CHEMISTRY (313) — TUTOR MARKED ASSIGNMENT

Session 2026-27 | Solved Answers

GyanTech Guru JI

SECTION A — ENGLISH ANSWERS

Q1. Classify the elements of group 14, 15 and 16 into metals, non-metals and metalloids. (2 Marks)

Answer:

- Group 14: Carbon (C) is a non-metal; Silicon (Si) and Germanium (Ge) are metalloids; Tin (Sn) and Lead (Pb) are metals.
- Group 15: Nitrogen (N) and Phosphorus (P) are non-metals; Arsenic (As) and Antimony (Sb) are metalloids; Bismuth (Bi) is a metal.
- Group 16: Oxygen (O) and Sulphur (S) are non-metals; Selenium (Se) and Tellurium (Te) are metalloids; Polonium (Po) is a metal.

Trend: On moving down a group, the metallic character increases and non-metallic character decreases, because atomic size increases and ionisation enthalpy decreases.

Q2. Two beakers A and B contain ferric hydroxide sol and NaCl solution respectively. When a beam of light is allowed to converge on them (in a darkened room), the beam of light is visible in beaker A but not in beaker B. Give the reason. What is this effect called? (2 Marks)

Answer:

- Ferric hydroxide sol [Fe(OH)3] is a colloidal solution. Its particle size (1-1000 nm) is large enough to scatter light falling on it, so the path of light becomes visible as a bright cone (beaker A).
- NaCl solution is a true solution. Its particle size is very small (less than 1 nm) and cannot scatter light, so the path of light is not visible (beaker B).
- This scattering of light by colloidal particles, making the path of light visible, is called the Tyndall Effect.

Q3. In the given chemical reactions, indicate whether you would expect the entropy of the system to increase or decrease, and why: (2 Marks)

(i) $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

(ii) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

Answer:

- (i) In this reaction, 3 moles of gaseous reactants (2 mol SO_2 + 1 mol O_2) form 2 moles of gaseous product (SO_3). Since the number of gas molecules decreases, randomness/disorder of the system decreases. Hence, entropy decreases.
- (ii) Here, 4 moles of gaseous reactants (1 mol N_2 + 3 mol H_2) form 2 moles of gaseous product (NH_3). Again, the number of gas moles decreases, so the system becomes more ordered. Hence, entropy decreases.

General rule: Entropy decreases when the total number of moles of gas decreases during a reaction, and increases when the number of moles of gas increases.

Q4. Write down the reactions involved during the formation of photochemical smog. (4 Marks)

Answer:

Photochemical smog is formed due to the reaction of unburnt hydrocarbons and nitrogen oxides released from automobile exhaust, in the presence of sunlight. The major steps are:

$$NO_2(g) \rightarrow NO(g) + O(g) \quad \text{(in presence of sunlight)}$$

$$O(g) + O_2(g) \rightarrow O_3(g)$$

$$O_3(g) + NO(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g)$$

Unburnt hydrocarbons present in the air react with ozone and oxygen atoms to form a variety of secondary pollutants such as formaldehyde, acrolein and free radicals.

$$RCH = CH_2 + O_3 \rightarrow RCHO + HCHO + \text{other products}$$

These free radicals further react with NO_2 to form peroxyacyl nitrates (PAN), the major component of photochemical smog:

$$RCO\text{-}O\text{-}O\bullet + NO_2 \rightarrow RCO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO_2 \text{ (PAN)}$$

Thus, photochemical smog mainly consists of NO_2, O_3, PAN and aldehydes, and causes irritation in eyes, throat and lungs, along with damage to plants and materials.

Q5. Explain the pattern of variation in the oxidation states of (i) B to Tl and (ii) C to Pb. (4 Marks)

Answer:

(i) B to Tl (Group 13):

- Boron shows only the +3 oxidation state because all three valence electrons ($2s^2\ 2p^1$) take part in bonding.
- On moving down the group from Al to Tl, the +1 oxidation state becomes progressively more stable, while the stability of the +3 state decreases.
- This happens due to the inert pair effect: the 6s2 (or ns2) pair of electrons in heavier elements (especially Tl) resists participation in bonding due to poor shielding by inner d/f electrons, so it remains as a lone pair while only the outer p-electron is used for bonding, giving the +1 state. As a result, Tl(I) compounds are more stable than Tl(III) compounds.

