अध्याय–10

रासायनिक अभिक्रियाएँ एवं समीकरण

(Chemical Reactions and Equations)

दैनिक जीवन में होने वाली घटनाओं पर ध्यान दीजिए और उनमें होने वाले परिवर्तनों के बारे में सोचिए जैसे–

- दूध से दही बनना
- कोयले का जलना
- भोजन का पकना
- लोहे की कील पर जंग लगना

आपने देखा कि ऊपर दी गई सभी घटनाओं में परिवर्तन के बाद वस्तु की प्रकृति और पहचान कुछ न कुछ बदल जाती है। भौतिक और रासायनिक परिवर्तन के बारे में हम पिछली कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। जब रासायनिक परिवर्तन होता है तब हम यह कहते हैं कि एक रासायनिक अभिक्रिया हुई है।

रासायनिक अभिक्रिया को समझने के लिए आइए, कुछ क्रियाकलाप करते हैं।

क्रियाकलाप–1

- लगभग 2 सेंटीमीटर लंबे मैग्नीशियम रिबन को रेतमाल पेपर से रगड़कर साफ कर लीजिए।
- इसे चिमटी से पकड़कर स्प्रिट लैंप या बर्नर की सहायता से जलाइए तथा इससे बनी राख को वॉच ग्लास में इकट्ठा कीजिए (चित्र क्रमांक–1)। इस राख को जल में घोलकर लिटमस पेपर से इसका परीक्षण कीजिए।
- इस क्रियाकलाप को शिक्षक के सहयोग से कीजिए तथा अपनी आँखों को यथा संभव दूर रखिए।

चित्र क्रमांक–1 : मैग्नीशियम रिबन का दहन

(क) क्या इसमें कोई नया पदार्थ बना?

(ख) क्या मैग्नीशियम की अवस्था में कोई परिवर्तन हुआ?

आपने देखा कि चमकदार सफेद रंग की लौ के साथ मैग्नीशियम का दहन होता है और वह सफेद चूर्ण में परिवर्तित हो जाता है। यह मैग्नीशियम ऑक्साइड का चूर्ण है जो वायु में उपस्थित ऑक्सीजन तथा मैग्नीशियम के बीच होने वाली अभिक्रिया के कारण बनता है। जिसका जलीय विलयन क्षारीय प्रकृति के कारण लाल लिटमस को नीला कर देता है।

क्रियाकलाप–2

- दो अलग–अलग परखनलियों में सोडियम सल्फेट तथा बेरियम क्लोराइड का जलीय विलयन तैयार कीजिए।
- एक परखनली में 10 mL सोडियम सल्फेट का विलयन लेकर उसमें धीरे–धीरे बेरियम क्लोराइड का विलयन मिलाइए।

(क) क्या कोई अवक्षेप प्राप्त हुआ?

(ख) अवक्षेप के रंग को नोट कीजिए।

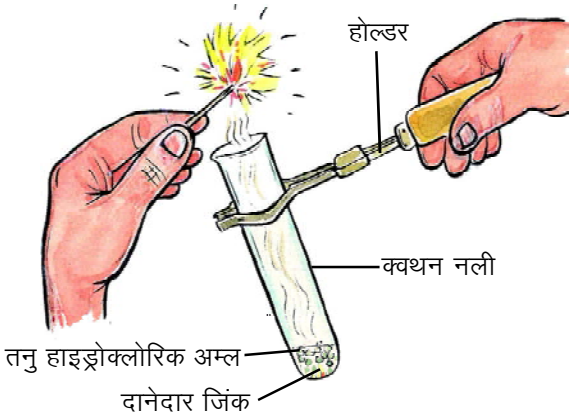
क्रियाकलाप–3

- एक क्वथन नली में कुछ दानेदार जिंक लीजिए।
- उसमें तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिला दीजिए।

(क) क्या जिंक के दानों के आस–पास कुछ क्रिया होती दिखाई दे रही है (चित्र क्रमांक–2)?

(ख) क्वथन नली को स्पर्श कीजिए। क्या आपने इसके तापमान में कोई परिवर्तन महसूस किया?

(ग) क्वथन नली के मुँह के पास जलती माचिस की तीली ले जाने पर क्या होता है?



चित्र क्रमांक–2 : जिंक पर तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की क्रिया से H_2 गैस का बनना

ऊपर दिए गए तीनों क्रियाकलाप में नए पदार्थों के बनने के साथ–साथ निम्नलिखित परिवर्तन प्रदर्शित करते हैं कि यहाँ रासायनिक अभिक्रिया हो रही है–

- पदार्थों की अवस्था में परिवर्तन
- पदार्थों के रंग में परिवर्तन
- क्रिया के दौरान गैस उत्पन्न होना
- क्रिया के फलस्वरूप तापमान में परिवर्तन

प्रतिदिन हम अपने आस–पास ऐसी बहुत सी रासायनिक अभिक्रियाएँ देखते हैं जिनमें ये लक्षण दिखाई देते हैं। इस अध्याय में हम रासायनिक अभिक्रियाओं और उनकी सांकेतिक अभिव्यक्ति का अध्ययन करेंगे।

UUCDQ2

10.1 रासायनिक समीकरण (Chemical equation)

क्रियाकलाप 1 में जब ऑक्सीजन की उपस्थिति में मैग्नीशियम रिबन का दहन होता है तब वह मैग्नीशियम ऑक्साइड में परिवर्तित हो जाता है। वाक्य के रूप में किसी रासायनिक अभिक्रिया का वर्णन बहुत लंबा हो जाता है। इसे संक्षेप में शब्द समीकरण के रूप में लिखना सरल होता है।

इस अभिक्रिया का शब्द समीकरण इस प्रकार होगा–

मैग्नीशियम + ऑक्सीजन $\longrightarrow$ मैग्नीशियम ऑक्साइड ..... (1)

(अभिकारक) (उत्पाद)

अभिक्रिया में मैग्नीशियम और ऑक्सीजन ऐसे पदार्थ हैं जिनमें रासायनिक परिवर्तन होता है, इन्हें अभिकारक कहते हैं और नए बने हुए पदार्थ मैग्नीशियम ऑक्साइड को उत्पाद कहते हैं।

