পরিমাণগত রসায়ন/রাসায়নিক গণনা
Quantitative Chemistry/Chemical Calculations

ইউনিট ৪

ভূমিকা (Introduction)

ভরের নিত্যতা সূত্র মতে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংগঠনের ফলে কোন নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয় না। বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থের অণুস্থিত পরমাণুসমূহের পূর্ণবিন্যাস ঘটে মাত্র। একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংক্ষিপ্ত প্রকাশ হলো রাসায়নিক সমীকরণ। সুতরাং সমতাকৃত রাসায়নিক সমীকরণে বিক্রিয়কের অণুস্থিত মোট পরমাণু সংখ্যা এবং উৎপাদের অণুস্থিত মোট পরমাণু সংখ্যা পরস্পর সমান থাকে। তাই মৌলের পারমাণবিক ভর জেনে কোন সমতাকৃত সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে মাত্রিক সম্পর্ক নির্ণয় করা সম্ভব। রাসায়নিক সমীকরণ ভিত্তিক গণনাকে আমরা দু'ভাগে আলোচনা করতে পারি। যথা- ভর সংক্রান্ত গণনা ও আয়তন সংক্রান্ত গণনা। আবার কোন যৌগের আণবিক সংকেত থেকে শতকরা সংযুক্তি গণনা করা সম্ভব। অজৈব রসায়নের বিক্রিয়াসমূহের এক বিশাল অংশ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া। আধুনিক মতবাদের আলোকে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া মূলত ইলেকট্রনের স্থানান্তর। স্থানান্তরিত ইলেকট্রনের সংখ্যা গণনা করে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতা সাধন করা হয়। এ ছাড়া জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন মূলত পরিমাণগত রসায়নের অংশ বিশেষ। এ ইউনিটে বিভিন্ন প্রকারের রাসায়নিক গণনা ও সংশ্লিষ্ট বিষয়ে আলোচনা করা হলো।

ইউনিট সমাপ্তির সময়	**ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৫ সপ্তাহ**

এই ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ–৪.১ : রাসায়নিক গণনা ও ঘনমাত্রা।

পাঠ–৪.২ : রাসায়নিক সমীকরণ ভিত্তিক গণনা

পাঠ–৪.৩ : যৌগের উপাদানের শতকরা পরিমাণ

পাঠ–৪.৪ : জারণ–বিজারণ

পাঠ–৪.৫ : জারণ–বিজারণের বিভিন্ন মতবাদ

পাঠ–৪.৬ : জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন

পাঠ-৪.১ রাসায়নিক গণনা ও ঘনমাত্রা

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- মোল, মোল সংখ্যা, মোলার ঘনমাত্রা সম্পর্কে বলতে পারবেন।
- অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা ও এর বহুল ব্যবহার আলোচনা করতে পারবেন।
- দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন রীতিসমূহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত লঘু দ্রবণ প্রস্তুত করণের প্রয়োজনীয় গণনা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	মোল, মোলারিটি, অ্যাভোগ্যাড্রোর সাংখ্যা, মোল সংখ্যা, ppm, শতকরা হার

পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় রাসায়নিক গণনার মূল উপজীব্য। কঠিন পদার্থকে ভরের এককে পরিমাপ করা হয়। তরল পদার্থকে ভর এককের পাশাপাশি আয়তন এককেও পরিমাপ করা যায়। সেক্ষেত্রে তাপমাত্রা বিবেচ্য বিষয়। গ্যাসীয় পদার্থকে আয়তন এককে পরিমাপ করা হয়। তাপমাত্রা ও চাপ পরিবর্তনের সাথে গ্যাসের আয়তন উল্লেখ যোগ্যভাবে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন প্রকাশ করতে হলে গ্যাসটির তাপমাত্রা ও চাপ অবশ্যই উল্লেখ করতে হবে। একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ বিভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকতে পারে। বিক্রিয়া সংশ্লিষ্ট পদার্থ কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় যে কোন অবস্থায় থাকুক না কেন, এদের পরিমাণ নিরূপনের পদ্ধতিসমূহ অনুসরণ করতে গেলে কতিপয় গুরুত্বপূর্ণ বিষয়ে সুস্পষ্ট ধারণা থাকা প্রয়োজন। উল্লেখযোগ্য সে সব বিষয়ে নিম্নে আলোচনা করা হলো।

মোল (Mole) : পদার্থের পরিমাণ পরিমাপের অধুনা একক হল মোল। কোন পদার্থের যে পরিমাণের মধ্যে 6.023×10^{23}টি কণা (অণু, পরমাণু, আয়ন, ইলেকট্রন ইত্যাদি) বিদ্যমান থাকে পদার্থটির সে পরিমাণকে মোল বলে। মোলকে গ্রাম-অণু, গ্রাম-পরমাণু, গ্রাম–আয়ন ইত্যাদি বলা হয়। যেমন-

1মোল পানি $= 6.023\times10^{23}$টি পানি অণু $= 18$ গ্রাম

বর্তমানে কালে মোল শব্দটি ব্যাপক অর্থে ব্যবহৃত হয়। যেমন–

1 মোল অণু $= 6.023\times10^{23}$টি অণু

1 মোল পরমাণু $= 6.023\times10^{23}$টি পরমাণু

1 মোল আয়ন $= 6.023\times10^{23}$টি আয়ন

1 মোল ইলেক্ট্রন $= 6.023\times10^{23}$টি ইলেক্ট্রন

1 মোল প্রোটন $= 6.023\times10^{23}$টি প্রোটন

1 মোল গ্যাস $= 6.023\times10^{23}$টি অণু গ্যাস

$=$ STP তে 22.4L গ্যাস

মোল সংখ্যা (Mole number) : সাধারণ অর্থে, কোন বস্তুর ভরকে তার আণবিক ভর দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাকে ঐ নির্দিষ্ট পরিমাণ বস্তুর মোল সংখ্যা বলে।

মোল সংখ্যা, $n = \frac{W}{M}$

এখানে,

W — বস্তুর ভর

M — বস্তুর আনবিক ভর

গ্যাসের মোলার আয়তন (Molar volume of gas) : কোন গ্যাসের প্রতি মোলের আয়তনকে মোলার আয়তন বলে। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে (STP) এক মোল পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন 22.4L।

অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা (Avogadro's number) : 12g কার্বন -12 আইসোটোপে যতটি কার্বন পরমাণু উপস্থিত থাকে, সে সংখ্যাকে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা বলে। এ কে N দ্বারা সূচিত করা হয়। $N = 6.023 \times 10^{23}$। যে কোন পদার্থের 1 মোলে 6.023×10^{23}টি কণা বিদ্যমান। যেমন–

1 মোল কার্বন $= 6.023 \times 10^{23}$টি C পরমাণু
1 মোল পানি (H_2O) $= 6.023 \times 10^{23}$টি H_2O অণু
1 মোল ইলেকট্রন $= 6.023 \times 10^{23}$টি ইলেকট্রন

অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার ব্যবহার (Application of Avogadro's number) : রাসায়নিক গণনায় অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার নিম্নরূপ:

i) নির্দিষ্ট পরিমাণ পদার্থে অণু সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।
ii) কোন পদার্থের একটি অণুর ভর নির্ণয় করা যায়।
iii) নির্দিষ্ট পরিমাণ মৌলিক পদার্থে পরমাণু সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।
iv) মৌলের একটি পরমাণুর ভর নির্ণয় করা যায়।
v) STP তে নির্দিষ্ট আয়তন কোন গ্যাসে অণু সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

মোল ও অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা সংক্রান্ত গণনা

উদাহরণ-১ : 11 g কার্বন ডাইঅক্সাইডে কতটি অণু বিদ্যমান?