(ii) C to Pb (Group 14):

- Carbon and Silicon show mainly the +4 oxidation state, as all four valence electrons participate in bonding.
- On moving down the group, the stability of the +2 oxidation state increases while that of the +4 state decreases, again due to the inert pair effect.
- Thus Sn(IV) is more stable than Sn(II), whereas for lead, Pb(II) is more stable than Pb(IV); for example, PbO_2 is a strong oxidising agent because Pb(IV) readily gets reduced to the more stable Pb(II) state.

Q6. Consider the compounds BCl_3 and CCl_4. How will they behave with water? Justify your answer. (4 Marks)

Answer:

Behaviour of BCl_3 with water:

- BCl_3 undergoes rapid/vigorous hydrolysis in water to give boric acid and HCl:

$$BCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3BO_3 + 3HCl$$

GyanTechGuru Ji , 9518616764, https://t.me/ThinkIndiaX

- Reason: Boron has only 6 electrons in its valence shell (electron deficient, incomplete octet) and possesses an empty/vacant orbital. This vacant orbital readily accepts the lone pair of electrons from the oxygen atom of water, forming an intermediate which collapses to release HCl. Hence, BCl3 is easily hydrolysed.

Behaviour of CCl4 with water:

- CCl4 does NOT undergo hydrolysis with water; it remains unaffected.
- Reason: Carbon has a complete octet (4 bond pairs, sp3 hybridised, no lone pair, no empty orbital) and, being a second period element, has no available d-orbitals to expand its octet or to accommodate an incoming lone pair from water. Hence, water molecules cannot attack the carbon atom, and CCl4 is kinetically inert towards hydrolysis.

SECTION B — हिंदी उत्तर

प्रश्न 1. समूह **14, 15** और **16** के तत्वों को धातु, अधातु और उपधातु में वर्गीकृत करें। **(2** अंक**)**

उत्तर:

- समूह 14: कार्बन (C) अधातु है; सिलिकॉन (Si) और जर्मेनियम (Ge) उपधातु हैं; टिन (Sn) और लेड (Pb) धातु हैं।
- समूह 15: नाइट्रोजन (N) और फॉस्फोरस (P) अधातु हैं; आर्सेनिक (As) और एंटीमनी (Sb) उपधातु हैं; बिस्मथ (Bi) धातु है।
- समूह 16: ऑक्सीजन (O) और सल्फर (S) अधातु हैं; सेलेनियम (Se) और टेलूरियम (Te) उपधातु हैं; पोलोनियम (Po) धातु है।

सामान्य प्रवृत्ति: समूह में नीचे जाने पर परमाणु आकार बढ़ता है और आयनन एन्थैल्पी घटती है, जिससे धात्विक गुण बढ़ता है और अधात्विक गुण घटता है।

प्रश्न 2. दो बीकर **A** और **B** में क्रमशः फेरिक हाइड्रॉक्साइड सॉल और **NaCl** घोल है। एक अंधेरे कमरे में प्रकाश की किरण उन पर अभिसरित करने पर, किरण बीकर **A** में दिखाई देती है लेकिन **B** में नहीं। कारण बताएं। इस प्रभाव को क्या कहते हैं**? (2** अंक**)**

उत्तर:

- फेरिक हाइड्रॉक्साइड सॉल [Fe(OH)3] एक कोलॉइडी विलयन है। इसके कणों का आकार (1-1000 nm) इतना बड़ा होता है कि वे प्रकाश को प्रकीर्णित (scatter) कर देते हैं, जिससे प्रकाश का मार्ग एक चमकदार शंकु के रूप में दिखाई देता है (बीकर A)।
- NaCl एक सत्य/वास्तविक विलयन है, जिसके कणों का आकार बहुत छोटा (1 nm से कम) होता है, इसलिए वे प्रकाश को प्रकीर्णित नहीं कर पाते और प्रकाश का मार्ग दिखाई नहीं देता (बीकर B)।
- कोलॉइडी कणों द्वारा प्रकाश के इस प्रकीर्णन को, जिससे प्रकाश का मार्ग दृश्य हो जाता है, टिंडल प्रभाव (Tyndall Effect) कहते हैं।

