतलब है कि वे लगातार विकिरण छोड़ते हैं।

उत्तर – लैंथेनाइड्स मुख्य रूप से +3 की स्थायी ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाते हैं और गैर-रेडियोधर्मी होते हैं, जबकि एक्टिनाइड्स ऑक्सीकरण अवस्थाओं का एक विस्तृत परास दर्शाते हैं और सभी रेडियोधर्मी होते हैं।

उदाहरण 17. लैंथेनाइड संकुचन क्या है और इसके किन्हीं दो परिणामों का उल्लेख करें।

- › लैंथेनाइड संकुचन की परिभाषा दें: लैंथेनम (La) से ल्यूटेथियम (Lu) तक परमाणु क्रमांक बढ़ने के साथ-साथ लैंथेनाइड तत्वों की परमाणु और आयनिक त्रिज्याओं में उत्तरोत्तर (धीरे-धीरे) कमी को लैंथेनाइड संकुचन कहते हैं।
- › संकुचन का कारण समझाएँ: यह 4f इलेक्ट्रॉनों के नाभिकीय आवेश के लिए दुर्बल परिरक्षण प्रभाव (poor shielding effect) के कारण होता है। जैसे-जैसे नाभिकीय आवेश बढ़ता है, 4f इलेक्ट्रॉन बाहरी इलेक्ट्रॉनों को ठीक से परिरक्षित नहीं कर पाते, जिससे नाभिक का आकर्षण बाहरी इलेक्ट्रॉनों पर बढ़ जाता है और आकार घट जाता है।
- › परिणाम 1: Zr (ज़रकोनियम) और Hf (हाफनियम) जैसी तीसरी संक्रमण श्रेणी के तत्वों की त्रिज्याएँ, अपनी ऊपर की दूसरी संक्रमण श्रेणी के संगत तत्वों की त्रिज्याओं के लगभग बराबर हो जाती हैं।
- › परिणाम 2: लैंथेनाइड तत्वों के रासायनिक गुणों में इतनी समानता आ जाती है कि इन्हें प्रकृति से अलग करना बहुत मुश्किल हो जाता है।
- › परिणाम 3 (अतिरिक्त): इनकी क्षारीयता (basic character) परमाणु क्रमांक बढ़ने पर कम होती जाती है।

उत्तर – लैंथेनाइड संकुचन लैंथेनम से ल्यूटेथियम तक परमाणु व आयनिक त्रिज्याओं में उत्तरोत्तर कमी है, जो 4f इलेक्ट्रॉनों के दुर्बल परिरक्षण प्रभाव के कारण होता है। इसके दो मुख्य परिणाम हैं: (1) दूसरी और तीसरी संक्रमण श्रेणी के संगत तत्वों की परमाणु त्रिज्याओं का लगभग समान होना (जैसे Zr और Hf) और (2) लैंथेनाइड तत्वों को अलग करना बहुत मुश्किल हो जाना।

उदाहरण 18. कौन सा लैंथेनाइड आयन +2 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित कर सकता है और क्यों?

- › हमें यह देखना होगा कि कौन से लैंथेनाइड आयन +2 ऑक्सीकरण अवस्था में एक स्थिर इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करते हैं।
- › किताब में बताया गया है कि यूरोपियम (Eu) +2 अवस्था में 'f7 configuration' प्राप्त करता है, जो आधा भरा हुआ कक्षक है और अत्यधिक स्थिर होता है।
- › इसी तरह, येटरबियम (Yb) +2 अवस्था में 'f14 configuration' प्राप्त करता है, जो पूरा भरा हुआ कक्षक है और यह भी बहुत स्थिर होता है।
- › अतः, यूरोपियम (Eu) और येटरबियम (Yb) +2 ऑक्सीकरण अवस्थाएँ प्रदर्शित कर सकते हैं।

उत्तर – यूरोपियम (Eu) और येटरबियम (Yb) +2 ऑक्सीकरण अवस्था प्रदर्शित कर सकते हैं, क्योंकि वे इस अवस्था में क्रमशः अर्ध-पूरित (f7) और पूर्ण-पूरित (f14) 'f' इलेक्ट्रॉनिक विन्यास प्राप्त करते हैं, जो उन्हें अतिरिक्त स्थायित्व प्रदान करता है।

उदाहरण 19. एक्टिनियम (Ac) और थोरियम (Th) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए और बताइए कि इनमें '5f' इलेक्ट्रॉनों की संख्या कितनी है?