शाब्दिक समीकरण के रूप में लिखी गई रासायनिक अभिक्रिया में अभिकारकों के उत्पादों में परिवर्तन को उनके बीच तीर के निशान (→) से दर्शाते हैं। अभिकारकों को तीर के निशान के बाईं ओर तथा उत्पाद को दाईं ओर लिखा जाता है। अभिकारक या उत्पाद एक से अधिक होते हैं तो उनके बीच योग (+) का चिह्न लगाते हैं।

10.2 रासायनिक समीकरण लिखना

शब्दों की जगह रासायनिक सूत्र लिखकर रासायनिक समीकरण को अधिक संक्षिप्त और उपयोगी बनाया जा सकता है। शब्द समीकरण (1) को इस प्रकार लिखा जा सकता है।

$Mg + O_2 \longrightarrow MgO$ ..... (2)

तीर के निशान के बाईं तथा दाईं ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्या की गिनती कर उनकी तुलना करते हैं। यदि दोनों ओर तत्वों के परमाणुओं की संख्या समान नहीं हो तो समीकरण असंतुलित होता है।

पदार्थ की अविनाशिता के नियमानुसार किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में पदार्थ का न तो निर्माण होता है और न ही विनाश अर्थात् अभिक्रिया के दौरान परमाणु न तो बनते हैं और न ही नष्ट होते हैं।

अतः किसी रासायनिक अभिक्रिया में अभिकारकों का कुल द्रव्यमान, उत्पादों के कुल द्रव्यमान के बराबर होता है। दूसरे शब्दों में रासायनिक अभिक्रिया के पहले और बाद में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या समान होती है इसलिए समीकरण को संतुलित करना आवश्यक है।

10.3 रासायनिक समीकरण को संतुलित करना

आइए, हम रासायनिक समीकरण को क्रमबद्ध तरीके से संतुलित करें।

उदाहरण– हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से पानी बनने की अभिक्रिया का रासायनिक समीकरण इस प्रकार लिखते हैं–

$$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O \text{ ..... (3)}$$

चरण 1. रासायनिक समीकरण को संतुलित करने के लिए सबसे पहले सूत्र के चारों ओर बॉक्स बना लीजिए। समीकरण को संतुलित करते समय बॉक्स के अंदर कुछ भी परिवर्तन नहीं कीजिए।

$$\boxed{H_2} + \boxed{O_2} \longrightarrow \boxed{H_2O} \text{ .....(4)}$$

चरण 2. असंतुलित समीकरण (4) में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्या की सूची बना लीजिए–

तत्व	अभिकारकों के परमाणुओं की संख्या (बाईं ओर)	उत्पादों के परमाणुओं की संख्या (दाईं ओर)
H	2	2
O	2	1

चरण 3. समीकरण (4) में बाईं ओर ऑक्सीजन परमाणु की संख्या दो है जबकि दाईं ओर मात्र एक।

अतः ऑक्सीजन परमाणु को संतुलित करने के लिए–

ऑक्सीजन के परमाणु	अभिकारक में	उत्पाद में
प्रारंभ में	2 (O_2 में)	1 (H_2O में)
संतुलित करने के लिए	2	1×2

यह याद रखना आवश्यक है कि परमाणुओं की संख्या बराबर करने के लिए हम अभिक्रिया में भाग लेने वाले तत्वों और यौगिकों के सूत्रों को नहीं बदल सकते हैं जैसे कि ऑक्सीजन परमाणु को संतुलित करने के लिए हम 2 से गुणा करके $2H_2O$ लिख सकते हैं लेकिन H_2O_2 नहीं।

आंशिक रूप से संतुलित समीकरण अब इस प्रकार होगा–

$$\boxed{H_2} + \boxed{O_2} \longrightarrow 2\,\boxed{H_2O} \quad \text{..... (5)}$$

चरण 4. अब हाइड्रोजन परमाणु संतुलित नहीं है आंशिक रूप से संतुलित समीकरण (5) में हाइड्रोजन को संतुलित करते हैं–

हाइड्रोजन के परमाणु	अभिकारक में	उत्पाद में
आंशिक संतुलित समीकरण में	2 (H_2 में)	4 ($2H_2O$ में)
संतुलित करने के लिए	2×2	4

हाइड्रोजन परमाणु को बराबर करने के लिए बाईं ओर 2 से गुणा करते हैं। समीकरण अब इस प्रकार होगा–

$$2\boxed{H_2} + \boxed{O_2} \longrightarrow 2\,\boxed{H_2O} \quad \text{..... (6)}$$

अंत में इस संतुलित समीकरण की जाँच के लिए हम समीकरण के दोनों ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्या की तुलना करते हैं।

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \text{संतुलित समीकरण ..... (7)}$$

इसी तरह से आप नीचे दिए गए समीकरण को संतुलित कीजिए–

$$Mg + O_2 \longrightarrow MgO \quad \text{..... (8)}$$

आइए, कुछ और अभिक्रियाओं के उदाहरणों को लेकर समीकरण को संतुलित करना सीखें–

$$N_2 + H_2 \longrightarrow NH_3 \quad \text{..... (9)}$$

चरण 1. रासायनिक समीकरण को संतुलित करने के लिए सबसे पहले सूत्र के चारों ओर बॉक्स बना लीजिए। ध्यान दें कि समीकरण को संतुलित करते समय बॉक्स के अंदर कुछ भी परिवर्तन नहीं करना है–

$$\boxed{N_2} + \boxed{H_2} \longrightarrow \boxed{NH_3} \quad \text{..... (10)}$$

चरण 2. असंतुलित समीकरण में उपस्थित विभिन्न तत्वों के परमाणुओं की संख्या की सूची बना लीजिए–

तत्व	अभिकारकों के परमाणुओं की संख्या (बाईं ओर)	उत्पाद के परमाणुओं की संख्या (दाईं ओर)
N	2	1
H	2	3

चरण 3. समीकरण के बाईं ओर नाइट्रोजन परमाणुओं की संख्या 2 है जबकि दाईं ओर मात्र 1। नाइट्रोजन को संतुलित करने के लिए–