प्रश्न 3. दी गई अभिक्रियाओं में बताएं कि क्या सिस्टम की एन्ट्रॉपी बढ़ेगी या घटेगी, और क्यों**: (2** अंक**)**

(i) $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

(ii) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

उत्तर:

LEARN SUCCEED
BANENGE SAB PADHAI WAALI ACADEMY
GYANTECH GURU JI
NIOS BOARD BOSSE BOARD JEE JEE-MAIN NEET MEDICAL CBSE BOARD
YOUR SUCCESS, OUR MISSION

- (i) इस अभिक्रिया में गैसीय अभिकारकों के 3 मोल (2 मोल SO2 + 1 मोल O2) मिलकर गैसीय उत्पाद के 2 मोल (SO3) बनाते हैं। गैस के मोलों की संख्या घटने से अव्यवस्था (disorder) घटती है, अतः एन्ट्रॉपी घटती है।
- (ii) इसमें गैसीय अभिकारकों के 4 मोल (1 मोल N2 + 3 मोल H2) मिलकर गैसीय उत्पाद के 2 मोल (NH3) बनाते हैं। गैस के मोलों की संख्या घटने से सिस्टम अधिक व्यवस्थित (ordered) हो जाता है, अतः एन्ट्रॉपी घटती है।

सामान्य नियम: अभिक्रिया में जब गैस के मोलों की कुल संख्या घटती है तो एन्ट्रॉपी घटती है, और जब यह संख्या बढ़ती है तो एन्ट्रॉपी बढ़ती है।

प्रश्न **4.** प्रकाश रासायनिक धूम कोहरे **(Photochemical Smog)** के निर्माण के दौरान होने वाली अभिक्रियाएं लिखिए। **(4** अंक**)**

उत्तर**:**

प्रकाश रासायनिक धूम कोहरा, सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में वाहनों से निकलने वाले अनजले हाइड्रोकार्बन और नाइट्रोजन ऑक्साइडों की अभिक्रिया से बनता है। मुख्य चरण इस प्रकार हैं:

$$NO2(g) \rightarrow NO(g) + O(g) \qquad \text{(सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में)}$$

$$O(g) + O2(g) \rightarrow O3(g)$$

$$O3(g) + NO(g) \rightarrow NO2(g) + O2(g)$$

वायु में उपस्थित अनजले हाइड्रोकार्बन, ओज़ोन और ऑक्सीजन परमाणुओं के साथ अभिक्रिया करके फॉर्मेल्डिहाइड, एक्रोलीन और मुक्त मूलकों (free radicals) जैसे द्वितीयक प्रदूषक बनाते हैं।

$$RCH = CH2 + O3 \rightarrow RCHO + HCHO + \text{अन्य उत्पाद}$$

ये मुक्त मूलक NO2 के साथ अभिक्रिया करके परऑक्सीएसिल नाइट्रेट (PAN) बनाते हैं, जो धूम कोहरे का मुख्य घटक है:

$$RCO\text{-}O\text{-}O\bullet + NO2 \rightarrow RCO\text{-}O\text{-}O\text{-}NO2 \text{ (PAN)}$$

इस प्रकार, प्रकाश रासायनिक धूम कोहरे में मुख्यतः NO2, O3, PAN और एल्डिहाइड होते हैं, जो आंखों, गले और फेफड़ों में जलन तथा पौधों व सामग्री को क्षति पहुंचाते हैं।

प्रश्न **5.** निम्न तत्वों की ऑक्सीकरण अवस्थाओं में विभिन्नता के पैटर्न का उल्लेख कीजिए**: (i) B** से **Tl** तक **(ii) C** से **Pb** तक। **(4** अंक**)**

