



রাসায়নিক হিসেব Chemical Calculation

ভূমিকা

রাসায়নিক গণনা মূলত রাসায়নিক যৌগ সম্পর্কিত গণনা। রসায়ন শাস্ত্রে রাসায়নিক যৌগকে প্রতীক (Symbol) বা সংকেত এর সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। রাসায়নিক যৌগ প্রকাশের জন্য সংকেত বা প্রতীক চিহ্নগুলিকে দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যথা (১) স্থূল সংকেত এবং (২) আণবিক সংকেত। এই ইউনিটে যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের ভিত্তিতে রাসায়নিক যৌগ সম্পর্কিত বিষয় নিয়ে আলোচনা করা হবে।

পাঠ ১ স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত

ভূমিকা

রাসায়নিক গণনা সম্পর্কিত বিষয়টিকে চারটি পাঠে উপস্থাপন করা হয়েছে। পাঠ-১ এ রাসায়নিক গণনার মূল ভিত্তি যথা- যৌগের মূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নিয়ে আলোচনা করা হল।

উদ্দেশ্য

- স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত সংজ্ঞায়িত করা যাবে।
- আণবিক সংকেতের তাৎপর্য বর্ণনা করা যাবে।
- স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের পার্থক্য করা যাবে।

৪.১.১ স্থূল সংকেত (Empirical Formulae): যে সংকেত অণুতে বর্তমান বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর সরল অনুপাত প্রকাশ করে তাকে স্থূল সংকেত বলে।

উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2)-এর অণুতে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুটি অক্সিজেন পরমাণু আছে এবং পরমাণুগুলোর সংখ্যার অনুপাত হচ্ছে ১:১। সুতরাং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের স্থূল সংকেত HO। অনুরূপভাবে বেনজিন ও এসিটিলিনের স্থূল সংকেত CH।

পদার্থের অণুতে বিভিন্ন মৌলের শতকরা পরিমাণ ও তাদের পারমাণবিক ভর থেকে স্থূল সংকেত গণনা করা হয়।

৪.১.২: স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম

নিম্নলিখিত নিয়মগুলো অনুসরণ করে স্থূল সংকেত নির্ণয় করা হয়।

(১) প্রথমে প্রতিটি মৌলের শতকরা পরিমাণ যোগ করে দেখা হয় যোগফল ১০০ বা তার খুব কাছাকাছি হয় কি না। এরূপ হলে মনে করা হয় অণুতে আর অন্য মৌল নাই। কিন্তু যোগফল ১০০ হতে যথেষ্ট কম হলে যৌগটি যে সকল পরমাণু নিয়ে গঠিত তাদের যেটির উল্লেখ করা হয় নাই বিয়োগফলকে তারই শতকরা হার ধরা হয়।

(২) প্রতিটি মৌলের শতকরা পরিমাণকে নিজ নিজ পারমাণবিক ভর দিয়ে ভাগ করে যৌগস্থিত মৌলসমূহের পরমাণুগুলোর আপেক্ষিক অনুপাত বের করা হয়।

(৩) আপেক্ষিক অনুপাতটিকে অপেক্ষাকৃত সরল করার জন্য ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটি দিয়ে প্রত্যেক সংখ্যাকে ভাগ করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত ভাগফলই ভিন্ন ভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলোর সংখ্যা নির্দেশ করে। যেহেতু কোন যৌগেই পরমাণু ভগ্নাংশ থাকতে পারে না, কাজেই পরমাণুগুলোর সংখ্যাকে পূর্ণ সংখ্যায় পরিণত করা জন্য তাদের প্রত্যেককেই কোন সুবিধাজনক সংখ্যা (সাধারণত ক্ষুদ্রতম সংখ্যা) দিয়ে ভাগ করা হয়। পরমাণুর এই পূর্ণ সংখ্যাই হলো যৌগের স্থূল সংকেতের মৌলসমূহের নিজ নিজ পরমাণু সংখ্যা।

উদাহরণ-১: একটি জৈব যৌগে ৬.৬৭% H এবং ৫৩.৩৩% O আছে। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় করুন।

সমাধান : যৌগটির অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলের শতকরা পরিমাণ = $(6.67+53.33) = 60$

∴ যৌগটিতে কার্বনের শতকরা পরিমাণ = $(100-60) = 40$

মৌল	শতকরা পরিমাণ	পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগকৃত মৌলসমূহের অনুপাত	ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়ে ভাগ করার পর প্রাপ্ত অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	40	$40 \div 12 = 3.33$	$3.33 \div 3.33 = 1$	CH ₂ O
H	6.67	$6.67 \div 1 = 6.67$	$6.67 \div 3.33 = 2$	
O	53.33	$53.33 \div 16 = 3.33$	$3.33 \div 3.33 = 1$	

উদাহরণ-২: নিচে উল্লেখিত শতকরা সংযুক্তি হতে যৌগিক পদার্থটির স্থূল সংকেত নির্ণয় করুন।

$$\text{Mg} = 21.52, \text{O} = 50.45, \text{P} = 27.93$$

সমাধান: মৌলগুলোর শতকরা পরিমাণের যোগফল = $21.52 + 50.45 + 27.93 = 100$

মৌল	শতকরা ভর	মৌলসমূহের অনুপাত	অনুপাতের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়ে ভাগ করার পর প্রাপ্ত অনুপাত	পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত
Mg	21.62	$\frac{21.62}{24} = 0.9$	$\frac{0.9}{0.9} = 1.0$	2
O	50.45	$\frac{50.45}{16} = 3.15$	$\frac{3.15}{0.9} = 3.5$	7
P	27.93	$\frac{27.93}{31} = 0.9$	$\frac{0.9}{0.9} = 1.0$	2

যৌগটিতে মৌলগুলোর অনুপাত হল Mg:P:O = 2:2:7

অতএব যৌগটির স্থূল সংকেত হবে Mg₂P₂O₇

৪.১.৩: আণবিক সংকেত (Molecular formula)

কোন যৌগের অণুতে উপস্থিত উপাদান মৌলসমূহের পরমাণুর প্রকৃত সংখ্যা সহ উপস্থাপনাকে আণবিক সংকেত বলে।

যেমন, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের একটি অণুতে দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুটি অক্সিজেন পরমাণু আছে। সুতরাং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের আণবিক সংকেত H₂O₂ হবে।

আণবিক সংকেত স্থূল সংকেতের সরল গুণিতক। স্থূল সংকেত যদি CH হয়, তবে আণবিক সংকেত CH, C₂H₂, C₃H₃, C₄H₄, C₅H₅, C₆H₆ ইত্যাদি হতে পারে। আণবিক ভর জানা থাকলে মূল সংকেত থেকে আণবিক সংকেত বের করা যায়।

বস্তুর আণবিক ভরকে স্থূল সংকেত অনুসারে বস্তুটির ভর দ্বারা ভাগ করে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তা বস্তুটিতে বর্তমান মৌলসমূহের পরমাণুর সংখ্যার পরিমাণ নির্দেশ করে। সে অনুযায়ী আণবিক সংকেত লিখতে হয়। যেমন বেনজিনের আণবিক ভর 78। স্থূল সংকেত অনুসারে ভর 13। সুতরাং বেনজিন বর্তমান কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা $78 \div 13 = 6$ । অতএব বেনজিনের স্থূল সংকেত CH হলেও আণবিক সংকেত C₆H₆।

৪.১.৪: আণবিক সংকেতের তাৎপর্য

আণবিক সংকেতের আঙ্গিক এবং মাত্রিক উভয় প্রকারের তাৎপর্য রয়েছে। একটি পদার্থের আণবিক সংকেত নিম্নলিখিত অর্থ প্রকাশ করে-