- › पहला, एक्टिनियम (Ac), जिसका परमाणु क्रमांक 89 है। इसका विन्यास होगा $[Rn] 6d^1 7s^2$ । यहाँ '5f' में कोई इलेक्ट्रॉन नहीं है, '5f' है।
- › दूसरा, थोरियम (Th), जिसका परमाणु क्रमांक 90 है। इसका विन्यास होगा $[Rn] 6d^2 7s^2$ या $5f^0 6d^2 7s^2$ । इसमें भी '5f' में कोई इलेक्ट्रॉन नहीं है।

उत्तर – एक्टिनियम (Ac): $[Rn] 6d^1 7s^2$ (5f इलेक्ट्रॉन)। थोरियम (Th): $[Rn] 6d^2 7s^2$ (5f इलेक्ट्रॉन)। दोनों में '5f' इलेक्ट्रॉन शून्य हैं।

बोर्ड परीक्षा के लिए खास

- IUPAC की संक्रमण तत्वों की परिभाषा को अच्छे से याद कर लेना, और जकि, कैडमियम, मर्करी क्यों संक्रमण तत्व नहीं हैं, यह कारण अक्सर परीक्षा में पूछा जाता है।
- बोर्ड परीक्षा में क्रोमियम और कॉपर के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास अपवाद पर सीधे सवाल आते हैं। इन्हें अच्छे से याद कर लेना और कारण भी समझना कि ऐसा क्यों होता है।
- संक्रमण तत्वों के 'उच्च गलनांक' और 'उच्च कणन एन्थैल्पी' के कारणों को ध्यान से समझना, क्योंकि यह बोर्ड परीक्षाओं में अक्सर पूछा जाता है। याद रखना, 'अयुगलित d इलेक्ट्रॉन' ही इसका मुख्य कारण है।
- यह प्रश्न बोर्ड परीक्षा में अक्सर 'संक्रमण तत्व उच्च गलनांक क्यों दर्शाते हैं?' या 'कणन एन्थैल्पी से क्या तात्पर्य है?' के रूप में पूछा जाता है। अयुगलित d इलेक्ट्रॉनों की भागीदारी को जरूर समझाना।
- लैंथेनाइड संकुचन और उसके प्रभावों पर बोर्ड परीक्षा में सीधा प्रश्न अक्सर आता है। उदाहरण (Zr और Hf) के साथ कारण को अच्छे से समझाना है।
- यह विषय बोर्ड परीक्षा में अक्सर पूछा जाता है। खासकर, 'मैंगनीज की अधिकतम ऑक्सीकरण अवस्था' और 'संक्रमण तत्वों की परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाओं का कारण' ये प्रश्न बहुत महत्वपूर्ण हैं। इनको अच्छे से तैयार कर लेना।
- कॉपर के धनात्मक E° मान का कारण, और Mn, Ni, Zn के E° मानों में अनियमितताएँ बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण हैं। इसे अच्छे से समझकर जाना।
- चुंबकीय आघूर्ण की गणना पर आधारित प्रश्न अक्सर बोर्ड परीक्षा में सीधे-सीधे पूछे जाते हैं। आपको इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखना और अयुगलित इलेक्ट्रॉनों की संख्या गिनना आना चाहिए।
- यह विषय बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। 'जटिल यौगिकों' के उदाहरण और संक्रमण तत्वों के 'उत्प्रेरकीय गुण' क्यों होते हैं, इन कारणों को अच्छे से समझकर जाना।
- इन दोनों अवधारणाओं पर अक्सर सीधा प्रश्न आता है, खासकर अंतराकाशी यौगिकों के गुणों और मिश्रधातुओं के उदाहरणों पर। मिश्रधातु बनाने के कारणों को भी अच्छे से समझ लेना, यह परीक्षा के लिए महत्वपूर्ण है।
- लैंथेनाइड और एक्टिनाइड के बीच मुख्य अंतर (जैसे ऑक्सीकरण अवस्थाएँ, रेडियोधर्मिता, और रासायनिक समानता) बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण हैं; इन्हें अच्छे से याद कर लेना।
- यह टॉपिक बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। 'लैंथेनाइड संकुचन की परिभाषा', 'कारण' और 'परिणाम' को अच्छी तरह से याद कर लेना, खासकर 'Zr और Hf' के समान आकार वाला उदाहरण।
- बोर्ड परीक्षा में लैंथेनाइडों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं में अनियमितता के कारण (f_0 , f_7 , f_{14} विन्यास) और $+2/+4$ ऑक्सीकरण अवस्था दिखाने वाले तत्वों के उदाहरण पूछे जा सकते हैं।
- एक्टिनाइड और लैंथेनाइड संकुचन की तुलना, और दोनों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं के परास में अंतर – ये बोर्ड परीक्षा के लिए बहुत महत्वपूर्ण प्रश्न हैं। ध्यान से पढ़ना और समझना इसे।