उत्तर**:**

(i) B से **Tl** तक (समूह **13):**

GyanTechGuru Ji , 9518616764, https://t.me/ThinkIndiaX

- बोरॉन केवल +3 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाता है, क्योंकि इसके सभी तीन संयोजी इलेक्ट्रॉन (2s2 2p1) बंधन में भाग लेते हैं।
- Al से Tl तक नीचे जाने पर +1 ऑक्सीकरण अवस्था धीरे-धीरे अधिक स्थायी होती जाती है, जबकि +3 अवस्था की स्थिरता घटती जाती है।
- इसका कारण निष्क्रिय युगल प्रभाव (inert pair effect) है: भारी तत्वों (विशेष रूप से Tl) में ns2 इलेक्ट्रॉन युगल, भीतरी d/f इलेक्ट्रॉनों के कमजोर परिरक्षण के कारण बंधन में भाग नहीं लेता और एकाकी युगल के रूप में रहता है, जबकि केवल बाहरी p-इलेक्ट्रॉन बंधन बनाता है, जिससे +1 अवस्था बनती है। परिणामस्वरूप Tl(I) यौगिक Tl(III) यौगिकों से अधिक स्थायी होते हैं।

(ii) C से Pb तक (समूह 14):

- कार्बन और सिलिकॉन मुख्यतः +4 ऑक्सीकरण अवस्था दर्शाते हैं, क्योंकि सभी चार संयोजी इलेक्ट्रॉन बंधन में भाग लेते हैं।
- समूह में नीचे जाने पर, निष्क्रिय युगल प्रभाव के कारण +2 अवस्था की स्थिरता बढ़ती है जबकि +4 अवस्था की स्थिरता घटती जाती है।
- इस प्रकार Sn(IV), Sn(II) से अधिक स्थायी है, परंतु लेड के लिए Pb(II), Pb(IV) से अधिक स्थायी है; उदाहरण के लिए, PbO2 एक प्रबल ऑक्सीकारक है क्योंकि Pb(IV) सरलता से अधिक स्थायी Pb(II) अवस्था में अपचयित हो जाता है।

प्रश्न 6. यौगिकों BCl3 और CCl4 पर विचार करें। ये जल के साथ कैसा व्यवहार दर्शाएंगे? अपना उत्तर समझाएं। (4 अंक)

उत्तर:

BCl3 का जल के साथ व्यवहार:

- BCl3, जल के साथ तेजी से जल-अपघटन (hydrolysis) कर बोरिक अम्ल और HCl बनाता है:

$$BCl3 + 3H2O \rightarrow H3BO3 + 3HCl$$

- कारण: बोरॉन के संयोजी कोश में केवल 6 इलेक्ट्रॉन होते हैं (इलेक्ट्रॉन-न्यून, अपूर्ण अष्टक) और इसके पास एक रिक्त/खाली कक्षक होता है। यह रिक्त कक्षक जल के ऑक्सीजन परमाणु के एकाकी युगल को सरलता से ग्रहण कर लेता है, जिससे एक मध्यवर्ती यौगिक बनता है जो टूटकर HCl मुक्त करता है। इस कारण BCl3 सरलता से जल-अपघटित हो जाता है।

CCl4 का जल के साथ व्यवहार:

- CCl4 जल के साथ जल-अपघटन नहीं करता; यह जल से अप्रभावित रहता है।

GYANTECH GURU JI
YOUR SUCCESS, OUR MISSION

- कारण: कार्बन का अष्टक पूर्ण होता है (4 बंध युगल, sp3 संकरित, कोई एकाकी युगल नहीं, कोई रिक्त कक्षक नहीं) और द्वितीय आवर्त का तत्व होने के कारण इसके पास d-कक्षक उपलब्ध नहीं होते जिससे यह अपना अष्टक विस्तृत कर सके या जल से आने वाले एकाकी युगल को ग्रहण कर सके। इस कारण जल के अणु कार्बन परमाणु पर आक्रमण नहीं कर सकते, और CCl4 जल-अपघटन के प्रति गतिक रूप से निष्क्रिय (kinetically inert) रहता है।