- (১) এটি একটি নির্দিষ্ট পদার্থ
- (২) পদার্থের একটি অণু।
- (৩) পদার্থটিতে কি কি মৌল আছে।
- (৪) প্রতিটি মৌলের কতগুলো পরমাণু নিয়ে পদার্থটির অণু গঠিত।
- (৫) প্রতিটি মৌলের পারমাণবিক ভর (atomic weight) এর আপেক্ষিকে পদার্থটির আণবিক ভর (Molecular weight)।
- (৬) পদার্থটির আণবিক ভরে উপাদান মৌলগুলোর নিজস্ব ভর।

উদাহরণস্বরূপ খাদ্য লবণের আণবিক সংকেত NaCl; এর দ্বারা বুঝায়

- (১) এটি একটি নির্দিষ্ট পদার্থ, সোডিয়াম ক্লোরাইড, (২) এটি সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি অণু। (৩) এটি সোডিয়াম ও ক্লোরিন মৌল দ্বারা গঠিত। (৪) সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি অণুতে একটি সোডিয়াম পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু আছে। (৫) সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ভর হল সোডিয়াম ও ক্লোরিনের পারমাণবিক ভরের সমষ্টি। সোডিয়াম ও ক্লোরিনের পারমাণবিক ভর যথাক্রমে 23 ও 35.5। সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ভর = 23+35.5 = 58.5। (৬) 58.5 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে 23 ভাগ সোডিয়াম ও 35.5 ভাগ ক্লোরিন আছে।

৪.১.৫। স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য

স্থূল সংকেত	আণবিক সংকেত
১। স্থূল সংকেত যৌগের অণুতে বর্তমান প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত বুঝায়, প্রকৃত সংখ্যা বুঝায় না।	১। আণবিক সংকেত সর্বদাই যৌগের অবস্থিত প্রতিটি মৌলের পরমাণুগুলোর প্রকৃত সংখ্যা ও অনুপাত বুঝায়।
২। স্থূল সংকেত কখনো কখনো আণবিক সংকেতের সমান হয়।	২। আণবিক সংকেত সর্বদাই স্থূল সংকেতের সমান বা তার সরল গুণিতকের সমান হয়।
৩। যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয়ের জন্য শুধু এর অণুস্থ প্রতিটি মৌলের পরমাণুগুলোর শতকরা হিসেব জানাই যথেষ্ট, আণবিক ভর জানার প্রয়োজন নেই।	৩। যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয়ের স্থূল সংকেত ও আণবিক ভর অবশ্যই জানা প্রয়োজন।
৪। স্থূল সংকেত শুধু যৌগের ক্ষেত্রে হতে পারে।	৪। আণবিক সংকেত যৌগ ও মৌল উভয়ের ক্ষেত্রে হয়ে থাকে।
৫। একাধিক যৌগের জন্য একই স্থূল সংকেত হতে পারে।	৫। সমানুতার ক্ষেত্রে ছাড়া সর্বদা ভিন্ন যৌগের আণবিক সংকেত ভিন্ন হয়ে থাকে।

৪.১.৬: আণবিক সংকেত গণনার নিয়ম

- (১) মৌলের শতকরা পরিমাণ ও পারমাণবিক ভরের সাহায্যে যৌগের স্থূল সংকেত নির্ণয় করা হয়।

- (২) স্থূল সংকেত অনুযায়ী ভর (X) ও যৌগের আণবিক ভরের (M) এর সম্পর্ক নিচে দেখুন

$$M = nX \text{ থেকে}$$

n -এর মান বের করে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় করা হয়।

উদাহরণ-১। একটি যৌগে 82.66% কার্বন, 17.34% হাইড্রোজেন আছে এবং যৌগটির আণবিক ভর 54 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন।

সমাধান: যৌগে মৌলগুলোর শতকরা পরিমানের যোগফল = (82.66+17.34)=100%, সুতরাং এতে তৃতীয় কোন মৌল নাই।

মৌল	শতকরা পরিমাণ	পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগকৃত ফল	ক্ষুদ্রতম পারমাণবিক অনুপাত	পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত
C	82.66	$\frac{82.66}{12} = 6.88$	$\frac{6.88}{6.88} = 1$	2
H	17.34	$\frac{17.34}{1} = 17.34$	$\frac{17.34}{6.88} = 2.5$	5

সুতরাং যৌগটির স্থূল সংকেত = $C_2 H_5$

প্রশ্ন অনুসারে যৌগটির আনবিক ভর = 54

$$\therefore (C_2 H_5)_n = 54$$

$$\text{বা, } (12 \times 2 + 1 \times 5) n = 54 \quad \therefore n = 2$$

অতএব যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(C_2 H_5)_2 = C_4 H_{10}$ ।

উদাহরণ- ২ । একটি আণবিক যৌগের শতকরা সংযুক্তি হল: S = 24.24%, N = 21.21%, H = 6.06% এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন । যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় করুন । যৌগটির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত অভিন্ন । এর পানির দ্রবণকে HNO_3 দিয়ে অক্সিড করে $BaCl_2$ দ্রবণ যৌগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে । এ যৌগটির আণবিক সংকেত কি?

সমাধান: যৌগটিতে অক্সিজেনের পরিমাণ = $[100 - (24.24 + 21.21 + 6.06)]\% = 48.49\%$

মৌল	শতকরা ভর	শতকরা হার ÷ পরমাণু ভর	অনুপাতের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়ে ভাগ করার পর প্রাপ্ত সংখ্যা
S	24.24	$\frac{24.24}{32} = 0.75$	$\frac{0.75}{0.75} = 1$
N	21.2	$\frac{21.21}{14} = 1.5$	$\frac{1.5}{0.75} = 2$
H	6.06	$\frac{6.06}{1} = 6.06$	$\frac{6.06}{0.75} = 8$
O	48.49	$\frac{48.49}{16} = 3.03$	$\frac{3.03}{0.75} = 4$

অতএব, যৌগটির স্থূল ও আনবিক সংকেত = $N_2 S_1 H_8 O_4$

সংকেত থেকে অনুসৃত যৌগটিতে SO_4^{2-} আয়ন আছে এবং যৌগের অপর আয়ন NH_4^+ হবে ।

\therefore যৌগটির আণবিক সংকেত $(NH_4)_2 SO_4$

সারসংক্ষেপ

- কোন যৌগের স্থূল সংকেত জানা থাকলে বলতে পারা যায় যে ঐ যৌগে পরমাণুগুলো কি অনুপাতে উপস্থিত আছে । আর আণবিক সংকেত থেকে যৌগস্থিত পরমাণুগুলোর প্রকৃত সংখ্যা বুঝা যায় । স্থূল সংকেত শুধু মাত্র যৌগের ক্ষেত্রে, কিন্তু আণবিক সংকেত যৌগ ও মৌল উভয়ের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য ।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। স্থূল সংকেত থেকে জানা যায় যৌগস্থিত মৌলের পরমাণুর
(ক) প্রকৃত সংখ্যা (খ) সরল অনুপাত
(গ) প্রকৃত সংখ্যা ও সরল অনুপাত উভয়ই (ঘ) এদের কোনটিই নয়।
- ২। আণবিক সংকেত থেকে জানা যায় যৌগস্থিত মৌলের পরমাণুর
(ক) প্রকৃত সংখ্যা (খ) সরল অনুপাত
(গ) গাঠনিক সংকেত (ঘ) এদের কোনটি নয়।
- ৩। নিচের কোনটির আণবিক ভর 35?
(ক) HCl, (খ) NH₄ OH, (গ) PH₃ (ঘ) Na₂ CO₃
- ৪। স্থূল সংকেতের অর্থ কোনটি?
(ক) অণুতে পরমাণুর সংখ্যা (খ) অণুতে বিভিন্ন পরমাণুর সংখ্যা
(গ) একটি মৌলের পরমাণুর সর্বনিম্ন সংখ্যা (ঘ) এদের কোনটিই নয়।
- ৫। ফসফরিক এসিডের আণবিক সংকেত হল-
(ক) H₃ PO₃ (খ) H₃ PO₂
(গ) HPO₄ (ঘ) H₃ PO₄