नाइट्रोजन परमाणु	अभिकारक में	उत्पाद में
प्रारंभ में	2 (N_2 में)	1 (NH_3 में)
संतुलित करने के लिए	2	1×2

आंशिक रूप से संतुलित समीकरण अब इस प्रकार होगा–

$$\boxed{N_2} + \boxed{H_2} \longrightarrow 2\ \boxed{NH_3}$$ आंशिक रूप से संतुलित समीकरण .....(11)

चरण 4. हाइड्रोजन परमाणु अब भी संतुलित नहीं है। आंशिक रूप से संतुलित समीकरण में हाइड्रोजन को संतुलित करते हैं–

हाइड्रोजन परमाणु	अभिकारक में	उत्पाद में
आंशिक संतुलित समीकरण	2 (H_2 में)	6 ($2NH_3$)
संतुलित करने के लिए	2×3	6

हाइड्रोजन परमाणु को बराबर करने के लिए बाईं ओर 3 से गुणा करते हैं। समीकरण अब इस प्रकार होगा–

$$\boxed{N_2} + 3\boxed{H_2} \longrightarrow 2\boxed{NH_3} \quad \text{..... (12)}$$

अंत में इस संतुलित समीकरण की जाँच के लिए हम समीकरण के दोनों ओर के तत्वों के परमाणुओं की संख्या की गणना करते हैं।

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2\,NH_3 \quad \text{संतुलित समीकरण ..... (13)}$$

समीकरण में दोनों ओर तत्वों के परमाणुओं की संख्या बराबर है। अतः यह समीकरण अब संतुलित है। रासायनिक समीकरणों को संतुलित करने की इस विधि को अनुमान विधि कहते हैं। इस विधि में सबसे छोटी पूर्णांक संख्या से संतुलित करना आरंभ कर आवश्यकतानुसार उसके गुणांक का उपयोग करके समीकरण को संतुलित करने का प्रयास करते हैं।

प्रश्न

1. निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए–

   (अ) हाइड्रोजन + क्लोरीन ⟶ हाइड्रोजन क्लोराइड

   (ब) सोडियम हाइड्रॉक्साइड + सल्फ्यूरिक अम्ल ⟶ सोडियम सल्फेट + पानी

2. निम्नलिखित रासायनिक समीकरणों को संतुलित कीजिए–

   (अ) $CH_4 + O_2 \longrightarrow H_2O + CO_2$

   (ब) $Fe + O_2 \longrightarrow Fe_3O_4$

   (स) $KClO_3 \longrightarrow KCl + O_2$

10.4 रासायनिक अभिक्रियाओं के प्रकार

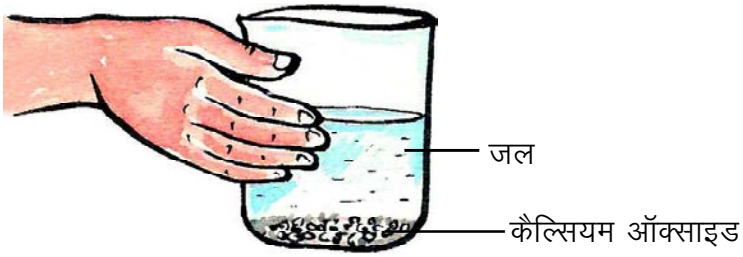
रासायनिक अभिक्रिया में परमाणु न तो बनते हैं और न ही नष्ट होते हैं। रासायनिक अभिक्रिया में रासायनिक परिवर्तन होता है, जिसमें अभिकारक क्रिया करके नए पदार्थ (उत्पाद) बनाते हैं जिसके गुण अभिकारक से भिन्न होते हैं। वास्तव में किसी रासायनिक अभिक्रिया में परमाणुओं के आपसी बंध टूटने एवं जुड़ने से नए पदार्थों का निर्माण होता है। आइए, देखें कि रासायनिक अभिक्रियाएँ कितने प्रकार की होती हैं–

10.4.1 संयोजन अभिक्रिया

क्रियाकलाप–4

- एक बीकर में कैल्सियम ऑक्साइड (बिना बुझा चूना) के थोड़े से टुकड़े लीजिए।
- इसमें धीरे–धीरे जल मिलाइए।
- अब बीकर को स्पर्श कीजिए।
- क्या इसके ताप में कोई परिवर्तन हुआ?

कैल्सियम ऑक्साइड जल के साथ तीव्रता से अभिक्रिया करके बुझे चूने (कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड) का निर्माण करके अधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करता है (चित्र क्रमांक–3)।



चित्र क्रमांक–3

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 \quad \text{..... (14)}$$

इस अभिक्रिया में कैल्सियम ऑक्साइड और जल मिलकर एकल उत्पाद कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड बनाते हैं। ऐसी अभिक्रिया जिसमें दो या दो से अधिक अभिकारक मिलकर एक उत्पाद का निर्माण करते हैं इसे संयोजन अभिक्रिया कहते हैं। क्रियाकलाप 1 में दी गई अभिक्रिया के प्रकार को पहचानिए।

आइए, संयोजन अभिक्रिया के कुछ और उदाहरण देखें–

1. कोयले का दहन–

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \text{..... (15)}$$

2. हाइड्रोजन और ऑक्सीजन से जल का निर्माण

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \text{..... (16)}$$

10.4.2 वियोजन (अपघटन) अभिक्रिया

क्रियाकलाप–5

- एक क्वथन नली में थोड़ा सा खाने का सोडा (सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट) लीजिए।
- क्वथन नली को स्प्रिट लैंप की सहायता से गर्म कीजिए।
- अब चित्र क्रमांक–4 में दर्शाए अनुसार एक जलती हुई माचिस की तीली, निकलती हुई गैस के समीप ले जाइए।
- आपने क्या देखा?
- आप देखेंगे कि माचिस की तीली बुझ जाती है।

चित्र क्रमांक–4 : सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट का अपघटन तथा कार्बन डाइऑक्साइड का उत्सर्जन और परीक्षण

सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट गर्म करने पर सोडियम कार्बोनेट, पानी और कार्बन डाइऑक्साइड में टूट जाता है।

$$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \quad \text{..... (17)}$$

आप देख सकते हैं कि इस अभिक्रिया में एकल अभिकारक टूटकर दो या अधिक उत्पादों में बदल जाता है यह एक वियोजन अभिक्रिया है। जब वियोजन क्रिया ऊष्मा के द्वारा सम्पन्न होती है तो उसे ऊष्मीय वियोजन कहते हैं।

आइए, वियोजन अभिक्रिया के अन्य उदाहरणों पर चर्चा करें–

1. विद्युत धारा प्रवाहित करने पर पानी, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन गैस में वियोजित हो जाता है–

$$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2 \quad \text{..... (18)}$$

इस प्रकार का वियोजन विद्युत अपघटन कहलाता है।

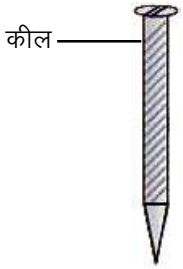
2. कैल्सियम कार्बोनेट का कैल्सियम ऑक्साइड तथा कार्बन डाइऑक्साइड में टूटना एक वियोजन अभिक्रिया है जिसका उपयोग विभिन्न उद्योगों में होता है जिसमें सीमेंट उद्योग प्रमुख है।

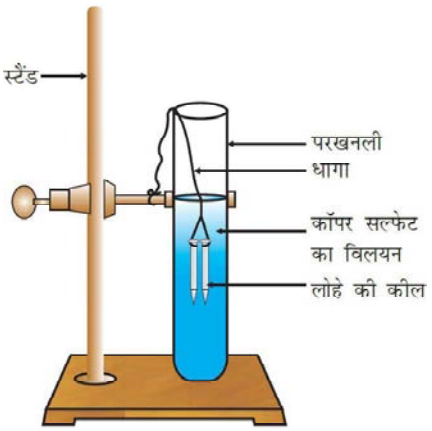
$$CaCO_3 \xrightarrow{1000^0C} CaO + CO_2 \quad \text{..... (19)}$$

10.4.3 विस्थापन अभिक्रिया

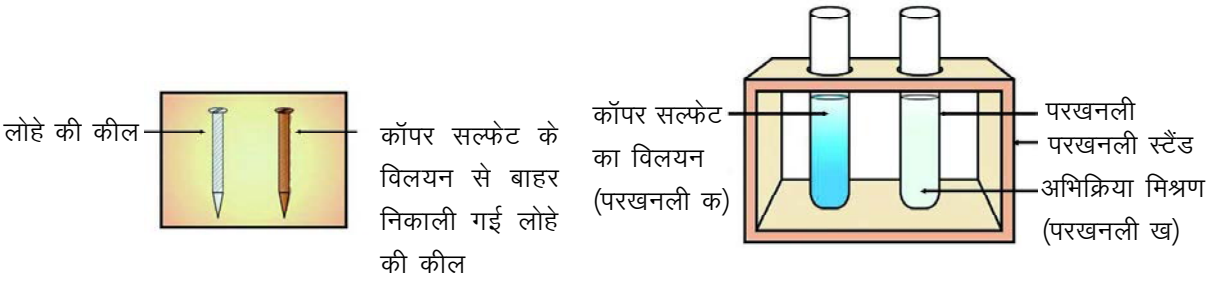
क्रियाकलाप–6

- लोहे की तीन कीलें या आलपिन लीजिए, उन्हें रेतमाल पेपर से रगड़कर साफ कीजिए।
- 'क' और 'ख' चिह्नित की हुई दो परखनलियाँ लीजिए। प्रत्येक परखनली में 5–10 mL कॉपर सल्फेट का विलयन लीजिए।
- दो कीलों को धागे से बाँधकर सावधानीपूर्वक परखनली 'ख' के कॉपर सल्फेट के विलयन में लगभग 30 मिनट तक डुबाकर रखिए, तुलना करने के लिए एक कील को अलग रखिए। (चित्र क्रमांक–5 अ तथा ब)





चित्र क्रमांक–5 (अ) : बाहर रखी तथा कॉपर सल्फेट के विलयन में डूबी लोहे की कीलें



चित्र क्रमांक–5 (ब) : प्रयोग से पहले तथा उसके उपरांत लोहे की कील तथा कॉपर सल्फेट के विलयन की तुलना

- 30 मिनट पश्चात् दोनों कीलों को कॉपर सल्फेट के विलयन से बाहर निकाल लीजिए।
- परखनली 'क' और 'ख' में रखे कॉपर सल्फेट विलयन के नीले रंग की तुलना कीजिए।
- कॉपर सल्फेट के विलयन में डूबी कील के रंग की तुलना बाहर रखी कील से कीजिए।

सोचिए, लोहे की कील का रंग भूरा तथा कॉपर सल्फेट के विलयन का रंग फीका क्यों हो गया? इस क्रियाकलाप में निम्नलिखित अभिक्रिया हुई–

$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu \quad \text{..... (20)}$$

इस अभिक्रिया में लोहे (आयरन) ने कॉपर को उसके यौगिक कॉपर सल्फेट के विलयन से विस्थापित कर उसका स्थान स्वयं ले लिया। इस अभिक्रिया को विस्थापन अभिक्रिया कहते हैं।

आइए, विस्थापन अभिक्रिया के कुछ अन्य उदाहरण देखें–

$$Pb + CuCl_2 \longrightarrow PbCl_2 + Cu \quad \text{..... (21)}$$

$$Zn + 2AgNO_3 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + 2Ag \quad \text{..... (22)}$$

उपर्युक्त उदाहरणों से पता चलता है कि आयरन और लेड, कॉपर की अपेक्षा अधिक क्रियाशील तत्व हैं। वे कॉपर को उसके यौगिक से विस्थापित कर देते हैं। इसी प्रकार जिंक, सिल्वर की अपेक्षा अधिक क्रियाशील तत्व है तथा वह सिल्वर को उसके यौगिक से विस्थापित कर देता है। क्रियाकलाप 3 पर ध्यान दें जिसमें आपने जिंक की क्रिया तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से की है।

1. इस अभिक्रिया के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए।
2. क्या यह भी विस्थापन अभिक्रिया है? कारण लिखिए।