সমাধান : কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) এর আণবিক ভর $= 12 + 16 \times 2 = 44$

$\therefore$ 1 মোল $CO_2 = 44$ g
আবার 1 মোল $CO_2 = 6.023 \times 10^{23}$ টি CO_2অণু
অর্থাৎ 44 g$CO_2 = 6.023 \times 10^{23}$ টি CO_2অণু

$\therefore$ 11 g $CO_2 = \frac{6.023 \times 10^{23} \times 11}{44} = 1.506 \times 10^{23}$ টি CO_2 অণু

অতএব 11 g CO_2 এ নির্ণেয় অণু সংখ্যা $= 1.506 \times 10^{23}$টি

উদাহরণ-২ : অক্সিজেনের একটি অণুর ভর কত?

সমাধান : অক্সিজেন, O_2 এর আণবিক ভর $= 32$

$\therefore$ 1 মোল $O_2 = 32$ g
আবার 1 মোল $O_2 = 6.023 \times 10^{23}$ টি O_2অণু
অর্থাৎ 6.023×10^{23} টি O_2 অণুর ভর $= 32$ g

$\therefore$ 1 টি O_2অণুর ভর $= \frac{32}{6.023 \times 10^{23}} = 5.313 \times 10^{-23}$g

অতএব একটি অক্সিজেন অণুর নির্ণেয় ভর $= 5.313 \times 10^{-23}$g

উদাহরণ-৩ : 1.2g কার্বনে পরমাণু সংখ্যা কত ?

সমাধান : কার্বনের পারমাণবিক ভর $= 12$

$\therefore$ 1 মোল কার্বন $= 12$ g
আবার, 1 মোল কার্বন $= 6.023 \times 10^{23}$ টি C পরমাণু

অর্থাৎ, 12 g কার্বন $= 6.023 \times 10^{23}$ টি C পরমাণু

$\therefore$ 1.2 g কার্বন $= \frac{6.023\times10^{23}\times1.2}{12} = 6.023 \times 10^{22}$ টি C পরমাণু

অতএব, 1.2g কার্বনে নির্ণেয় পরমাণু সংখ্যা 6.023×10^{22} টি

উদাহরণ-৪ : STP তে 250 mLN_2 গ্যাসে অণু সংখ্যা কত ?

সমাধান : 250 mL = 0.25 L

1 মোল N_2 গ্যাসে অণু সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$টি

আবার STP তে 1 মোল গ্যাসের আয়তন = 22.4 L

অর্থাৎ STP তে 22.4L N_2 গ্যাসের অণু সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$টি

$\therefore$ STPতে 0.25 L N_2গ্যাসে অণু সংখ্যা $= \frac{6.023\times10^{23}\times0.25}{22.4} = 6.722 \times 10^{21}$ টি

অতএব, STPতে 250 mL N_2 গ্যাসে অণু সংখ্যা $= 6.722 \times 10^{21}$ টি

উদাহরণ-৫ : 27^0C তাপমাত্রায় ও 740 mm চাপে 1 L SO_3 গ্যাসে কতটি অণু থাকে?

সমাধান : আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $n = \frac{PV}{RT}$

$\therefore n = \frac{0.974\times1}{0.082\times300}$

$= 3.959 \times 10^{-2}$

এখানে,

চাপ, P $= 740$ mm $= \frac{740}{760} = 0.974$ atm

আয়তন, V = 1L

তাপমাত্রা, T = 27+273= 300 K

মোলার গ্যাস ধ্রুবক, R = 0.082 L atm $K^{-1}Mol^{-1}$

মোল সংখ্যা, n = ?

আবার, 1 mol SO_3 গ্যাস $= 6.023 \times 10^{23}$ টি অণু

$\therefore 3.959 \times 10^{-2}$ mol SO_3 গ্যাস $= 6.023 \times 10^{23} \times 3.959 \times 10^{-2}$

$= 23.845 \times 10^{21}$টি অণু

অতএব, SO_3 গ্যাসের নির্ণেয় অণু সংখ্যা $= 23.845 \times 10^{21}$ টি

উদাহরণ-৬ : 30^0C তাপমাত্রায় ও 750 mm (Hg) চাপে 100 mL গ্যাসে অণু সংখ্যা কত ?

সমাধান আমরা জানি,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$

এখানে, পরিক্ষণীয় অবস্থায়-

চাপ,P_1 = 750 mm (Hg)

আয়তন, V_1 = 100 mL

তাপমাত্রা, $T_1 = 30 + 273 = 303$ K

$$= \frac{750 \times 100 \times 273}{760 \times 303}$$
$$= 88.91 \text{ mL}$$

প্রমান অবস্থায়-
চাপ, $P_2 = 750$ mm (Hg)
তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K
আয়তন, $V_2 = ?$

পুনরায়, আমরা জানি-

STP তে 22.4 L বা 22400 mL গ্যাসে 6.023×10^{23} টি অণু থাকে

$\therefore$ 88.91 mL গ্যাসে $\frac{6.023 \times 10^{23} \times 88.91}{22400} = 23.907 \times 10^{20}$ টি অণু থাকে

অতএব প্রদত্ত গ্যাসের নির্ণেয় অণু সংখ্যা $= 23.907 \times 10^{20}$ টি।

শিক্ষার্থীর কাজ

১। 12 g SO_2এ কতটি অণু বিদ্যমান ? [উঃ1.129×10^{23}]
২। N_2 গ্যাসের একটি অণুর ভর কত ? [উঃ 4.649×10^{-23} g]
৩। কার্বনের একটি পরমাণুর ভর কত ? [উঃ 1.992×10^{-23} g]
৪। 5 g পানিতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা নির্ণয় করুন।[উঃH $- 3.346 \times 10^{23}$, O $- 1.673 \times 10^{23}$]
৫। প্রমাণ অবস্থায় 10 mL NH_3 গ্যাসের ভর কত ? [উঃ 759×10^{23} g]
৬। STPতে 2 L মিথেন গ্যাসে কতটি অণু আছে ? [উঃ 5.78×10^{22}]

দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের রীতিসমূহ : ঘনমাত্রা বলতে কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রবের পরিমাণকে বুঝায়। ঘনমাত্রা বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা হয়। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন প্রচলিত রীতি রয়েছে। যেমন- (১) মোলারিটি, (২) মোলালিটি, (৩) নরমালিটি, (৪) মোল ভগ্নাংশ (৫) শতকরা হার ইত্যাদি। বর্তমানে মোলারিটির ব্যবহার ব্যাপক হারে বৃদ্ধি পেয়েছে।

মোলার দ্রবণ (Molar solution) : স্থির তাপমাত্রায় কোন দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে সে দ্রবণকে উক্ত দ্রবের মোলার দ্রবণ বলে। যেমন- H_2SO_4 এর 1 মোল = 98g। সুতরাং একটি দ্রবণের 1L আয়তনে 98g H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকলে সে দ্রবণটি H_2SO_4 এর মোলার দ্রবণ। একে 1M H_2SO_4 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মোলারিটি (Molarity) : স্থির তাপমাত্রায় প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণের মোলারিটি বলে। মোলারিটিকে সংক্ষেপে mol L^{-1}বাM দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মনে করি, কোন দ্রবণের আয়তন $= V$L
দ্রবণে দ্রবের ভর $= w_2$ g
দ্রবের আণবিক ভর $= M_2$
$\therefore$ দ্রবের মোল সংখ্যা $= \frac{w_2}{M_2}$
অর্থাৎ VL দ্রবণে দ্রবের মোল সংখ্যা $= \frac{W_2}{M_2}$
$\therefore$ 1L দ্রবণে দ্রবের মোল সংখ্যা $= \frac{W_2}{M_2 x V}$
সংজ্ঞানুসারে, মোলারিটি, $M = \frac{W_2}{M_2 V}$

মোলার ঘনমাত্রা বিষয়ক গণনা

উদাহরণ-১ : 250 mL Na_2CO_3 দ্রবণে 10.6 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির মাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ করুন।
সমাধান : মোলারিটির সংজ্ঞা মতে,

$$M = \frac{W_2}{M_2V}$$

$$\therefore M = \frac{10.6}{106\times0.25} = 0.4$$

অতএব দ্রবণটির নির্ণেয় মাত্রা = 0.4 M

এখানে,

Na_2CO_3 এর ভর, $W_2 = 10.6$ g

Na_2CO_3 এর আণবিক ভর, $M_2 = 106$

দ্রবণের আয়তন = 250mL= 0.25 L

দ্রবণের মোলারটি, M = ?