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। স্থূল সংকেত বলতে কি বুঝায় ব্যাখ্যা করুন।
- ২। আণবিক সংকেত বলতে কি বুঝায় ব্যাখ্যা করুন।
- ৩। স্থূল সংকেত গণনার নিয়মগুলো লিখুন।
- ৪। আণবিক সংকেত গণনার নিয়মগুলো বর্ণনা করুন।
- ৫। উদাহরণসহ আণবিক সংকেতের তাৎপর্য বর্ণনা করুন।
- ৬। স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পাঁচটি পার্থক্য উল্লেখ করুন।

গাণিতিক সমস্যা

- ১। একটি অজৈব এসিডের মধ্যে হাইড্রোজেন = 1.6%; নাইট্রোজেন = 22.23% এবং অক্সিজেন = 76.16% আছে। এসিডটির সরল সংকেত হিসেব করুন। উ: [HNO₃]
- ২। একটি বস্তুতে 40% কার্বন, 6.6% হাইড্রোজেন এবং 53.4% অক্সিজেন আছে। এর আণবিক ভর 180 হলে এর আণবিক সংকেত হিসেব করুন। উ: [C₆H₁₂O₆]
- ৩। কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে গঠিত একটি যৌগে 42.10% কার্বন ও 6.43% হাইড্রোজেন আছে। এর আণবিক ভর 342 হলে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন। উ: [C₁₂H₂₂O₁₁]

পাঠ ২

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলের ধারণা:

Avogadro Number & Concept of Mole

ভূমিকা

একই তাপমাত্রা ও চাপে সমান আয়তনের সব গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। একে অ্যাভোগাড্রো হাইপথেসিস বলে। অণুর সংখ্যার ধারণা থেকে বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাত্রিক হিসেব করা যায়। তদুপরি মোলের ধারণা রাসায়নিক গণনাকে সহজতর করেছে। আয়তন বিশ্লেষণে বিভিন্ন পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে মোলের ধারণা সহায়ক ভূমিকা পালন করে। এই পাঠে অ্যাভোগাড্রো হাইপথেসিস, অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, মোলের ধারণা এবং এসব সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা নিয়ে আলোচনা করা হবে।

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ব্যাখ্যা করা যাবে
- মোলের সংজ্ঞা বর্ণনা করা যাবে
- অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার প্রয়োগ বর্ণনা করা যাবে
- মোলের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করা যাবে।

৪.২.১: অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুসারে একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান এবং একই তাপমাত্রা ও চাপে সমান আয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। অতএব সকল গ্যাসের 1 মোলে সমান সংখ্যক অণু আছে। যেমন 2 গ্রাম হাইড্রোজেনে যত সংখ্যক অণু আছে, 32 গ্রাম অক্সিজেন বা 44 গ্রাম কার্বন ডাই অক্সাইডেও তত সংখ্যকই অণু থাকে। অ্যাভোগাড্রো সূত্রের এ সিদ্ধান্ত কঠিন বা তরল পদার্থের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। এই সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক বলে। একে N দ্বারা সূচিত করা হয়। N এর মান = 6.023×10^{23} ।

সুতরাং, কোন বস্তুতে তার 6.023×10^{23} টি অণু থাকলে এ বস্তুর পরিমাণ হবে এক মোল। এক মোল Na-এ 6.023×10^{23} সংখ্যক Na পরমাণু আছে। এর ভর হবে Na-এর পারমাণবিক ভর বা 22.99 গ্রাম। এভাবে এক মোল অক্সিজেন = 32 গ্রাম এবং 32.0 গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যাও 6.023×10^{23} ।

গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় এক মোলের আয়তন 22.414 লিটার (L) বা 22.414 ডেসি.মি³।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার সাহায্যে যে কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের যথাক্রমে একটি পরমাণু ও একটি অণুর ভর নির্ণয় করা যায়।

$$\text{যৌগিক পদার্থের একটি অণুর ভর} = \frac{\text{উক্ত পদার্থের এক মোলের ভর}}{\text{অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা}}$$

$$\text{এবং মোলের পদার্থের একটি পরমাণুর ভর} = \frac{\text{উক্ত পদার্থের এক মোলের ভর}}{\text{অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা}}$$

৪.২.২: গাণিতিক সমাধান

উদাহরণ-১। অক্সিজেনের আণবিক ভর হতে একটি অণুর ভর নির্ণয় করুন।

সমাধান: অক্সিজেনের গ্রাম আণবিক ভর = 32 গ্রাম।

$$\begin{aligned} \therefore 1 \text{ টি অক্সিজেন অণুর ভর} &= \frac{32}{6.022 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম} \\ &= 5.32 \times 10^{-23} \text{ গ্রাম।} \end{aligned}$$

উদাহরণ-২। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 2 গ্রাম মিথেন গ্যাসে কতটি অণু থাকবে?

সমাধান: মিথেন (CH₄) এর আণবিক ভর = 12+1×4 = 16

অতএব 16 গ্রাম মিথেন গ্যাসে অণু আছে = 6.032×10^{23} টি

$$\begin{aligned} \therefore 2 \text{ গ্রাম মিথেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা} &= \frac{6.023 \times 10^{23} \times 2}{16} \text{ টি} \\ &= 7.527 \times 10^{22} \text{ টি} \end{aligned}$$

উত্তর : প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 2.0 গ্রাম মিথেন গ্যাসে 7.527 টি অণু থাকবে।

৪.২.৩: মোলের গুরুত্ব

রাসায়ন শাস্ত্রে মোলের ব্যাপক ব্যবহার প্রচলিত। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উপাদানগুলো তাদের মোলের সরল অনুপাতে বিক্রিয়া করে এবং অংশ গ্রহণকারী পদার্থের মোলের সংখ্যার সাথে উৎপন্ন পদার্থের মোলের সংখ্যার একটি সরল অনুপাত সর্বদাই বজায় থাকে। সেজন্য, রাসায়নিক গণনার বহুক্ষেত্রে মোলের ব্যবহার করলে তাদের সমাধান সহজসাধ্য হয়। এছাড়া, পদার্থের বহু ভৌতধর্ম পদার্থ কণিকার সংখ্যার উপর নির্ভরশীল। এ সব ধর্মের সঠিক পর্যালোচনায় মোল সম্পর্কিত জ্ঞানের প্রয়োজন হয়। মোলের ধারণা হতেই বিভিন্ন বস্তু-কণিকার প্রকৃত ভর গণনা করা যায়।

৪.২.৪. গাণিতিক সমাধান

উদাহরণ-১। 3.00 মোল পানিতে কত গ্রাম পানি আছে হিসেব করুন।

সমাধান: পানির গ্রাম আণবিক ভর 18 গ্রাম।

∴ 18 গ্রাম পানিতে হয় 1 মোল পানি

অতএব 3.00 মোল পানিতে হয় $3 \times 18 = 54$ গ্রাম পানি।

উত্তর : 3.00 মোল পানিতে 54 গ্রাম পানি আছে।

উদাহরণ-২। এক গ্রাম সালফিউরিক এসিডে কয়টি অণু আছে?