10.4.4 द्विविस्थापन अभिक्रिया

क्रियाकलाप 2 में आपने देखा कि सफेद रंग के एक पदार्थ का निर्माण होता है जो जल में अविलेय है, इस अविलेय पदार्थ को अवक्षेप कहते हैं। इस अभिक्रिया में सोडियम सल्फेट में बेरियम क्लोराइड मिलाने पर बेरियम सल्फेट का सफेद अवक्षेप प्राप्त होता है।

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 \longrightarrow BaSO_4 + 2NaCl \quad \text{..... (23)}$$

ऐसा क्यों होता है? Ba^{++} आयन की SO_4^{--} आयन के संयोजन से $BaSO_4$ के अवक्षेप का निर्माण होता है। एक अन्य उत्पाद सोडियम क्लोराइड का निर्माण Na^+ आयन तथा Cl^- आयन के जुड़ने से होता है जो विलयन में ही रहता है। वे अभिक्रियाएँ जिनमें अभिकारकों के बीच आयनों का आदान–प्रदान होता है तथा उनमें से एक विपरीत आयनों का युग्म विलयन से अलग हो जाता है उन्हें द्विविस्थापन अभिक्रियाएँ कहते हैं। द्विविस्थापन के अन्य उदाहरण इस प्रकार हैं–

1. लेड नाइट्रेट विलयन को पोटैशियम आयोडाइड के विलयन में मिलाएँ तो लेड आयोडाइड का पीला अवक्षेप और पोटैशियम नाइट्रेट का विलयन प्राप्त होता है। इस प्रकार की अभिक्रिया अवक्षेपीकरण कहलाती है।

$$Pb(NO_3)_2 + 2KI \longrightarrow PbI_2 + 2KNO_3 \quad \text{..... (24)}$$

2. सोडियम हाइड्रॉक्साइड (क्षार) और हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की क्रिया में H^+ आयन और OH^- आयन मिलकर पानी बनाते हैं तथा Na^+ आयन और Cl^- आयन मिलकर सोडियम क्लोराइड बनाते हैं जो विलयन में ही रहता है, यह अभिक्रिया उदासीनीकरण कहलाती है।

$$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O \quad \text{..... (25)}$$

प्रश्न

1. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण लिखिए एवं प्रत्येक अभिक्रिया का प्रकार बताइए–
   (अ) जिंक कार्बोनेट ⟶ जिंक ऑक्साइड + कार्बन डाइऑक्साइड
   (ब) सोडियम हाइड्रॉक्साइड + सल्फ्यूरिक अम्ल ⟶ सोडियम सल्फेट + पानी
   (स) पोटैशियम ब्रोमाइड + बेरियम आयोडाइड ⟶ पोटैशियम आयोडाइड + बेरियम ब्रोमाइड
2. जब लोहे की कील को कॉपर सल्फेट के विलयन में डुबाया जाता है, तब विलयन का रंग क्यों बदल जाता है?

10.4.5 ऑक्सीकरण और अपचयन अभिक्रियाएँ

क्रियाकलाप–7

- पॉर्सिलेन प्याली में 1 ग्राम कॉपर चूर्ण लेकर उसे चित्र क्रमांक 6 के अनुसार गर्म कीजिए।
- आपने क्या देखा?
- कॉपर चूर्ण की सतह पर काली परत चढ़ जाती है। यह काला पदार्थ क्यों बना?

यह कॉपर ऑक्साइड है जो कॉपर और ऑक्सीजन की क्रिया से बना है।

चित्र क्रमांक–6 : कॉपर का ऑक्सीकरण

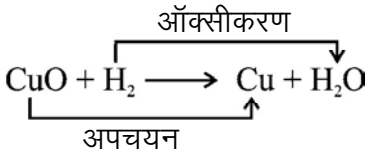
$$2Cu + O_2 \longrightarrow 2CuO \quad \text{..... (26)}$$

यदि इस गर्म पदार्थ के ऊपर हाइड्रोजन गैस प्रवाहित की जाए तो सतह की काली परत, भूरे रंग की हो जाती है क्योंकि कॉपर ऑक्साइड, ऑक्सीजन खो देता है और फिर कॉपर प्राप्त हो जाता है।

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O \quad \text{..... (27)}$$

अभिक्रिया के समय जब किसी पदार्थ द्वारा ऑक्सीजन ग्रहण की जाती है तब उसका ऑक्सीकरण होता है तथा जब अभिक्रिया में किसी पदार्थ द्वारा ऑक्सीजन की कमी होती है तो उसका अपचयन होता है।

अभिक्रिया (27) में कॉपर ऑक्साइड में ऑक्सीजन की कमी हो रही है इसलिए कॉपर ऑक्साइड अपचयित हुआ है और हाइड्रोजन में ऑक्सीजन की वृद्धि हो रही है इसलिए हाइड्रोजन ऑक्सीकृत हो रहा है अर्थात् इस अभिक्रिया में एक अभिकारक ऑक्सीकृत तथा दूसरा अपचयित होता है। इस अभिक्रिया को ऑक्सीकरण–अपचयन अथवा रेडॉक्स अभिक्रिया कहते हैं।



रेडॉक्स अभिक्रिया के कुछ अन्य उदाहरण हैं–

$$ZnO + C \longrightarrow Zn + CO \quad \text{..... (28)}$$

$$MnO_2 + 4HCl \longrightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2 \quad \text{..... (29)}$$

अभिक्रिया (28) में कार्बन, ऑक्सीकृत होकर CO तथा ZnO अपचयित होकर Zn बनाता है।

अभिक्रिया (29) में मैंगनीज डाइऑक्साइड में ऑक्सीजन की कमी हो रही है अर्थात् उसका अपचयन हो रहा है तथा HCl का हाइड्रोजन, ऑक्सीजन ग्रहण करके पानी में ऑक्सीकृत हो रहा है।

ऊपर दिए गए उदाहरणों के आधार पर हम कहते हैं कि किसी अभिक्रिया में पदार्थ द्वारा ऑक्सीजन ग्रहण करने या हाइड्रोजन त्याग करने की प्रक्रिया ऑक्सीकरण एवं हाइड्रोजन ग्रहण करने या ऑक्सीजन त्याग करने की प्रक्रिया अपचयन कहलाती है।

क्या ऑक्सीकरण–अपचयन (रेडॉक्स) अभिक्रियाओं को इलेक्ट्रॉन स्थानांतरण के आधार पर समझाया जा सकता है?