উদাহরণ-২ : 500 mL ডেসিমোলার H_2SO_4 দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকবে ?
সমাধান : মোলারিটির সংজ্ঞা মতে,

$$M = \frac{W_2}{M_2V}$$

বা, $W_2 = M M_2V$

$\therefore W_2 = 0.1 \times 98 \times 0.5$

$= 4.9$ g

অতএব H_2SO_4 এর নির্ণেয় পরিমাণ = 4.9g

এখানে,

দ্রবণের মোলারিটি, M = 0.1

দ্রবণের আয়তন, V = 500 mL= 0.5 L

H_2SO_4 এর আণবিক ভর, $M_2 = 98$

H_2SO_4 এর ভর, W_2 = ?

শতকরা হার (Percentage) : প্রতি 100 ভাগ দ্রবণে কত ভাগ দ্রব দ্রবীভূত থাকে তার পরিমাণগত প্রকাশকে শতকরা হার বলে। ভরকে ' W ' ও আয়তনকে ' V' দ্বারা প্রকাশ করে তিন প্রকার শতকরা হার ব্যবহৃত হয়। যথা-

1. দ্রবের ভরকে দ্রবণের মোট ভরের শতকরা রূপে% $^{W}/_{W}$
2. দ্রবের ভরকে দ্রবণের মোট আয়তনের শতকরা রূপে % $^{W}/_{V}$
3. দ্রবের আয়তনকে দ্রবণের মোট আয়তনের শতকরারূপে% $^{V}/_{V}$

উদাহরণ ১:% $^{W}/_{W}$দ্রবণ :100 g H_2SO_4 দ্রবণে 10gH_2SO_4 দ্রবীভূত থাকলে উৎপন্ন দ্রবণকে 10% $^{W}/_{W}$ H_2SO_4দ্রবণ বলে।

উদাহরণ ২:%$^{W}/_{V}$ দ্রবণ : 100 mL NaCl দ্রবণে 5g NaCl দ্রবীভূত থাকলে উৎপন্ন দ্রবণকে 5% $^{W}/_{V}$ NaCl দ্রবণ বলে।
উদাহরণ ৩ :%$^{V}/_{V}$ দ্রবণ : 10 mL C_2H_3OH নিয়ে তাকে পানি যোগে 100 mL দ্রবণে পরিণত করলে উৎপন্ন দ্রবণকে 10% $^{V}/_{V}$ C_2H_5OHদ্রবণ বলে।

ppm (Parts per million) একক : যে সমস্ত দ্রবণে দ্রবের পরিমাণ খুবই কম বা প্রকৃতিতে যে সব মৌল Trace elements হিসেবে পরিচিত তাদের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য ppm একক ব্যবহার করা হয়। ppm একক মূলত শতকরা হারের রূপান্তর। প্রতি মিলিয়ন ভাগ দ্রবণে যতভাগ দ্রব উপস্থিত থাকে, তাকেই ppm বলে।

আমরা জানি, 1 million = 10,00000। তাই শতকরা এককে প্রকাশিত দ্রবণকে $\frac{10,00000}{100} = 10,000$ দ্বারা গুণ করলে তা ppm এককে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ শতকরা দ্রবণ $\times$ 10,000 = ppm দ্রবণ।

মোলারিটিকে শতকরা হার ও ppm এককে রূপান্তর সংক্রান্ত গণনা

উদাহরণ-১: 20% Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ করুন।

সমাধান-১ : 20% Na_2CO_3 দ্রবণের অর্থ-

100 mL বা 0.1 L দ্রবণে 20 g Na_2CO_3 বিদ্যমান

মোলারিটির সংজ্ঞানুসারে, এখানে,

$M = \frac{W_2}{M_2V}$ — Na_2CO_3 এর ভর, $W_2 = 20$ g

$M = \frac{20}{106\times0.1}$ — Na_2CO_3আণবিক ভর, $M_2 = 106$

$= 1.886$ — দ্রবণের আয়তন,$V = 0.1$ L

অতএব, দ্রবণটির নির্ণেয় ঘনমাত্রা $= 1.886$ M — মোলারিটি, $M = ?$

উদাহরণ–২ :0.1 M NaOH দ্রবণের মাত্রা শতকরা হার ও ppm এককে প্রকাশ করুন।

সমাধান :100 mL দ্রবণে NaOH এর প্রকৃত পরিমাণই হল শতকরা হারে দ্রবণের মাত্রা।

মোলারিটির সংজ্ঞানুসারে,

$M = \frac{W_2}{M_2V}$ — এখানে,

বা, $W_2 = MM_2V$ — দ্রবণের মোলারিটি, $M = 0.1$ M

$\therefore W_2 = 0.1 \times 40 \times 0.1$ — দ্রবণের আয়তন, $V = 0.1$ L

$= 0.4$ g — NaOH আণবিক ভর, $M_2 = 40$

অতএব, শতকরা হারে দ্রবণের মাত্রা = 0.4% NaOH এর ভর, $W_2 = ?$

আবার, ppm এককে দ্রবণের মাত্রা = শতকরা এককে মাত্রা $\times$ 10,000

$=0.4 \times 10{,}000 = 4{,}000$ ppm

সারণী–৪.১ :পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত কতিপয় মোলার দ্রবণ।

দ্রবণের নাম	সাংকেতিক প্রকাশ
মোলার দ্রবণ	1.0 M
সেমিমোলার দ্রবণ	0.5M
ডেসিমোলার দ্রবণ	0.1M
সেন্টিমোলার দ্রবণ	0.01M

শিক্ষার্থীর কাজ

১। 250 M 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে এর কত গ্রাম প্রয়োজন। [উত্তর: 2.65 g]

২। 0. 1 M NaOH দ্রবণের মাত্রা শতকরা হারে প্রকাশ করুন। [উ ঃ 0.4%]

৩। একটি সোডিয়াম কার্বনেট নমুনায় 98% বিশুদ্ধ Na_2CO_3 আছে। উক্ত নমুনার 250 g পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 100 mL করা হল। দ্রবণটির মোলারিটি কত?[উঃ 0.231]

৪। 0.01 M Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে প্রকাশ করুন। [উঃ 1060ppm]

৫। রক্তে গ্লুকোজের ঘনমাত্রা 0.001 M । ppm এককে এর মান কত হবে? [উঃ 180 ppm]

৬। 5% Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা মোলারিটিতে কত? [উঃ 0.472M]

৭। 500 mL ডেসিমোলার H_2SO_4 দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকে? [উঃ 4.9 g]