সমাধান: এক মোল সালফিউরিক এসিড (H₂ SO₄)

$$= (1 \times 2 + 32 \times 1 + 16 \times 4) = 98 \text{ গ্রাম}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{এক গ্রাম সালফিউরিক এসিডে H}_2 \text{ SO}_4 \text{ অণুর সংখ্যা} &= \frac{6.02 \times 10^{23}}{98} \\ &= 61.45 \times 10^{20} \text{ টি।} \end{aligned}$$

উত্তর: এক গ্রাম সালফিউরিক এসিডে 61.45×10^{20} টি অণু আছে।

সারসংক্ষেপ

- একই তাপমাত্রায় ও চাপে সমান আয়তনের সব গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার বা প্রবকের মান = 6.02×10^{23} । প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1.0 মোল গ্যাসের পরিমাণ = 22.414 লিটার। 1.0 মোল পরিমাণ সকল পদার্থ N (অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা) সংখ্যক বা 6.02×10^{23} টি কণা থাকে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার মান কত?

(ক) 6.023×10^{23}	(খ) 6.032×10^{23}
(গ) 63.43×10^{23}	(ঘ) 3.062×10^{23}
- ২। 6.023×10^{23} টি অক্সিজেন অণুর ভর গ্রামে কত হবে?

(ক) 16 গ্রাম	(খ) 4 গ্রাম
(গ) 32 গ্রাম	(ঘ) এ গুলোর একটিও নয়।
- ৩। অ্যাভোগাড্রোর সূত্র পদার্থের কোন অবস্থার জন্য প্রযোজ্য

(ক) কঠিন	(খ) তরল
(গ) গ্যাসীয়	(ঘ) এ তিন অবস্থার ক্ষেত্রেই

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলতে কি বুঝায়- ব্যাখ্যা করুন।
- ২। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার সাথে মোলের আয়তনের কোন সম্পর্ক থাকলে তা ব্যাখ্যা করুন।
- ৩। মোল সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত ধারণা দিন।
- ৪। রসায়ন শাস্ত্রে মোলের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করুন।
- ৫। মোলের সংজ্ঞা দিন। এর সাথে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার কোন সম্পর্ক আছে কি?

গাণিতিক সমস্যা

- ১। একটি সোডিয়াম পরমাণু ভর হিসেব করুন ($\text{Na} = 23$)।
- ২। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এক মি.মি. অক্সিজেন গ্যাসে অক্সিজেনের কয়টি অণু থাকে?
- ৩। 4.00×10^{-3} মোল গ্লুকোজে কত পরমাণু কার্বন আছে?
- ৪। প্রমাণ অবস্থায় 1.0 ডে.মি³ বাতাসে অক্সিজেনের আয়তন 21.0% হলে এতে কত মোল অক্সিজেন আছে?
- ৫। প্রমাণ অবস্থায় 1.2 ডেমি³ আয়তনের অক্সিজেন গ্যাসের ভর হিসেব করুন।

পাঠ ৩

রাসায়নিক সমীকরণ ও আয়তন

Chemical Equation and Volume

ভূমিকা

রাসায়ন শাস্ত্রের কেন্দ্র বিন্দু রাসায়নিক বিক্রিয়া। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি বস্তু অন্য কোন বস্তুর সংগে একটি সুনির্দিষ্ট অনুপাতে অংশগ্রহণ করে। এ অনুপাত সমূহ কখনো ভরে, কখনো আয়তনে, কখনো মোল সংখ্যায় প্রকাশ করা হয়। এ পাঠে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ (ভর, আয়তন অথবা মোল) বস্তুর সংগে অপর একটি বস্তু বিক্রিয়া করে কি পরিমাণ উৎপাদ উৎপন্ন করবে ইত্যাদি বিষয় নিয়ে আলোচনার পর এতদসংক্রান্ত কিছু গাণিতিক সমস্যা সমাধান করা হবে।

উদ্দেশ্য

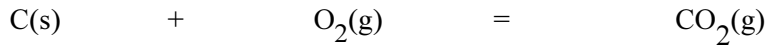
- রাসায়নিক সমীকরণ ব্যবহার করে ভর এবং আয়তন সম্পর্কিত গণনা করা
- একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন বস্তুর সাথে অপর কোন বস্তুর কত পরিমাণ অংশ গ্রহণ করবে তা জানা যাবে।

৪.৩.১: রাসায়নিক সমীকরণ

প্রতীক, সংকেত বা চিহ্নের সাহায্যে একটি রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে প্রকাশ করার পদ্ধতিকে রাসায়নিক সমীকরণ বলা হয়। অন্যভাবে, রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতীকি প্রকাশকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। অর্থাৎ একটি বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশের সহজতম উপায় হলো রাসায়নিক সমীকরণ।

৪.৩.২: ভর সংক্রান্ত গণনা

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সঠিক রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়ক দ্রব্যের ভর হতে উৎপন্ন দ্রব্যের ভর নির্ণয় করা যায় বা কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রব্য উৎপন্ন করতে কি পরিমাণ বিক্রিয়কের প্রয়োজন হবে তা নির্ণয় করা যায়। এ ধরনের রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক দ্রব্য বা উৎপন্ন দ্রব্যের আপেক্ষিক ভর তাদের আণবিক ভর সমন্বিত জ্ঞান হতে জানা যায়। উদাহরণ স্বরূপ কার্বন বাতাসে সম্পূর্ণভাবে পুড়ে কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে। এ বিক্রিয়াটিকে রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়-



12 ভাগ ভরের কার্বন + 32 ভাগ ভরের অক্সিজেন = 44 ভাগ ভরের কার্বন ডাই-অক্সাইড

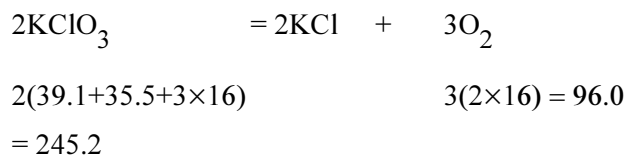
এখানে দেখা যায়, 12 ভাগ ভরের কার্বন 32 ভাগ ভরের অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে 44 ভাগ ভরের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই ভরগুলো আপেক্ষিক কাজেই এদেরকে গ্রাম, কিলোগ্রাম প্রভৃতি যে কোন এককে প্রকাশ করা যায়।

৪.৩.৩: গাণিতিক সমাধান

উদাহরণ-১। 5 গ্রাম অক্সিজেন তৈরি করতে কি পরিমাণ পটাশিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$)-এর প্রয়োজন হবে?

$$[K = 39.10 \text{ ও } Cl = 35.55]$$

সমাধান: $KClO_3$ থেকে অক্সিজেন তৈরীর বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:



অতএব 96.0 গ্রাম অক্সিজেন তৈরী করতে $KClO_3$ এর প্রয়োজন হবে 245.2 গ্রাম।

∴ 5 গ্রাম অক্সিজেন তৈরী করতে $KClO_3$ এর প্রয়োজন = $\frac{245.2 \times 5}{96} = 12.8$ গ্রাম

উদাহরণ-২। 10 গ্রাম মার্বেল ($CaCO_3$)-কে উচ্চ তাপে বিয়োজিত করলে কত গ্রাম চুন বা কুইকলাইম (CaO) পাওয়া যাবে? [Ca = 40]

সমাধান:

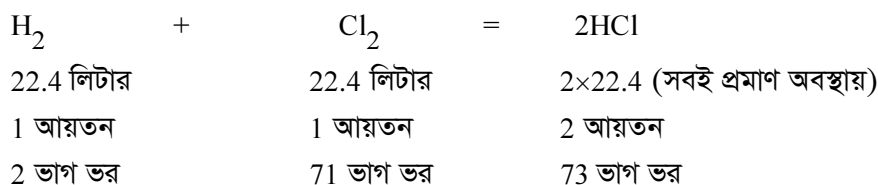


অতএব 100 গ্রাম মার্বেল থেকে চুন (CaO) পাওয়া যাবে 56.0 গ্রাম

∴ 10 গ্রাম মার্বেল থেকে CaO পাওয়া যাবে $\frac{56 \times 10}{100}$ গ্রাম বা 5.6 গ্রাম।