क्रियाकलाप 1 में मैग्नीशियम का तार ऑक्सीजन के साथ जलकर मैग्नीशियम ऑक्साइड (सफेद चूर्ण) बनाता है।

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO \quad \text{..... (30)}$$

हम कह सकते हैं कि मैग्नीशियम के ऑक्सीकरण से मैग्नीशियम ऑक्साइड बना। यदि हम मैग्नीशियम और ऑक्सीजन के इलेक्ट्रॉनिक विन्यास के आधार पर मैग्नीशियम ऑक्साइड बनने की अभिक्रिया पर विचार करें तो मैग्नीशियम के अंतिम कोश में दो इलेक्ट्रॉन पाए जाते हैं जिन्हें त्यागकर मैग्नीशियम धनायन बनाता है।

$$Mg \longrightarrow Mg^{++} + 2e^- \quad \text{..... (31)}$$

इन इलेक्ट्रॉनों को ऑक्सीजन ग्रहण करके ऑक्साइड आयन (ऋणायन) में परिवर्तित हो जाती है।

$$O + 2e^- \longrightarrow O^{2-}$$

अथवा $O_2 + 4e^- \longrightarrow 2O^{2-}$ ..... (32)

इस प्रकार Mg द्वारा इलेक्ट्रॉन त्यागना ऑक्सीकरण और ऑक्सीजन द्वारा इलेक्ट्रॉन ग्रहण करना अपचयन कहलाता है। उपर्युक्त अभिक्रिया में दोनों अभिक्रियाएँ साथ–साथ चल रही हैं, इसे रेडॉक्स अभिक्रिया कहते हैं।

अब तक हमने अभिकारक और उत्पाद के बनने के आधार पर रासायनिक अभिक्रियाओं के विभिन्न प्रकारों का अध्ययन किया है। आइए, अब हम इस अध्याय में किए गए कुछ क्रियाकलापों के बारे में फिर से विचार करें।

क्रियाकलाप–4 में आपने देखा कि कैल्सियम हाइड्रॉक्साइड के निर्माण के साथ अधिक मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न हो रही है । इस प्रकार की अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया कहलाती है।

क्रियाकलाप–1 पर ध्यान दें जिसमें मैग्नीशियम रिबन को स्प्रिट लैंप की सहायता से जलाते हैं।

1. क्या यह एक संयोजन अभिक्रिया है?
2. क्या इसमें ऑक्सीकरण या अपचयन हो रहा है?
3. क्या यह ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है?

क्रियाकलाप 3 पर ध्यान दें। जिसमें आपने जिंक की क्रिया तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से कराई। क्या यह विस्थापन अभिक्रिया के साथ–साथ ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया भी है?

ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया के कुछ अन्य उदाहरण है–

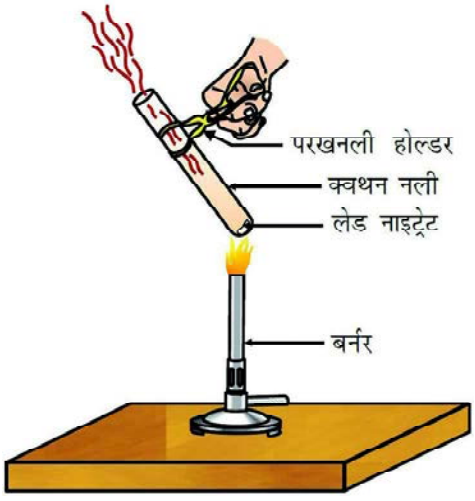
1. प्राकृतिक गैस का दहन–

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + \text{ऊष्मा} \quad \text{..... (33)}$$

2. श्वसन तथा हरी सब्जियों से खाद बनना भी एक ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है।

क्रियाकलाप–8

- एक क्वथन नली में लेड नाइट्रेट की थोड़ी मात्रा लीजिए।
- परखनली होल्डर से क्वथन नली को पकड़कर ज्वाला के ऊपर रखकर गर्म कीजिए (चित्र क्रमांक–7)।
- आपने क्या देखा? यदि कोई परिवर्तन हुआ है तो उसे नोट कीजिए।



चित्र क्रमांक–7

आप देखेंगे कि भूरे रंग की नाइट्रोजन डाइऑक्साइड गैस निकलती है। यह अभिक्रिया इस प्रकार होती है–

$$2Pb(NO_3)_2 \longrightarrow 2PbO + 4NO_2 + O_2 \quad \text{..... (35)}$$

इस अभिक्रिया में अभिकारक के विघटन के लिए ऊष्मा की आवश्यकता होती है। जिन अभिक्रियाओं में ऊष्मा अवशोषित होती है उन्हें ऊष्माशोषी अभिक्रिया कहते हैं।

निम्नलिखित कियाकलाप करें–

एक परखनली में 2 g बेरियम हाइड्रॉक्साइड तथा 1g अमोनियम क्लोराइड लेकर काँच की छड़ से मिलाइए। अपनी ऊँगलियों से परखनली के निचले सिरे को छूएँ। क्या आपने तापमान में परिवर्तन महसूस किया? यह अभिक्रिया ऊष्माक्षेपी है या ऊष्माशोषी?