দ্রবণের ঘনমাত্রা লঘুকরণ : পরীক্ষাগারে সরবরাহকৃত খনিজ এসিড ও অন্যান্য তরল বিকারকসমূহ উচ্চ ঘনমাত্রা বিশিষ্ট হয়ে থাকে। বিভিন্ন বিশ্লেষণীয় কাজে এ সব ঘন দ্রবণকে লঘু দ্রবণে পরিণত করতে হয়। উচ্চ ঘনমাত্রা বিশিষ্ট কোন দ্রবণে প্রয়োজনীয় পরিমাণ দ্রাবক যোগে লঘু দ্রবণে পরিণত করার প্রক্রিয়াকে লঘুকরণ বলে। কোন দ্রবণকে দ্রাবক যোগে আয়তন বৃদ্ধি করলে তার ঘনমাত্রা হ্রাস অর্থাৎ দ্রবণের ঘনমাত্রা আয়তন পরিবর্তনের সাথে বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণের মোলারটি M ও আয়তন V হলে, গণিতের ভাষায়–

$$M \propto \frac{1}{V}$$

বা, $M V = K$ (ধ্রুবক)----------(1)

বিভিন্ন অবস্থায় দুটি দ্রবণের ক্ষেত্রে সমীকরণ(1) কে নিম্নভাবে লিখা যায়।

$$M_1V_1 = M_2V_2$$----------(2)

এখানে, M_1 ⟶ ১ম অবস্থায় দ্রবণের ঘনমাত্রা

V_1 ⟶ ১ম অবস্থায় দ্রবণের আয়তন

M_2 ⟶ লঘুকৃত দ্রবণের ঘণমাত্রা

V_2 ⟶ লঘুকৃত দ্রবণের আয়তন

দ্রবণের লঘুকরণ সংক্রান্ত গণনা

উদাহরণ-১: 1.28 M H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তনকে পানি দ্বারা 500 mL করা হলে দ্রবণের মাত্রা 0.1 M হবে?

সমাধান :

আমরা জানি, $M_1V_1 = M_2V_2$

বা, $V_1 = \frac{M_2V_2}{M_1}$

$\therefore V_1 = \frac{500\times0.1}{1.28}$

$= 39.06$ mL

অতএব দ্রবণের নির্ণেয় আয়তন $= 39.06$ mL

এখানে,

লঘু দ্রবণের আয়তন, $V_1 = 500$ mL

লঘু দ্রবণের মাত্রা, $M_2 = 0.1$ M

প্রদত্ত দ্রবণের মাত্রা, $M_1 = 1.28$ M

প্রদত্ত দ্রবণের আয়তন, V_1 =?

উদাহরণ-২:100mL 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণ থেকে কত আয়তন ডেসিমোলার Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরী করা যাবে?

সমাধান :

আমরা জানি, $M_1V_1 = M_2V_2$

বা, $V_2 = \frac{M_1V_1}{M_2}$

$\therefore V_2 = \frac{0.5\times100}{0.1} = 500$ mL

অতএব নির্ণেয় দ্রবণের আয়তন $= 500$mL

এখানে,

প্রদত্ত দ্রবণের মাত্রা, $M_1 = 0.5$ M

প্রদত্ত দ্রবণের আয়তন, $V_1 = 100$ mL

নির্ণেয় দ্রবণের মাত্রা, $M_2 = 0.1$ M

নির্ণেয় দ্রবণের আয়তন, V_2 =?

উদাহরণ–৩ : 50 mL 0.15 M H_2SO_4 দ্রবণে কি পরিমাণ পানি মিশালে দ্রবণটির মাত্রা 0.1 M হবে ?

সমাধান: মনে করি, মিশ্রিত পানির আয়তন x mL

আমরা জানি, $M_1V_1 = M_2V_2$

$\therefore 0.15 \times 50 = 0.1 \times (50 + x)$

বা,$50 + x = \frac{0.15\times50}{0.1}$

এখানে,

প্রদত্ত দ্রবণের মাত্রা, $M_1 = 0.15$ mL

প্রদত্ত দ্রবণের আয়তন, $V_1 = 50$ mL

$= 75$

$\therefore x = 75 - 50 = 25$ mL

অতএব নির্ণেয় পানির পরিমাণ $= 25$ mL

মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা, $M_2 = 0.1$ mL

মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন, $V_2 = (50 + x)$ m

উদাহরণ—৪: একটি গবেষণা কাজের জন্য 300 mL আয়তনের 1M HCl এসিড প্রয়োজন। পরীক্ষাগারে একটি বোতলে 6M HCl দ্রবণ আছে। উক্ত বোতলের এসিডের সাথে কি পরিমাণ পানি মিশালে গবেষণা কাজটি করা যাবে?

সমাধান :আমরা জানি, $M_1V_1 = M_2V_2$

বা, $V_2 = \frac{M_1V_1}{M_2}$

$\therefore V_2 = \frac{1\times300}{6}$

$= 50$mL

অতএব নির্ণেয় পানির পরিমাণ $= (V_1 - V_2)$

$= 300-50 = 250$mL

এখানে,

প্রয়োজনীয় এসিড দ্রবণের মাত্রা, $M_1 = 1$ M

প্রয়োজনীয় এসিড দ্রবণের আয়তন, $V_1 = 300$ mL

বোতলের এসিডের মাত্রা, $M_2 = 6$ M

বোতলের এসিডের আয়তন, $V_2 = ?$

উদাহরন-৫: 20 mL সেমিমোলার HCl দ্রবণ, 15 mL মোলার H_2SO_4দ্রবণ এবং 60 mL ডেসিমোলার HNO_3 দ্রবণ একত্রে মিশ্রিত করা হল। মিশ্রিত এসিড দ্রবণের মাত্রা কত হবে ?

সমাধান :

20 mL 0.5 M HCl দ্রবণ≡ 10 mL 1 M H^+দ্রবণ

15 mL 1.0 M H_2SO_4দ্রবণ≡ 30 mL 1 M H^+দ্রবণ

60 mL 0.1 M HNO_3দ্রবণ≡ 6 mL 1 M H^+দ্রবণ

---

95 mL মিশ্রিত এসিড দ্রবণ ≡ 46 mL 1 M H^+ দ্রবণ

দুটি তূল্য দ্রবণের ক্ষেত্রে, $M_1V_1 = M_2V_2$

বা, $M_1 = \frac{M_2V_2}{V_1}$

এখানে, মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃত আয়তন, $V_1 = 95$ mL

মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃত মাত্রা, $M_1 = ?$

তূল্য দ্রবণের আয়তন, $V_2 = 46$ mL

তূল্য দ্রবণের মাত্রা, $M_2 = 1$ M

$\therefore M_2 = \frac{1\times46}{95} = 0.484$ M

অতএব এসিডের নির্ণেয় মাত্রা $= 0.484$ M

শিক্ষার্থীর কাজ

১। 200 mL 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণ থেকে কত আয়তন ডেসিমোলার Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করা যাবে। [উঃ 1L]

২। 1.5 M ঘনমাত্রার 250 mL HCl দ্রবণ প্রস্তুত করতে 12 M HCl দ্রবণের কত mL প্রয়োজন। [উঃ 31.25 mL]

৩। 100 mL পানিতে 1.6 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হলো। ঐ দ্রবণকে কিভাবে ডেসিমোলার দ্রবণে পরিণত করা যাবে? [উঃ 50 mLপানি যোগে]

৪। একটি এসিডের আণবিক ভর 63। ঐ এসিডের 1.89 g পরিমাণকে 200 mL পানিতে দ্রবীভূত করা হলো। এ দ্রবণে আরো কী পরিমাণ পানি মিশ্রিত করলে তা ডেসিমোলার দ্রবণে পরিণত হবে ?[উঃ 20 mL]