৪.৩.৪ : ভর ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা

আমরা জানি যে, রাসায়নিক সমীকরণের আয়তন মাত্রিক (volumetric) ও ভরমাত্রিক (gravimetric) এই উভয় প্রকারের তাৎপর্য আছে। উদাহরণ স্বরূপ

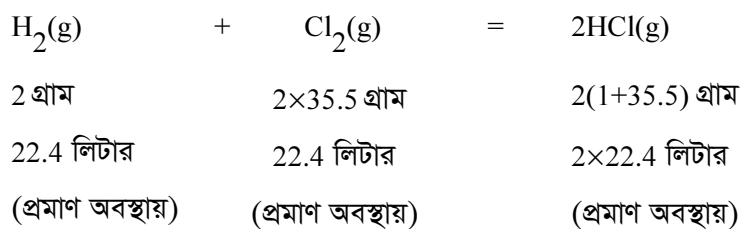


- (১) আয়তনমাত্রিক হিসাব অনুসারে 22.4 dm³ হাইড্রোজেন 22.4 dm³ ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে (2 × 22.4) dm³ বা 44.8 dm³ HCl গ্যাস উৎপন্ন করে (প্রমাণ অবস্থায়)।
- (২) ভরমাত্রিক হিসাব অনুসারে 2 ভাগ ভরের হাইড্রোজেন 71 ভাগ ভরের ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে 73 ভাগ ভরের HCl গ্যাস উৎপন্ন করে।
- (৩) আবার, যুক্তভাবে আয়তনমাত্রিক ও ভরমাত্রিক হিসাব অনুসারে, 2 গ্রাম হাইড্রোজেন 71 গ্রাম ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে (2 × 22.4) dm³ বা 44.8 dm³ HCl গ্যাস উৎপন্ন করে (প্রমাণ অবস্থায়)।
- (৪) 22.4 dm³ হাইড্রোজেন 22.4 dm³ ক্লোরিনের (প্রমাণ অবস্থায়) সাথে বিক্রিয়া করে 73 গ্রাম HCl উৎপন্ন করে।

এখানে উল্লেখ্য যে-

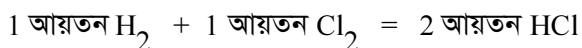
- (ক) রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশক সমীকরণটি শুদ্ধভাবে লিখতে হবে।

৪.৩.৫। আয়তন সংক্রান্ত গণনা



উপরের সমীকরণ হতে দেখা যায় যায়, 1.0 মোল হাইড্রোজেন 1.0 মোল ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হয়ে 2 মোল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে, অথবা 22.4 লিটার হাইড্রোজেন 22.4 লিটার ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হয়ে (2×22.4) লিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে (সব গ্যাস প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে পরিমিত)।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী গ্যাসসমূহের আয়তন তুলনা করার জন্য তাদের প্রকৃত আয়তন জানার প্রয়োজন পড়ে না, শুধু তাদের আয়তনিক সম্পর্কের প্রয়োজন। এ উদ্দেশ্যে সব গ্যাসের মোলার আয়তনকে 1.0 আয়তন ধরা হয়। উল্লেখ্য যে 1.0 আয়তন সর্বদাই প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4 লিটার বুঝায়। কাজেই উপরের সমীকরণটি বুঝায়-



৪.৩.৬ গণনার প্রণালী

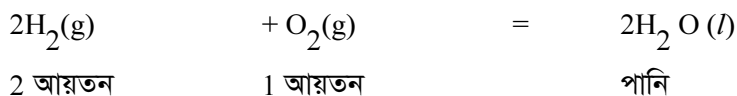
রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশক সমীকরণটি শুদ্ধ করে লিখুন এবং গ্যাসের আয়তন গণনার সময় মনে রাখা প্রয়োজন যে-

- (ক) প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে 1 মোল যে কোন গ্যাসের আয়তন 22.4 লিটার/ডেসি.মি³
- (খ) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় গ্যাসের আয়তন তুলনা করার ক্ষেত্রে যে কোন গ্যাসের মোলার আয়তনকে 1 আয়তন ধরা হয়। অন্য ক্ষেত্রে এর প্রকৃত আয়তন 22.4 লিটার (প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে) ধরা হয়।
- (গ) গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সমীকরণ সর্বদাই প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে সংঘটিত বিক্রিয়া প্রকাশ করে।

৪.৩.৭: গাণিতিক সমাধান

উদাহরণ-১: প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 20mL অক্সিজেন 75mL হাইড্রোজেনের সাথে মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। কোন গ্যাস অবশিষ্ট থাকলে তার আয়তন কত?

সমাধান:



এই সমীকরণ হতে আমরা পাই-

1 mL অক্সিজেন 2 mL হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়।

∴ 20 mL অক্সিজেন $2 \times 20 = 40$ mL হাইড্রোজেনের সাথে যুক্ত হয়।

সুতরাং অবশিষ্ট হাইড্রোজেনের পরিমাণ = $75 - 40 = 35$ mL

সারসংক্ষেপ

- রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতীকি প্রকাশকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। সঠিক রাসায়নিক সমীকরণ লিখে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের সাথে বিক্রিয়ক পদার্থের মাত্রিক সম্পর্ক বের করা যায়। সি.জি.এস. এককে আয়তনের একক dm^3 -এ প্রকাশ করে আয়তনিক গণনা সমাধা করা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (\checkmark) দিন।

- ১। রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রতীকি প্রকাশকে কি বলা হয়?
(ক) আণবিক সংকেত (খ) প্রতীক
(গ) রাসায়নিক সমীকরণ (ঘ) এখানে সঠিক উত্তর দেয়া নেই।
- ২। দুই ভাগ ভর হাইড্রোজেন কত ভাগ ভর ফ্লোরিনের সাথে যুক্ত হবে?
(ক) 35.5 ভাগ ভর (খ) 71 ভাগ ভর
(গ) 36.5 ভাগ ভর (ঘ) 73 ভাগ ভর

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। রাসায়নিক সমীকরণ বলতে কি বুঝায়?
- ২। ভর সংক্রান্ত রাসায়নিক গণনার নিয়ম লিখুন।
- ৩। আয়তন সংক্রান্ত রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে কি কি বিষয় বিশেষভাবে লক্ষ্য করবেন- উল্লেখ করুন।
- ৪। আয়তন সংক্রান্ত গণনার প্রণালী সংক্ষেপে উল্লেখ করুন।

গাণিতিক ও সমস্যামূলক প্রশ্ন

- ১। 8.15 গ্রাম বিশুদ্ধ জিংক অক্সাইড হতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতির মাধ্যমে কত গ্রাম বিশুদ্ধ জিংক পাওয়া যায়?
- ২। 25 গ্রাম চূনাপাথর (CaCO_3)- কে বিয়োজন করলে কত ভরের CO_2 পাওয়া যাবে?
- ৩। 95% বিশুদ্ধ 200 গ্রাম চূনা পাথরকে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করলে কি পরিমাণ চূন পাওয়া যাবে? [Ca = 40]
- ৪। Cu_2O ও CuO -এর একটি মিশ্রণে 80% Cu আছে। মিশ্রণটির শতকরা সংযুক্তি হিসেব করুন। [Cu = 63.5]
- ৫। 1.0 কেজি চূনাপাথর লঘু হাইড্রোক্লোরিক এসিডে দ্রবীভূত করলে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? [Ca = 40, Cl = 35.5]
- ৬। 1.5 গ্রাম কার্বনকে বাতাসে পোড়ালে যে পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তার আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে কত হবে?
- ৭। 10 গ্রাম সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে উত্তপ্ত করে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাবে?