क्रियाकलाप–9

- पॉर्सिलेन प्याली में 2 ग्राम सिल्वर क्लोराइड लीजिए तथा इसका रंग नोट कीजिए।
- इस प्याली को थोड़ी देर के लिए सूर्य के प्रकाश में रख दीजिए (चित्र क्रमांक–8)। थोड़ी देर बाद सिल्वर क्लोराइड के रंग को नोट कीजिए।

चित्र क्रमांक–8 : सूर्य के प्रकाश में सिल्वर क्लोराइड धूसर रंग का होकर सिल्वर धातु बनाता है

आप देखेंगे कि सूर्य के प्रकाश में श्वेत रंग का सिल्वर क्लोराइड धूसर (grey) रंग का हो जाता है। प्रकाश की उपस्थिति के कारण सिल्वर क्लोराइड के सिल्वर और क्लोरीन में वियोजन के कारण ऐसा होता है।

$$2AgCl \longrightarrow 2Ag + Cl_2 \quad \text{..... (36)}$$

यह अपघटन क्रिया सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में होती है और इस प्रकार की क्रियाओं को प्रकाश रासायनिक अभिक्रिया (photochemical reaction) कहते हैं।

ऐसी सभी अभिक्रियाएँ जिनमें अभिकारकों को उत्पादों में परिवर्तित करने के लिए ऊष्मा, प्रकाश या विद्युत के रूप में ऊर्जा की आवश्यकता होती है, ऊष्माशोषी अभिक्रियाएँ कहते हैं।

10.5 रासायनिक समीकरण को अधिक सूचनात्मक बनाना

विभिन्न प्रकार की रासायनिक अभिक्रियाओं के रासायनिक समीकरण में अभिकारकों और उत्पादों की निम्नलिखित विशेषताओं को दर्शाकर उसे अधिक सूचनात्मक बनाया जा सकता है, ये इस प्रकार हैं–

1. भौतिक अवस्था
2. ऊष्मा में परिवर्तन
3. गैस का निकलना
4. अवक्षेपण होना
5. विभिन्न परिस्थितियाँ

1. **भौतिक अवस्था को अभिव्यक्त करना–** रासायनिक समीकरण को अधिक सूचनात्मक बनाने के लिए पदार्थों की भौतिक अवस्था को उनके सूत्रों के साथ अभिव्यक्त किया जा सकता है जैसे– गैस, द्रव, ठोस तथा जलीय विलयन को क्रमशः (g), (l), (s) तथा (aq) से दर्शाया जाता है। अब संतुलित समीकरण (35) इस प्रकार होगा–

$$2Pb(NO_3)_2(s) \xrightarrow{\text{ताप}} 2PbO(s) + 4NO_2(g) + O_2(g) \quad \text{..... (37)}$$

2. **ऊष्मा में परिवर्तन को अभिव्यक्त करना–** ऊष्माक्षेपी क्रिया में ऊष्मा उत्पन्न होती है और ऊष्माशोषी अभिक्रिया में ऊष्मा अवशोषित होती है। नीचे दिए गए उदाहरणों को देखिए।

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + Q \text{ ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया} \quad \text{..... (38)}$$

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g) - Q \text{ ऊष्माशोषी अभिक्रिया} \quad \text{..... (39)}$$

ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाओं में उत्पन्न हुई ऊष्मा की मात्रा (Q) को उत्पादों की ओर (+) चिह्न के साथ अभिव्यक्त किया जाता है। ऊष्माशोषी अभिक्रियाओं में अवशोषित हुई ऊष्मा की मात्रा को (–) चिह्न के साथ अभिव्यक्त किया जाता है।

3. **गैस के निकलने को अभिव्यक्त करना–** यदि अभिक्रिया में कोई गैस मुक्त हो रही है तो इसे ऊर्ध्व तीर (↑) निशान से अभिव्यक्त किया जाता है।

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2\uparrow \quad \text{..... (40)}$$

4. **अवक्षेप के बनने को अभिव्यक्त करना–** यदि किसी रासायनिक अभिक्रिया में कोई अवक्षेप बन रहा हो तो उसे नीचे की ओर तीर (↓) से अभिव्यक्त करते हैं।

$$AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3(aq) \quad \text{..... (41)}$$

5. **विभिन्न परिस्थितियों को अभिव्यक्त करना–** कभी–कभी रासायनिक अभिक्रियाओं की परिस्थितियाँ जैसे– ताप, दाब, उत्प्रेरक आदि को भी तीर के निशान के ऊपर या नीचे लिखकर दर्शाया जाता है।

$$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \xrightarrow[\text{क्लोरोफिल}]{\text{सूर्य प्रकाश}} C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g) \quad \text{..... (42)}$$

$$2AgCl(s) \xrightarrow{\text{सूर्य प्रकाश}} 2Ag(s) + Cl_2(g) \quad \text{..... (43)}$$

इसी प्रकार आप इस अध्याय में दिए गए सभी समीकरणों को अधिक सूचनात्मक बनाकर अभिव्यक्त कीजिए।

प्रश्न

1. निम्नलिखित अभिक्रिया में ऑक्सीकृत और अपचयित पदार्थों को पहचानिए–

   (अ) $2Na + O_2 \longrightarrow 2NaO$

   (ब) $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$

2. रासायनिक अभिक्रिया में ऊष्मा का ग्रहण करना तथा ऊष्मा का मुक्त होना समीकरण में किस प्रकार दर्शाया जाता है, उदाहरण देकर समझाइए।

मुख्य शब्द (Keywords)

अभिकारक (reactant), उत्पाद (product), संयोजन अभिक्रिया (combination reaction), वियोजन (decomposition reaction), विस्थापन अभिक्रिया (displacement reaction), द्विविस्थापन अभिक्रिया (double displacement reaction), ऑक्सीकरण (oxidation), अपचयन (reduction), ऊष्माक्षेपी (exothermic), ऊष्माशोषी (endothermic), ऑक्सीकरण–अपचयन (redox)