৫। 40 mL 0.5 M H_2SO_4 দ্রবণ ;35 mL 02 M H_2SO_4 দ্রবণ এবং 10 mL1 M H_2SO_4 দ্রবণকে একত্রে মিশ্রিত করে একটি পরিমাপক ফ্লাস্কে পানি যোগে 250 mL করা হল। মিশ্রিত এসিড দ্রবণের মাত্রা কত? [উঃ 0.4 M]

সার-সংক্ষেপ :

মোল :কোন পদার্থের যে পরিমাণের মধ্যে 6.023×10^{23} টি অণু, পরমাণু বা আয়ন বিদ্যমান থাকে পদার্থের সেই পরিমাণকে মোল বলে। যেমন-
1 মোল পানি $= 6.023 \times 10^{23}$ টি পানি অণু $=18$ গ্রাম।

অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা : $C-12$ আইসোটোপের 12 g পরিমাণে যতটি কার্বন পরমাণু উপস্থিত থাকে, সে সংখ্যাকে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা বলে। অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা, $N = 6.023 \times 10^{23}$

মোলার আয়তন : এক মোল পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তনকে মোলার আয়তন বলে। STP- তে আয়তন 22.4L

মোলারিটি : স্থির তাপমাত্রায় প্রতি লিটার কোন দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের মোল সংখ্যা হলো ঐ দ্রবণের মোলারিটি। একে সংক্ষেপে $\text{mol } L^{-1}$ বা M দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

শতকরা হার : প্রতি 100 ভাগ দ্রবণে কত ভাগ দ্রব দ্রবীভূত থাকে তার পরিমাণগত প্রকাশকে শতকরা হার বলে।

ppm : প্রতি মিলিয়ন ভাগ দ্রবণে যত ভাগ দ্রব উপস্থিত থাকে, তাকে ppm বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। 6.023×10^{23} টি H_2Oঅণুর ভর কত ?

(ক) 9 g (খ)22.4 g (গ)39 g (ঘ) 18 g

২। অ্যাভোগ্যাড্রোর সংখ্যা ব্যবহার করে কোন্‌টি সম্ভব নয় ?

(ক) কোন পদার্থের একটি অণুর ভর নির্ণয় (খ) মৌলের পারমাণবিক ভর নির্ণয়

(গ) নির্দিষ্ট পরিমাণ পদার্থে অণু সংখ্যা নির্ণয় (ঘ) STPএ নির্দিষ্ট আয়তন কোন গ্যাসের অণু সংখ্যা নির্ণয়

৩। নিচের কোনটি দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক নয় ?

(ক) মোল ভগ্নাংশ (খ) শতকরা হার (গ) পিপিএম (ঘ) মোলার আয়তন

৪। নিচের কোন্‌টি প্রমাণ দ্রবণনয় ?

(ক) 180ppm দ্রবণ (খ) 5% গ্লুকোজ দ্রবণ (গ) লঘু H_2SO_4দ্রবণ (ঘ) ডেসিমোলার দ্রবণ

পাঠ-৪.২ রাসায়নিক সমীকরণ ভিত্তিক গণনা

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- সমতাকৃত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ ও বিক্রিয়কের মধ্যে পরিমাণগত সম্পর্ক বর্ণনা করতে পারবেন।
- রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভর সংক্রান্ত গণনা করতে পারবেন।
- বিক্রিয়কের পরিমাণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন ও মোল সংখ্যা গণনা করতে পাবেন।

মুখ্য শব্দ	গ্রাম আণবিক ভর, গ্রাম পারমাণবিক ভর, গ্যাসের মোলার আয়তন, STP, অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্র

একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যা ঘটে, তা বিক্রিয়া সংশ্লিষ্ট পদার্থসমূহের প্রতীক ও সংকেত এবং কতিপয় সাংকেতিক চিহ্নের সাহায্যে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়। এভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষিপ্তভাবে প্রকাশ করাকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। যে কোন সমতাকৃত রাসায়নিক সমীকরণ হতে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভর ও আয়তন নির্ণয় করা যায়। বিক্রিয়কের পরিমাণ জেনে উৎপাদের পরিমাণ নির্ণয় করাকে মাত্রামিতি (Stoichiometry) বলে। মাত্রামিতির বাস্তব প্রয়োগে প্রয়োজনীয় কতিপয় বিষয়ে নিম্নে আলোচনা করা হলো।

গ্রাম আণবিক ভর বা গ্রাম অণু বা মোল (Mole) : মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক ভরকে গ্রাম এককে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ ভর পাওয়া যায়, পদার্থের সে পরিমাণকে গ্রাম আণবিক ভর বা গ্রাম অণু বলে। যেমন, পানির আণবিক ভর 18। সুতরাং এক গ্রাম অণু পানি = 18 g।

গ্রাম পারমাণবিক ভর বা গ্রাম পরমাণু (Gram-Atomic Mass) : কোন মৌলের পারমাণবিক ভরকে গ্রাম এককে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ ভর পাওয়া যায়, পদার্থের সে পরিমাণকে গ্রাম পারমাণবিক ভর বা গ্রাম পরমাণু বলে। যেমন- কার্বনের পারমাণবিক ভর 12। সুতরাং এক গ্রাম পরমাণু কার্বন = 12 g।

STP : STP এর পূর্ণ রূপ হলো Standard Temperature and Pressure । STP দ্বারা মূলত তাপমাত্রা ও চাপের নির্দিষ্ট মাণ প্রকাশ করা হয়। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা (T) = 0^0C বা 273^0K এবং চাপ (P) = 76 cm বা 760mm বা 101.325 kPa = 1 atm।

অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র (Avogadro's Law) : ইতালীয় বিজ্ঞানী অ্যামাদিও অ্যাভোগ্যাড্রো (Amadeo Avogadro) ১৮১২ খ্রিস্টাব্দে গ্যাসের আয়তন ও অণু সর্ম্পকীয় একটি সূত্র প্রস্তাব করেন। সূত্রটির বিবৃতি নিম্নরূপ: "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সমআয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে।" এই সূত্র থেকে পরীক্ষার সাহায্যে সহজেই প্রমাণিত যে, স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান এবং তা STP তে 22.4 L।

সুতরাং অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র মতে,

V &n (যখন, তাপমাত্রা ও চাপ স্থির) এখানে, V-গ্যাসের আয়তন
n-গ্যাসের মোল সংখ্যা

রাসায়নিক সমীকরণ ভিত্তিক গণনাকে প্রধানত দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

ক) ভর সংক্রান্ত গণনা
খ) আয়তন সংক্রান্ত গণনা

রাসায়নিক সমীকরণ ভিত্তিক ভর সংক্রান্ত গণনা

উদাহরণ-১ : 5 g কার্বনকে বায়ুতে সম্পূর্ণরূপে দহন করলে উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইডের ভর কত ?

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো-

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$12 \qquad 12+16\times 2 = 44$$

সমীকরণ মতে,

12 g কার্বন দহনে উৎপন্ন হয় 44 g CO_2

∴ 5 g কার্বন দহনে উৎপন্ন হয় $\frac{44\times 5}{12} = 18.33$ g CO_2

অতএব নির্ণেয় কার্বন ডাইঅক্সাইডের ভর = 18.33 g

উদাহরণ-২: 25 g ক্যালসিয়াম কার্বনেটকেউচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কত ভরের চুন পাওয়া যাবে?

সমাধান : ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) হতে চুন (CaO) উৎপাদনের সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$40 + 12 + 16 \times 3 = 100$ $\qquad$ $40+16 = 56$

সমীকরণ মতে,

100 g $CaCO_3$ হতে পাওয়া যায় 56 g CaO

∴ 25 g $CaCO_3$ হতে পাওয়া যায় $\frac{56\times 25}{100} = 14$ g CaO

অতএব নির্ণেয় চুণের পরিমাণ = 14 g CaO

উদাহরণ-৩:10 g বিশুদ্ধ জিংক অক্সাইড হতে কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে কি পরিমাণ বিশুদ্ধ জিংক পাওয়া যাবে ?