পাঠ ৪

দ্রবণের ঘনমাত্রা ও এসিড-ক্ষার টাইট্রেশন

Concentration of Solution and Acid-Base Titration

ভূমিকা

একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রবণ অথবা দ্রাবকে যে পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকে তাকে দ্রবণের ঘনমাত্রা বলে। একটি বস্তুর পরিমাণ বিভিন্ন এককে বা বিভিন্ন ভাবে প্রকাশ করা হয়। যেমন গ্রাম, কিলোগ্রাম, সেমি^৩, লিটার, ডেসিমি^৩, মৌল সংখ্যা, তুল্য ভর ইত্যাদি। দ্রাবক, দ্রবণ এবং দ্রবের পরিমাণ প্রকাশের এসব ভিন্নতার উপর নির্ভর করে বিভিন্ন দ্রবণের ঘনমাত্রার বিভিন্ন একক আছে। এ পাঠে দ্রবণের এসব একক সক্রান্ত বিষয় নিয়ে আলোচনা করা হবে।

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক বর্ণনা করা যাবে।
- অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের কৌশল ও প্রশমন বিক্রিয়ার উপাত্ত বা তথ্য থেকে অম্ল-ক্ষারের অজানা দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতি ব্যাখ্যা করা যাবে।
- টাইট্রেশন সংক্রান্ত গাণিতিক সমস্যার সমাধান করা যাবে।

৪.৪.১: দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন একক

দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন পদ্ধতি প্রচলিত আছে। যেমন- নরমালিটি, মোলারিটি, মোলালিটি, মোল-ভগ্নাংশ, শতকরা (W/W), শতকরা (W/V) প্রভৃতি। এ সকল পদ্ধতির মধ্যে মোলারিটি ক্রমশ অধিকতর ব্যবহৃত হচ্ছে। আমাদের আলোচনায় প্রধানত মোল ও মোলারিটি ব্যবহৃত হবে।

৪.৪.২: মোলারিটি (Molarity)

মোলারিটি এককে দ্রবণের পরিমাণকে লিটার (L) বা ডেসিমি^৩-এ এবং দ্রবের পরিমাণকে মোল বা গ্রাম মোল-এ প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ 1.0 L বা 1.0 dm³ দ্রবণে 1.0 গ্রাম মোল পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে তাকে 1.0 মোলার দ্রবণ বলা হয়। যেহেতু মোলারিটি এককে দ্রবণের পরিমাণ লিটার/ ডেসিমি^৩ অর্থাৎ আয়তনে প্রকাশ করা হয় এবং দ্রবণের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তিত হয় তাই দ্রবণের মোলারিটি একক তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। দ্রবণের মোলারিটি একক কে M প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

উপরে প্রদত্ত সংজ্ঞা অনুসারে 0.1M দ্রবণ অর্থ 1.0 L দ্রবণে 0.1 গ্রাম মোল দ্রব দ্রবীভূত আছে।

৪.৪.৩: গাণিতিক সমাধান

উদাহরণ-১। 30 সে তাপমাত্রায় 200 cm³ দ্রবণে 5.3 গ্রাম Na₂ CO₃ দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণটির মোলারিটি কত?

সমাধান:

এক মোল সোডিয়াম কার্বনেট (Na₂ CO₃) = (2×23+12+3×16) = 106g

∴ 200 cm³ দ্রবণে রয়েছে 5.3g Na₂CO₃ (দ্রব)

∴ 1000 cm³ দ্রবণে Na₂CO₃ দ্রবীভূত আছে $\frac{5.3 \times 1000}{200} = 26.5\text{g}$

এখন $26.5\text{g NaCO}_3 = \frac{26.5}{106} = 0.25$ গ্রাম মোল।

সুতরাং 1000 cm³ বা 1.0 dm³ দ্রবণে দ্রবীভূত Na₂CO₃ এর পরিমাণ 0.25 গ্রাম মোল

অতএব দ্রবণটির মোলারিটি 0.25।

উত্তর: দ্রবণটি 0.25 M

8.8.8 : নরমালিটি (Normality)

দ্রবণের নরমালিটি একককে 'N' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এই এককে দ্রবণের পরিমাণকে লিটার বা ডেসিমি^৩ এ এবং দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণকে গ্রাম তুল্যভরে নেয়া হয়।

সংজ্ঞানুসারে যখন কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 1.0 L বা 1.0 dm³ দ্রবণ 1.0 গ্রাম তুল্যভর পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত অবস্থায় ধারণ করে তখন ঐ দ্রবণকে 1.0 নরমাল বা 1.0N দ্রবণ বলা হয়।

গ্রাম তুল্য ভর গণনার সময় বস্তুর ভর (গ্রামে) কে তুল্যভর দ্বারা ভাগ করতে হয়। অর্থাৎ $x\text{g}$ বস্তুর গ্রাম তুল্য ভর হবে $\frac{x}{\text{তুল্যভর}}$ ।

ভিন্ন ভিন্ন ধরনের বস্তুর তুল্য ভর নির্ণয়ের সময় বিভিন্ন নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন—

এসিড বা অম্লীয় বস্তুর তুল্যভর গণনার সময় বস্তুটির আণবিক ভরকে বস্তুটির আণবিক সংকেতে যতটি অপসারণ যোগ্য প্রোটন আছে ঠিক তত দিয়ে ভাগ করতে হয়।

উদাহরণ : HCl-এ একটি, H₂SO₄-এ দুইটি এবং CH₃COOH-এ একটি অপসারণযোগ্য প্রোটন আছে।

অতএব HCl এর তুল্যভর = $\frac{\text{আণবিক ভর}}{1.0}$, H₂SO₄-এর তুল্যভর = $\frac{\text{আণবিকভর}}{2.0}$ এবং CH₃COOH এর তুল্যভর = $\frac{\text{আণবিক ভর}}{1.0}$,

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী জারক ও বিজারকের ক্ষেত্রে তুল্য ভর গণনার সময় বস্তুর আণবিক ভরকে বস্তুটি বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণের সময় প্রতি মোলে কতটি ইলেকট্রন গ্রহণ বা ত্যাগ করে ঠিক তত দিয়ে ভাগ করতে হয়।

উদাহরণ: অম্লীয় মাধ্যমে KMnO₄ এর 5টি ইলেকট্রন এবং K₂Cr₂O₇ 6টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং

KMnO₄ এর তুল্যভর = $\frac{\text{আণবিক ভর}}{5}$ এবং K₂Cr₂O₇ এর তুল্যভর = $\frac{\text{আণবিক ভর}}{6}$ ।

দ্রবণের নরমালিটি গণনা:

উদাহরণ-১: 100mL বা 0.1 ডেসিমি^৩ H₂SO₄-এর দ্রবণে 0.49 গ্রাম H₂SO₄ দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির নরমালিটি কত?

সমাধান:

প্রশ্ন অনুসারে 100mL দ্রবণে H₂SO₄ দ্রবীভূত আছে 0.49g

∴ 1000mL বা 1.0 L দ্রবণে H₂SO₄ দ্রবীভূত আছে 0.49×10 = 4.9g

এখন H₂SO₄ এর তুল্যভর = $\frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ এর আণবিক ভর}}{\text{অপসারণ যোগ্য প্রোটনের সংখ্যা}} = \frac{98}{2} = 49$

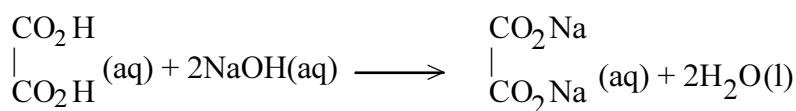
অতএব 4.9 গ্রাম H₂SO₄ = $\frac{4.9}{49} = 0.1$ গ্রাম তুল্য ভর

সুতরাং দ্রবণটির ঘনমাত্রা = 0.1 N

উত্তর: H₂SO₄ দ্রবণটির নরমালিটি 0.1

উদাহরণ-২। 40. mL 0.05 M অক্সালিক এসিডের দ্রবণকে প্রশমন করতে 12.0 mL NaOH দ্রবণ লাগলে NaOH দ্রবণের মোলারিটি কত?