एक नज़र में रिवीज़न

- › d-ब्लॉक = संक्रमण (अपूरण d), f-ब्लॉक = आंतरिक संक्रमण (अंतिम e f में)।
- › संक्रमण तत्वों का विन्यास $(n-1)d^{1-9}ns^2$; Cr ($3d^5s^1$), Cu ($3d^{10}s^1$) अपवाद हैं।
- › संक्रमण तत्व: उच्च तनन, तन्यता, वर्धनीयता, चालकता, धात्विक चमक; अयुगलित d-इलेक्ट्रॉन से प्रबल धात्विक बंध।
- › संक्रमण तत्वों के उच्च गलनांक व कणन एन्थैल्पी का कारण प्रबल धात्विक बंधन व अयुगलित d इलेक्ट्रॉन हैं।
- › संक्रमण तत्वों की त्रिज्याएं: श्रेणी में घटती हैं; लैंथेनाइड संकुचन से 4d व 5d की त्रिज्या समान।
- › संक्रमण तत्व परिवर्तनीय ऑक्सीकरण अवस्थाएं दर्शाते हैं; $(n-1)d$ और ns इलेक्ट्रॉन भागीदारी करते हैं।
- › संक्रमण तत्वों के $E^\circ(M^{2+}/M)$ प्रवृत्तियाँ; Cu का धनात्मक E° अद्वितीय है।

- › अयुगलित इलेक्ट्रॉन = अनुचुंबकीय, $\mu = n(n+2)$ BM
- › संक्रमण तत्व: परिवर्तनीय संयोजकता, खाली d-कक्षक जटिल यौगिक व उत्प्रेरकीय गुण।
- › D-ब्लॉक तत्व अंतराकाशी यौगिक (छोटे परमाणु जालक में) व मशिरधातुएँ (समान आकार) बनाते हैं।
- › f-ब्लॉक = लैंथेनाइड (समान गुण, +3 ऑक्सीकरण) और एक्टिनाइड (जटिल, रेडियोधर्मी)।
- › La से Lu तक परमाणु त्रिज्या में कमी (4f दुर्बल परीक्षण)।
- › लैंथेनाइड: मुख्य ऑक्सीकरण अवस्था +3; +2 और +4 भी संभव (स्थिर f-विन्यास हेतु)।
- › एक्टिनाइड्स: रेडियोधर्मी, 5f इलेक्ट्रॉन, एक्टिनाइड संकुचन, +3 से +7 तक ऑक्सीकरण अवस्थाएँ।