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো :

$$ZnO + C \longrightarrow Zn + CO$$

$65.4 + 16 = 81.4$ $\qquad$ 65.4

সমীকরণ মতে,

81.4 g ZnO হতে পাওয়া যায় 65.4 g Zn

∴ 10 g ZnO হতে পাওয়া যায় $\frac{65.4\times 10}{81.4} = 8.03$ g Zn

অতএব নির্ণেয় বিশুদ্ধ জিংকের পরিমাণ = 8.03 g

উদাহরণ–৪ : 95% বিশুদ্ধ 150 g চুনাপাথরকে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করলে কি পরিমাণ চুন পাওয়া যাবে ?

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, চুনাপাথরের বিশুদ্ধতা 95%

অর্থাৎ 100 g চুনাপাথরে বিদ্যমান $CaCO_3 = 95$ g

∴150 g চুনাপাথরের বিদ্যমান $CaCO_3 = \frac{95\times 150}{100} = 142.5$ g

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো :

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$40+12+16\times3$ $\quad$ $40+16$

$= 100$ $\quad$ $= 56$

সমীকরণ মতে,

100 g $CaCO_3$ হতে পাওয়া যায় 56 g CaO

$\therefore$142.5 g $CaCO_3$ হতে পাওয়া যায় $= \frac{56\times142.5}{100} = 79.8$ g CaO

অতএব নির্ণেয় চুনের পরিমাণ $= 79.8$ g

উদাহরণ—৫ :10 g পটাসিয়াম ক্লোরেট হতে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সে পরিমাণ অক্সিজেন পেতে কত গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইডের বিয়োজন প্রয়োজন ?

সমাধান :

$$2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$$

$2\,(39 + 35.5 + 16 \times 3)$ $\quad$ $3\,(16 \times 2)$

$= 245$ $\quad$ $= 96$

সমীকরণ মতে,

245 g $KClO_3$ হতে প্রস্তুত হয় $= 96$ g O_2

$\therefore$ 10 g $KClO_3$ হতে প্রস্তুত হয় $= \frac{96\times10}{245} = 3.92$ g O_2

মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) হতে অক্সিজেন প্রস্তুতির সমীকরণ হলো ঃ

$$2\,HgO \longrightarrow 2\,Hg + O_2$$

$2\,(200.5 + 16)$ $\quad$ 16×2

$= 433$ $\quad$ $= 32$

সমীকরণ মতে,

32 g O_2 প্রস্তুতিতে প্রয়োজন $= 433$ g HgO

$\therefore$ 3.92 g O_2 প্রস্তুতিতে প্রয়োজন $= \frac{433\times3.92}{32} = 53.04$ g HgO

অতএব নির্ণেয় HgO এর পরিমাণ $= 53.04$ g

উদাহরণ—৬ :6 g H_2 ও 40 g O_2হতে কত গ্রাম পানি পাওয়া যাবে ?

সমাধান : H_2ও O_2 হতে পানি প্রস্তুতির সমীকরণ হলো-

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

$2(1 \times 2)$ $\quad$ 16×2 $\quad$ $2(1 \times 2 + 16)$

$= 4$ $\quad$ $= 32$ $\quad$ $= 36$

সমীকরণ মতে,

4 g H_2 এর জন্য প্রয়োজন $= 32$ g O_2

$\therefore$ $\quad$ 6 g H_2 এর জন্য প্রয়োজন $= \frac{32\times6}{4} = 48$ g O_2

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, পানি উৎপাদনের জন্য আনুপাতিকভাবে H_2 এর তুলনায় O_2 এর পরিমাণ কম দেওয়া আছে। উৎপন্ন পানির পরিমাণ O_2 এর পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। কাজেই O_2 এর পরিমাণকে ভিত্তি করে পানির পরিমাণ হিসাব করতে হবে।

পুনরায়, সমীকরণ মতে,

$32\ g\ \ O_2$ হতে উৎপন্ন হয়= $36\ g$ পানি

$\therefore$ $40\ g\ \ O_2$ হতে উৎপন্ন হয় $= \frac{36\times40}{32} = 45\ g$ পানি

অতএব নির্ণেয় পানির পরিমাণ $= 45\ g$

উদাহরণ—৭ :2.1 g বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করলে 1 g ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক ভর নির্ণয় কর।

সমাধান :

মনে করি Mgএর পারমাণবিক ভর a। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো-

$$MgCO_3 \longrightarrow MgO + CO_2$$

$a + 12 + 16 \times 3$ $\qquad$ $a + 16$

$= (a + 60)$ $\qquad$ $= (a + 16)$

সমীকরণ মতে,

$(a + 60)\ g\ \ MgCO_3$ হতে পাওয়া যায় $(a + 16)\ g\ MgO$

$\therefore 2.1\ g MgCO_3$ হতে পাওয়া যায় $\frac{(a+16)\times2.1}{(a+60)}\ g MgO$

প্রশ্নানুসারে,

$$\frac{(a + 16) \times 2.1}{a + 60} = 1$$

বা, $(a + 16) \times 2.1 = a + 60$

বা, $2.1\,a - a = 60 - 33.6$

বা, $1.1\,a = 26.4$

$\therefore a = \frac{26.4}{1.1} = 24$

অতএব Mg এর নির্ণেয় পারমাণবিক ভর $= 24$

উদাহরণ—৮ : পাতলা HCl এসিডের সাথে Fe এর বিক্রিয়ায়29^0C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপের 20 L হাইড্রোজেন প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ Fe প্রয়োজন ? [Fe এর পারমাণবিক ভর 56]

সমাধান : আমরা জানি, $\qquad$ এখানে,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ $\qquad$ **পরীক্ষনীয় অবস্থায়** $\qquad$ **প্রমাণ অবস্থায়**

বা $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$ $\qquad$ চাপ, $P_1 = 1$ atm $\qquad$ চাপ, $P_2 = 1$ atm

$= \frac{1\times20\times273}{1\times302}$ তাপমাত্রা, $T_2 = 29 + 273$ তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K

$= 18.08$ L $= 302$ K আয়তন, $V_2 = ?$

আয়তন, $V_1 = 20$ L

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো :

$Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2$

56 g 2 g = 22.4 L (STP তে)

সমীকরণ মতে,

22.4 L H_2 প্রস্তুতিতে প্রয়োজন =56 g Fe

∴ 18.08 L প্রস্তুতিতে প্রয়োজন $= \frac{56\times18.08}{22.4} = 45.2$ g Fe

অতএব নির্ণেয় আয়রণের পরিমাণ = 45.2 g Fe

উদাহরণ—৯: চুনাপাথরের একটি নমুনায় 98% $CaCO_3$ আছে। 30^0C তাপমাত্রায় এবং 780 mm চাপে 40 L CO_2 গ্যাস প্রস্তুত করতে কত গ্রাম চুনাপাথর প্রয়োজন ?