সমাধান: প্রশ্নে প্রদত্ত প্রশমন বিক্রিয়াটির সমতাকৃত সমীকরণ হলো-



অক্সালিক এসিড (1) (সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড-২)

উপরের প্রশমন বিক্রিয়া থেকে আমরা লিখতে পারি-

$$b (M_1 \times V_1) = a (M_2 \times V_2)$$

$$\therefore 2 \times 0.05 \times 40 = 1 \times 12.0 \times M_2$$

$$\therefore M_2 = \frac{2 \times 0.05 \times 40}{12.0} = 0.33$$

উত্তর: NaOH দ্রবণের মোলারিটি = 0.33

এখানে b = NaOH এর সহগ = 2.0

a = অক্সালিক এর সহগ = 1.0

M₁ = অক্সালিক এসিড দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = 0.05

V₁ = অক্সালিক এসিডের আয়তন 40.0 mL

M₂ = NaOH দ্রবণের মোলা ঘনমাত্রা = ?

V₂ = NaOH দ্রবণের আয়তন = 12.0 mL

8.8.৫: মোলালিটি (Molality)

মোলারিটি এককে দ্রাবকের পরিমাণকে 1000 গ্রাম বা কিলোগ্রামে এবং দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণকে মোল সংখ্যায় প্রকাশ করা হয়। সুতরাং এক হাজার গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণের মোলালিটি বলে। মোলালিটিকে 'm' প্রতীক দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

কোন দ্রবণের মোলালিটি (m) = $\frac{\text{দ্রবণের মোল সংখ্যা}}{\text{কিলোগ্রামে দ্রাবকের ভর}}$

যেমন, 5 কেজি পানিতে 2 মোল Na₂CO₃ -কে দ্রবীভূত করে একটি দ্রবণ তৈরি করা হল। সুতরাং ঐ দ্রবণের 1.0

কেজি পানিতে Na₂CO₃ -এর পরিমাণ হল $\frac{2}{5} = 0.4$ মোল। অতএব ঐ দ্রবণে Na₂CO₃ -এর মোলাল ঘনমাত্রা বা মোলালিটি হল 0.4।

এই একককে দ্রাবক এবং দ্রব উভয়ের পরিমাণ যথাক্রমে কিলোগ্রাম এবং গ্রাম মোলে প্রকাশ করা হয় যা তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়।

তাই মোলালিটি এককটি দ্রবণের তাপমাত্রা পরিবর্তনে পরিবর্তিত হয় না।

8.8.৬: শতকরা হার (Percentage Composition)

যে পদ্ধতিতে দ্রবণের অন্তর্গত উপাদানগুলোকে বিশেষ করে দ্রবকে দ্রবণের মোট ভর বা আয়তনের শতকরা অংশ হিসেবে প্রকাশ করা হয়, তাকে শতকরা হার বলে। ভরকে w দ্বারা এবং আয়তনকে v দ্বারা প্রকাশ করে চার ধরনের শতকরা পরিমাণ প্রকাশ করা হয়। শতকরা হারকে '%' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

যেমন-

- (ক) দ্রবের ভরকে দ্রবণের মোট ভরের শতকরা হিসেবে $(w/w)\%$
- (খ) দ্রবের ভরকে দ্রবণের মোট আয়তনের শতকরা হিসেবে $(w/v)\%$
- (গ) দ্রবের আয়তনকে দ্রবের মোট আয়তনের শতকরা হিসেবে $(v/v)\%$
- (ঘ) দ্রবের আয়তনকে দ্রবণের মোট ভরের শতকরা হিসেবে $(v/w)\%$

8.8.৭: প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution):

যে দ্রবণের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকে তাকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। অন্য কথায়, যে দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রব নির্দিষ্ট আয়তন দ্রবণে বা নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে দ্রবীভূত থাকে তাকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। সাধারণত আয়তন মাত্রিক বিশ্লেষণে মোলার দ্রবণ বা দশমাংশ মোলার দ্রবণ প্রমাণ দ্রবণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়?

8.8.৮ প্রশমন (Neutralisation)

যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় সমতুল্য পরিমাণ এসিড ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে এসিড ও ক্ষার উভয়েই তাদের স্ব স্ব ধর্ম সম্পূর্ণভাবে হারিয়ে নিরপেক্ষ লবণ ও পানিতে পরিণত হয় তাকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে।

আয়নিক তত্ত্বানুসারে প্রশমন বিক্রিয়ায় এসিডের হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এবং ক্ষারের হাইড্রক্সাইড আয়ন (OH^-) যুক্ত হয়ে পানি উৎপন্ন হয়। যেমন-



8.8.৯ : নির্দেশক (Indicators)

যে সব (অতি অল্প পরিমাণ) পদার্থ নিজেদের ধর্ম পরিবর্তনের মাধ্যমে আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে রাসায়নিক বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু বা সমাপ্তি বিন্দু নির্দেশ করে এবং বর্ণ পরিবর্তনের দ্বারা কোন দ্রবণের অম্লীয় বা ক্ষারীয় বা নিরপেক্ষ প্রকৃতি নির্দেশ করে তাদেরকে নির্দেশক বলা হয়। উল্লেখ্য যে অধিকাংশ নির্দেশকই জৈব যৌগ। যেমন- লিটমাস, ফেনফথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড ইত্যাদি। নির্দেশক বিভিন্ন ধরনের হয়ে থাকে। যেমন (ক) অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক, (খ) জারণ-বিজারণ নির্দেশক, (গ) শোষণ নির্দেশক ইত্যাদি।

8.8.১০: টাইট্রেশন (Titration)

একটি নির্দিষ্ট আয়তনের কোন পরীক্ষাধীন দ্রবণের সাথে একটি প্রমাণ দ্রবণের মাত্রিক বিক্রিয়া ঘটিয়ে প্রমাণ দ্রবণের তুল্য আয়তন নির্ণয়ের মাধ্যমে পরীক্ষাধীন দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলে।

8.8.১১ দ্রবণের ঘনমাত্রা গণনা (Calculation of the concentration of a solution)

মোলার দ্রবণের 1.0 লিটারে 1.0 মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকে। কাজেই কোন নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে কত গ্রাম দ্রব দ্রবীভূত আছে তা জানা থাকলে ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা যায়। আবার দ্রবণের ঘনমাত্রা জানা থাকলে কোন নির্দিষ্ট আয়তন দ্রবণে কি পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত আছে তাও নির্ণয় করা যায়। মোলারিটি ব্যবহার করে এ ধরনের গণনার নিয়ম এখানে আলোচনা করা হচ্ছে-

আমরা জানি,

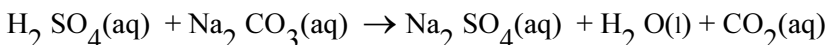
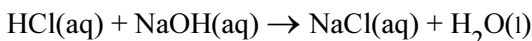
$$\text{মোলারিটি} = \frac{1000 \text{ mL দ্রবণে দ্রবের পরিমাণ (গ্রাম)}}{\text{দ্রবের মোলার ভর}}$$

জ্ঞাত মোলার মাত্রার দ্রবণকে লঘুকরণ করা হলে নিম্নলিখিত সমীকরণটি অনুসৃত হয়।

$$\begin{aligned} \text{মোলারিটি} \times \text{আয়তন} &= \text{মোলারিটি} \times \text{আয়তন} \\ (\text{মূল দ্রবণ}) & \quad (\text{লঘুকৃত দ্রবণ}) \\ \text{বা } M_1 V_1 &= M_2 V_2 \end{aligned}$$