हमने सीखा

- रासायनिक परिवर्तन में हमेशा नया पदार्थ बनता है।
- रासायनिक समीकरण, रासायनिक अभिक्रिया को दर्शाने का एक तरीका है।
- एक संपूर्ण रासायनिक समीकरण अभिकारकों, उत्पादों और उनकी भौतिक अवस्था को प्रदर्शित करता है।
- पदार्थ की अविनाशिता के नियमानुसार रासायनिक समीकरण का संतुलित होना आवश्यक है जिसमें अभिकारकों तथा उत्पादों के सभी परमाणुओं की संख्या समान होती है।
- संयोजन अभिक्रिया में दो या दो से अधिक पदार्थ मिलकर एकल उत्पाद बनाते हैं।
- वियोजन अभिक्रिया, संयोजन अभिक्रिया के विपरीत होती है। वियोजन अभिक्रिया में एकल पदार्थ वियोजित होकर दो या दो से अधिक पदार्थ बनाता है।
- किसी रासायनिक अभिक्रिया में जब एक तत्व दूसरे तत्व को उसके यौगिक से विस्थापित कर देता है, विस्थापन अभिक्रिया कहलाती है।
- द्विविस्थापन अभिक्रिया में अभिकारकों के बीच आयनों का आदान–प्रदान होता है।
- ऑक्सीजन का जुड़ना या हाइड्रोजन का निकलना या इलेक्ट्रॉन त्यागना ऑक्सीकरण कहलाता है।
- हाइड्रोजन का जुड़ना या ऑक्सीजन का निकलना या इलेक्ट्रॉन ग्रहण करना अपचयन कहलाता है।
- जिन अभिक्रियाओं में उत्पाद के साथ ऊष्मा का उत्सर्जन होता है उन्हें ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाएँ कहते हैं।
- जिन अभिक्रियाओं में ऊष्मा का अवशोषण होता है, उन्हें ऊष्माशोषी अभिक्रियाएँ कहते हैं।

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनिए

(i) हाइड्रोजन और क्लोरीन से हाइड्रोजन क्लोराइड का बनना निम्नलिखित में से कौन सी क्रिया को दर्शाता है–

(अ) वियोजन (ब) विस्थापन

(स) संयोजन (द) द्विविस्थापन

(ii) $Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

दी गई अभिक्रिया निम्नलिखित में से किसका उदाहरण है–

(अ) संयोजन (ब) वियोजन

(स) विस्थापन (द) द्विविस्थापन

(iii) $2PbO(s) + C(s) \longrightarrow 2Pb(s) + CO_2(g)$ इस क्रिया के लिए कौन सा कथन सही है–

(1) लेड का ऑक्सीकरण हो रहा है

(2) कार्बन डाइऑक्साइड का ऑक्सीकरण हो रहा है

(3) कार्बन का कार्बन डाइऑक्साइड में ऑक्सीकरण हो रहा है

(4) लेड ऑक्साइड का लेड में अपचयन हो रहा है

(अ) 1 और 2 (ब) 3 और 4

(स) 2 और 3 (द) सभी

(iv) $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3(aq)$

निम्नलिखित रासायनिक अभिक्रिया दर्शाती है–

(अ) विस्थापन (ब) संयोजन

(स) वियोजन (द) द्विविस्थापन

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए–

(i) रासायनिक समीकरण में तीर के निशान के बाईं ओर का पदार्थ ..... और दाईं ओर का पदार्थ ..... कहलाता है।

(ii) $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$ ..... क्रिया का उदाहरण है।

(iii) अभिकारकों और उत्पाद के बीच तीर का निशान अभिक्रिया की ..... को दर्शाता है।

(iv) वह रासायनिक अभिक्रिया जिसमें नया पदार्थ बनाने के लिए ऊष्मा का अवशोषण होता है .... क्रिया कहलाती है।

3. रासायनिक समीकरण क्या है? इसे संतुलित करना क्यों आवश्यक है?

4. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए संतुलित समीकरण लिखिए–

   (i) पोटैशियम धातु जल के साथ अभिक्रिया करके पोटैशियम हाइड्रॉक्साइड एवं हाइड्रोजन गैस देती है।

   (ii) नाइट्रोजन, हाइड्रोजन से संयोजन करके अमोनिया बनाती है।

   (iii) हाइड्रोजन सल्फाइड गैस का वायु में दहन होने पर जल एवं सल्फर डाइऑक्साइड बनती है।

   (iv) ऐलुमिनियम सल्फेट के साथ अभिक्रिया कर बेरियम क्लोराइड, ऐलुमिनियम क्लोराइड का विलयन एवं बेरियम सल्फेट का अवक्षेप देता है।

5. निम्नलिखित रासायनिक समीकरणों को संतुलित कीजिए–

   (i) $C_3H_8 + O_2 \longrightarrow H_2O + CO_2$

   (ii) $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + CO_2$

   (iii) $Hg(NO_3)_2 + KI \longrightarrow HgI_2 + KNO_3$

   (iv) $HNO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O$

6. निम्नलिखित अभिक्रियाओं के लिए संतुलित रासायनिक समीकरण एवं अभिक्रिया का प्रकार बताइए–

   (i) मैग्नीशियम + आयोडीन ⟶ मैग्नीशियम आयोडाइड

   (ii) मैग्नीशियम + हाइड्रोक्लोरिक अम्ल ⟶ मैग्नीशियम क्लोराइड + हाइड्रोजन

   (iii) जिंक + कॉपर नाइट्रेट ⟶ जिंक नाइट्रेट + कॉपर

   (iv) सोडियम हाइड्रोजनकार्बोनेट ⟶ सोडियम कार्बोनेट + कार्बन डाइऑक्साइड + पानी

7. वियोजन अभिक्रिया को संयोजन अभिक्रिया के विपरीत क्यों कहा जाता है? इन दोनों अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए।

8. वियोजन अभिक्रियाओं का एक–एक समीकरण लिखिए जिनमें ऊष्मा, प्रकाश एवं विद्युत के रूप में ऊर्जा प्रदान की जाती है।

9. विस्थापन एवं द्विविस्थापन अभिक्रिया में क्या अंतर है? इन अभिक्रियाओं के लिए समीकरण लिखिए।

10. ऑक्सीकरण–अपचयन (रेडॉक्स) अभिक्रियाओं के दो–दो उदाहरण लिखिए।

11. सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में होने वाली रासायनिक अभिक्रिया को समझाइए।

12. अवक्षेपण अभिक्रिया से आप क्या समझते हैं? उदाहरण देकर समझाइए।

13. ऊष्माक्षेपी और ऊष्माशोषी अभिक्रिया को उदाहरण देकर समझाइए।

14. हनीफ ने मैग्नीशियम रिबन को स्प्रिट लैंप की सहायता से जलाया और प्राप्त अवलोकन के आधार पर उसने कहा कि यह संयोजन, ऊष्माक्षेपी और ऑक्सीकरण अभिक्रिया है। क्या आप इस कथन से सहमत हैं? तर्क सहित व्याख्या कीजिए।