সমাধান :

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$\therefore V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$

$= \frac{780\times40\times273}{760\times303}$

$= 36.99$ L

এখানে,

পরীক্ষনীয় অবস্থায়- প্রমাণ অবস্থায়-

চাপ, $P_1 = 780$ mm চাপ, $P_2 = 760$ mm

তাপমাত্রা, $T_1 = 30 + 273$ তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K

$= 303$ K আয়তন, $V_2 = ?$

আয়তন, $V_1 = 40$ L

$CaCO_3$ বিয়োজনের সমীকরণ হলো-

$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$

$40 + 12\times16\times3$ $12 + 16\times2$

$= 100$ g $= 44$ g $= 22.4$ L (STPতে)

সমীকরণ মতে,

22.4L CO_2 উৎপাদনে প্রয়োজন $= 100$ g $CaCO_3$

∴ 36.99 L CO_2 উৎপাদনে প্রয়োজন$= \frac{100\times36.99}{22.4}$ g $= 165.134$ g $CaCO_3$

দেওয়া আছে, চুনাপাথরে 98% $CaCO_3$ থাকে।

অর্থাৎ, 98 g $CaCO_3$ থাকে 100 g চুনাপাথরে

∴ 165.134 g $CaCO_3$ থাকে $\frac{100\times165.134}{98} = 168.5$ g চুনাপাথরে

অতএব, চুনাপাথরের নির্ণেয় পরিমাণ = 168.5 g

রাসায়নিক সমীকরণ ভিত্তিক আয়তন সংক্রান্ত গণনা

উদাহরণ—১ : 1.86 g কার্বনকে বাতাসে সম্পূর্ণ দহন করলে যে পরিমাণ কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে তার আয়তন কত লিটার হবে?

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো-

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$
$$12\ g \qquad 12 + 16 \times 2$$
$$= 44\ g = 22.4\ L\ (\text{STP তে})$$

সমীকরণ মতে, 12 g C হতে উৎপন্ন হয় $= 22.4\ L\ CO_2$

$\therefore$ 1.86 g হতে উৎপন্ন হয় $= \frac{22.4 \times 1.86}{12} = 3.47\ L\ CO_2$

অতএব CO_2 গ্যাসের নির্ণেয় আয়তন $= 3.47\ L$

উদাহরণ—২: একটি চুনাপাথরের নমুনায় 95% $CaCO_3$ আছে। উক্ত নমুনার 200 g কে উত্তপ্ত করে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করলে উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় কত হবে ?

সমাধান : 95% $CaCO_3$ বিশিষ্ট চুনাপাথরের -

100 g এ $CaCO_3$ থাকে $= 95$ g

$\therefore$ 200 g এ $CaCO_3$ থাকে $= \frac{95 \times 200}{100} = 190$g

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো ঃ

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$
$$100\ g \qquad 44\ g = 22.4\ L\ (\text{STP তে})$$

সমীকরণ মতে,

100 g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় $= 22.4\ L\ CO_2$

$\therefore$ 190 g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় $= \frac{22.4 \times 190}{100} = 42.56\ L\ CO_2$

অতএব নির্ণেয় CO_2 এর আয়তন $= 42.56$

উদাহরণ—৩ : চুনাপাথরে 98% $CaCO_3$ আছে। 30^0C তাপমাত্রায় ও 780 mm চাপে 40 L CO_2 গ্যাস প্রস্তুত করতে কত গ্রাম চুনাপাথর প্রয়োজন হবে ?

সমাধান : মনে করি 30^0C তাপমাত্রায় ও 780 mm চাপে 40 L CO_2 গ্যাস V_2 লিটার আয়তন দখল করে। বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় হতে,

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

বা, $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$

$= \frac{780 \times 40 \times 273}{760 \times 303}$

$= 36.99$ L

এখানে,

পরীক্ষণীয় অবস্থায়	প্রমাণ অবস্থায়-
চাপ, $P_1 = 780$ mm	চাপ, $P_2 = 760$ mm
আয়তন, $V_1 = 40$ L	তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K
তাপমাত্রা, $T_1 = 30 + 273 = 303$ K	আয়তন, $V_2 = ?$

$CaCO_3$হতে CO_2 প্রস্তুতির বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো ঃ

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

$40 + 12 + 16 \times 3$ $\quad$ $12 + 16 \times 2$

100 g $\quad$ 44 g = 22.4 L (STP তে)

সমীকরণ মতে, 100 g $CaCO_3$ হতে পাওয়া যায় =22.4 L CO_2 (STPতে)

অর্থাৎ 22.4 L CO_2 প্রস্তুতিতে প্রয়োজন = 100 g $CaCO_3$

∴ 36.99 L CO_2 প্রস্তুতিতে প্রয়োজন=$\frac{100 \times 36.99}{22.4}$ = 165.13 g $CaCO_3$

দেওয়া আছে,চুনাপাথরে98%$CaCO_3$ আছে।

অর্থাৎ, 98 g $CaCO_3$ আছে=100 g চুনাপাথরে

∴ 165.13 g $CaCO_3$আছে =$\frac{100 \times 165.13}{98}$ = 168.50 g চুনাপাথরে

অতএব, চুনাপাথরের নির্ণেয় পরিমাণ = 168.50 g

উদাহরণ—৪ : চুনাপাথরে 95%$CaCO_3$ আছে। লঘু HClএসিডে 160 g চুনাপাথর দ্রবীভুত করে STP –তে কত লিটার CO_2 পাওয়া যাবে ?

সমাধান : দেওয়া আছে, চুনাপার্থরের বিশুদ্ধতা 95%

অর্থাৎ, 100 g চুনাপাথরে $CaCO_3$ থাকে =95 g

∴ 160 g চুনাপাথরে $CaCO_3$ থাকে =$\frac{95 \times 160}{100}$ = 152 g

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো ঃ

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$40 + 12 + 16 \times 3$ $\quad$ $12 + 16 \times 2$

= 100 g $\quad$ = 44 g = 22.4 L (STPতে)

সমীকরণ মতে, 100 g $CaCO_3$ থেকে পাওয়া যায় = 22.4 L CO_2

∴ 152 g $CaCO_3$ থেকে পাওয়া যায় = $\frac{22.4 \times 152}{100}$ = 34.05 L

অতএব নির্ণেয় CO_2 এর নির্ণেয় আয়তন = 34.05 L

উদাহরণ—৫ : চুনাপাথরে 6.25 g চুনাপাথরের সাথে HCl এর বিক্রিয়া দ্বারা 37^0C তাপমাত্রায় ও 750 mm চাপে 1.265 L CO_2 গ্যাস পাওয়া গেল। ঐ চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ কত ?

সমাধান :মনে করি 37^0C তাপমাত্রায় ও 750 mm চাপে 1.265 L CO_2 গ্যাসের আয়তন STP –তেV_2 L বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় হতে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1}$

$$= \frac{750 \times 1.265 \times 273}{760 \times 310}$$

$$= 1.099 \text{ L}$$

এখানে,

পরীক্ষনীয় অবস্থায়-	প্রমাণ অবস্থায়-
চাপ, $P_1 = 750$ mm	চাপ, $P_2 = 760$ mm
আয়তন, $V_1 = 1.265$ L	তাপমাত্রা, $T_2 = 273$ K
তাপমাত্রা, $T_1 = 37 + 273$	আয়তন, $V_2 = ?$
$= 310$ K	

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো ঃ

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$40 + 12 + 16 \times 3 = 100$ g ; $12 + 16 \times 2 = 44$ g $= 22.4$ L (STP তে)

সমীকরণ মতে,

22.4 L CO_2 গ্যাস পাওয়া যায় $= 100$ g $CaCO_3$থেকে

1.099 L CO_2 গ্যাস পাওয়া যায় $= \frac{100 \times 1.099}{22.4} CaCO_3$ থেকে

$= 4.906$ g $CaCO_3$থেকে

আবার, 6.25 g চুনাপাথরে থাকে =4.906 g $CaCO_3$

$\therefore$ 100 g চুনাপাথরে আছে $= \frac{4.906 \times 100}{6.25} = 78.5$ g$CaCO_3$