বিভিন্ন ধরনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে মোলারিটিঃ

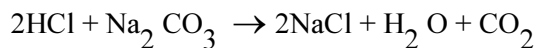
(ক) মনে করি একটি বিক্রিয়ায় 1.0 মোল এসিড 1.0 মোল ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে। যেমন-



1000 mL 1.0M এসিড \equiv 1000 mL 1.0M ক্ষার

$$\text{অতএব, } \frac{\text{এসিডের মোলারিটি} \times \text{আয়তন}}{\text{ক্ষারের মোলারিটি} \times \text{আয়তন}} = \frac{1 \times 1000}{1 \times 1000} = 1$$

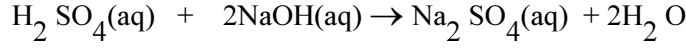
(খ) মনে করি, একটি বিক্রিয়ায় 2.0 মোল এসিড 1.0 মোল ক্ষার বা কার্বনেটের সাথে বিক্রিয়া করে। যেমন-



এখানে 2000 mL M এসিড \equiv 1000 mL M ক্ষার

$$\text{অতএব, } \frac{\text{এসিডের (মোলারিটি} \times \text{আয়তন)}}{\text{ক্ষারের (মোলারিটি} \times \text{আয়তন)}} = \frac{2000}{1000} = \frac{2}{1} = 2$$

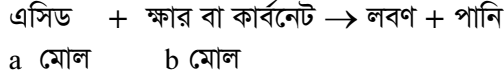
(গ) মনে করি, একটি বিক্রিয়ায় 1.0 মোল এসিড 2.0 মোল ক্ষার বা কার্বনেটের সাথে বিক্রিয়া করে। যেমন-



এখানে 1000cm^3 M এসিড \equiv 2000cm^3 M ক্ষার

$$\text{অতএব, } \frac{\text{এসিডের (মোলারিটি} \times \text{আয়তন)}}{\text{ক্ষারের (মোলারিটি} \times \text{আয়তন)}} = \frac{1000}{2000} = \frac{1}{2}$$

সাধারণভাবে মনে করি একটি বিক্রিয়া যেখানে a মোল এসিড b মোল ক্ষার বা কার্বনেটের সাথে বিক্রিয়া করে।



$$\frac{\text{এসিডের (মোলারিটি} \times \text{আয়তন)}}{\text{ক্ষার বা কার্বনেটের (মোলারিটি} \times \text{আয়তন)}} = \frac{a}{b}$$

$$\frac{M_1 \times V_1}{M_2 \times V_2} = \frac{a}{b} \quad \text{বা} \quad b(M_1 \times V_1) = a(M_2 \times V_2)$$

এখানে M_1 ও V_1 হলো এসিডের মোলারিটি ও আয়তন এবং M_2 ও V_2 হল যথাক্রমে ক্ষার বা কার্বনেটের মোলারিটি ও আয়তন।

৪.৪.১২: গাণিতিক সমাধান

উদাহরণ-১। 250cm^3 0.2 M NaOH দ্রবণ তৈরী করতে কত গ্রাম NaOH এর প্রয়োজন হবে?

সমাধান: 1.0 মোল NaOH = 23+16+1 = 40g

∴ 0.2 মোল NaOH = 8g

250cm^3 = $\frac{1}{4}$ লিটার

∴ প্রয়োজনীয় NaOH = $8 \times \frac{1}{4}$ গ্রাম

= 2 গ্রাম

উত্তর : 250cm^3 0.2M NaOH দ্রবণ তৈরী করতে 2.0 গ্রাম NaOH প্রয়োজন হবে।

উদাহরণ ২। 20% (W/V) $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ দ্রবণের মোলারিটি কত?

সমাধান:

সংজ্ঞানুসারে 20% (W/V) $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ দ্রবণের 100mL দ্রবণ ধারণ করে 20 গ্রাম $\text{Na}_2 \text{CO}_3$

∴ 1000mL দ্রবণ ধারণ করে $\frac{20 \times 1000}{100} = 200$ গ্রাম

$\text{Na}_2 \text{CO}_3$ এর আণবিক ভর = $23.0 \times 2 + 12.0 \times 1 + 16.0 \times 3 = 106$

$$\therefore 200 \text{ গ্রাম } \text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{200}{106} = 1.89 \text{ গ্রাম মোল } \text{Na}_2\text{CO}_3$$

অতএব 20% (W/V) Na_2CO_3 দ্রবণের মোলারিটি 1.89

উত্তর : দ্রবণটির ঘনমাত্রা 1.89M

সারসংক্ষেপ

- আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ট্রাইট্রেশন একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। টাইট্রেশনে বিভিন্ন দ্রবণের মাত্রা বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যেতে পারে। তবে বর্তমানে মোলারিটি এককটি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। অম্ল-ক্ষারক ট্রাইট্রেশনে বিভিন্ন নির্দেশক ব্যবহৃত হয় যেমন লিটমাস, ফেনফথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ প্রভৃতি।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন

- ১। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য কোন একক বর্তমান বিশেষভাবে প্রচলিত।
 (ক) নরমালিটি (খ) মোলারিটি
 (গ) মোলারিটি (ঘ) শতকরা হার।
- ২। মোলার দ্রবণের 1.0 লিটারে কত মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকে?
 (ক) 1 মোল (খ) 2 মোল
 (গ) 4 মোল (ঘ) 5 মোল
- ৩। কোন দ্রবণ দুটির ক্ষেত্রে তাপমাত্রার সাথে ঘনমাত্রা পরিবর্তিত হয়-
 (ক) নরমালিটি ও মোলারিটি (খ) নরমালিটি ও মোল ভগ্নাংশ
 (গ) মোলারিটি ও মোল ভগ্নাংশ (ঘ) নরমালিটি ও মোলারিটি।
- ৪। কোন দ্রবণ দুটির ক্ষেত্রে তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে ঘনমাত্রা পরিবর্তিত হয় না?
 (ক) মোলারিটি ও মোল ভগ্নাংশ (খ) নরমালিটি ও মোলারিটি
 (গ) নরমালিটি ও মোলারিটি (ঘ) মোলারিটি ও মোল-ভগ্নাংশ

রচনামূলক প্রশ্ন :

- ১। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন এককের নাম উল্লেখ করুন।
- ২। মোলারিটি বলতে কি বুঝায়?
- ৩। উদাহরণসহ মোলারিটির ব্যাখ্যা দিন।
- ৪। মোলারিটি ও শতকরা হার ব্যাখ্যা করুন।
- ৫। প্রমাণ দ্রবণ কাকে বলা হয়? প্রমাণ করুন যে, মোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ।
- ৬। টীকা লিখুন : (i) প্রশমন, (ii) ট্রাইট্রেশন ও (iii) মোলারিটি
- ৭। মোলারিটিতে দ্রবণের মাত্রা গণনা ব্যাখ্যা করুন।

গাণিতিক সমস্যা

- ১। 250 cm^3 মোলার সালফিউরিক এসিড দ্রবণে কত গ্রাম ও কত মোল এসিড আছে।
- ২। কিভাবে 100 cm^3 $0.5 \text{ M Na}_2\text{CO}_3$ দ্রবণটিকে সঠিক 0.1 M দ্রবণে পরিণত করা যাবে?
- ৩। 4.9 গ্রাম H_2SO_4 1.0 dm^3 দ্রবণের মধ্যে আছে। এই দ্রবণের H_2SO_4 -কে 10% Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করতে কি পরিমাণ Na_2CO_3 প্রয়োজন হবে?
- ৪। H_2SO_4 দ্রবণের 2 লিটারে 28 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে। ঐ দ্রবণের ঘন মাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ করুন।
- ৫। 5% কষ্টিক সোডা দ্রবণের 40 cm^3 হাইড্রোক্লোরিক এসিডের 50 cm^3 কে পূর্ণ প্রশমিত করে। এসিড দ্রবণের মোলারিটি গণনা করুন।