অতএব, চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ এর পরিমাণ = 78.5%

শিক্ষার্থীর কাজ

১। 10 g অক্সিজেন নির্গত করতে কত গ্রাম $KClO_3$ কে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন ?[K = 39 O = 16 Cl = 35.5] [উঃ 25.52 g]

২। 0.5 g কার্বন দ্বারা কপার (II) অক্সাইডকে বিজারিত করে কি পরিমাণ কপার উৎপন্ন হয়। [$Cu = 63.5$] (উঃ 2.646 g)

৩। একটি চুনাপাথরের নমুনার 200g কে তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করলে106.4g চুন পাওয়া যায়। চুনাপাথরে $CaCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ কত ? [উঃ 95%]

৪। 2.02 g ক্যালসিয়াম এবং 2.02 g হাইড্রোজেনের একটি মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে কি পরিমাণ ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন হবে ?[Ca = 40, H = 1.01][উ ঃ 2.122 g]

৫। 20 g ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করে প্রাপ্ত কার্বন ডাইঅক্সাইড দ্বারা কি পরিমাণ কস্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা যাবে ? [উঃ16 g]

৬। লৌহ ও লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় 27^0C তাপমাত্রায় ও 740 mm চাপে 50 LH_2 গ্যাস প্রস্তুতিতে কি পরিমাণ লৌহের প্রয়োজন হবে ?[Fe = 56] [উ ঃ 110.76 g]

৭। আয়রণের একটি আকরিকের মধ্যে 30% Fe_2O_3 আছে। কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে ঐ আকরিকের 500 kg থেকে কি পরিমাণ আয়রণ উৎপাদন করা যাবে ?[উঃ105 kg]

৮। 10 g $KClO_3$ কে তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত করলে উৎপন্নO_2গ্যাসের আয়তন প্রমান তাপমাত্রায় ও চাপে কত লিটার হবে।? [উঃ27.428 L]

৯। চুনাপাথরের একটি নমুনায় 98% $CaCO_3$আছে। 168.5 g উক্ত চুনাপাথর থেকে 30^0C তাপমাত্রায় এবং 780 mm চাপে কত আয়তন CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? [উঃ 40 L]

১০। 200 g $KClO_3$ থেকে উৎপন্ন O_2 গ্যাসের আয়তন 27^0C তাপমাত্রায় ও 1.5 atm চাপে কত লিটার হবে? [উঃ 40.19 L]

সার-সংক্ষেপ :

গ্রাম-আণবিক ভর : মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের গ্রাম এককে প্রকাশিত আণবিক ভরকে গ্রাম আণবিক ভর বা গ্রাম অণু বলে। যেমন- CO_2 এর আণবিক ভর 44 । অতএব, CO_2 এর গ্রাম আণবিক ভর 44 g.

গ্রাম-পারমাণবিক ভর : কোন মৌলের গ্রাম এককে প্রকাশিত পারমাণবিক ভরকে গ্রাম পারমাণবিক ভর বা গ্রাম পরমাণু বলে। যেমন- Cএর পারমাণবিক ভর 12। অতএব, C এর গ্রাম পারমাণবিক ভর = 12 g.

মাত্রামিতি : কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমতাকৃত সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ভর নির্ণয় প্রক্রিয়াকে মাত্রামিতি বলে।

রাসায়নিক সমীকরণ : রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংক্ষিপ্ত প্রকাশই হলো রাসায়নিক সমীকরণ।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। সমতাকৃত রাসায়নিক সমীকরণের ক্ষেত্রে কোনটি প্রয়োজ্য নয় ?

(ক)বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যার অনুপাত জানা যায়। (খ) উৎপাদের ভর নির্ণয় করা যায়।
(গ) বিক্রিয়কের পরিচয় জানা যায়। (ঘ) বিক্রিয়া সংঘটনের শর্ত জানা যায়।

২। 95%বিশুদ্ধ চুনাপাথরের 10 gপরিমাণে ক্যালসিয়ামের পরিমাণ হলো-

(ক) 3.8 g (খ) 2.5 g (গ) 1.14 g (ঘ) 3.5 g

৩। 6 gH_2 ও 6 gO_2 এর মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটনের পর কোন বিক্রিয়কটি অবশিষ্ট থাকবে ?

(ক) H_2 (খ) O_2 (গ) H_2O (ঘ) কোনটিই না

৪। 0^0C তাপমাত্রায় ও 1 atmচাপে 4 gH_2গ্যাসের আয়তন কত ?

(ক) 22.4 L (খ) 4 L (গ) 2 L (ঘ) 44.8 L

পাঠ-৪.৩ যৌগের উপাদানের শতকরা পরিমাণ

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- কোন যৌগের উপাদান মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করতে পারবেন।
- যৌগের শতকরা পরিমাণ থেকে সংশ্লিষ্ট যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নির্ণয় করতে পারবেন।
- স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য নিরূপন করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	শতকরা সংযুক্তি, স্থূল সংকেত, আণবিক সংকেত, বাষ্প ঘনত্ব

যৌগের শতকরা সংযুক্তি (Percentage composition of compound)

কোন যৌগের 100 ভাগ ভরে তার উপাদান মৌলসমূহের প্রত্যেকের কত ভাগ ভর বিদ্যমান তার প্রকাশকে ঐ যৌগের শতকরা সংযুক্তি বলে। যৌগে কোন মৌলের শতকরা পরিমাণ

$$= \frac{\text{পরমাণু সংখ্যা} \times \text{মৌলের পারমাণবিক ভর}}{\text{যৌগটির আণবিক ভর}} \times 100$$

$$= \frac{\text{মৌলটির মোট ভর}}{\text{যৌগটির আণবিক ভর}} \times 100$$

যেমন, মিথেন (CH_4) এর আণবিক ভর 16 এবং এর শতকরা সংযুক্তি নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা হয়।
মিথেন যৌগে-

$$\text{C এর শতকরা পরিমাণ} = \frac{1\times12\times100}{16} = 75$$

$$\text{H এর শতকরা পরিমাণ} = \frac{4\times1\times100}{16} = 25$$

অতএব মিথেনের শতকরা সংযুক্তি ঃ C =75% এবং H = 25%

উদাহরণ : নাইট্রিক এসিডের শতকরা সংযুক্তি নির্ণয় করুন।
সমাধান :

নাইট্রিক এসিডের আণবিক সংকেত HNO_3

নাইট্রিক এসিডের আণবিক ভর = $1 + 14 + 16 \times 3 = 63$

$$HNO_3 \text{ –এ, H এর শতকরা পরিমাণ} = \frac{1\times1\times100}{63} = 1.587$$

$$HNO_3 \text{ –এ, N এর শতকরা পরিমাণ} = \frac{1\times14\times100}{63} = 22.22$$

HNO_3 –এ,O এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{3\times16\times100}{63} = 76.190$

অতএব নাইট্রিক এসিডের শতকরা সংযুক্তি ঃ H = 1.587 % ; N = 22.22 % ; O = 76.19 %

স্থূল সংকেত (Empirical formula) : যে সরলতম সংকেত দ্বারা কোন যৌগের অণুস্থিত বিভিন্ন উপাদান মৌলের পরমাণু সংখ্যার সরল অনুপাত জানা যায় কিন্তু পরমাণুসমূহের সঠিক সংখ্যা জানা যায় না তাকে ঐ যৌগের স্থূল সংকেত বলে।কতিপয় যৌগের আণবিক সংকেত ও স্থূল সংকেত সারণি-৪.১ এ দেখানো হলো :

সারণি–৪.১

যৌগের নাম	আণবিক সংকেত	স্থূল সংকেত
গ্লুকোজ	$C_6H_{12}O_6$	CH_2O
বেনজিন	C_6H_6	CH
ইথেন	C_2H_6	CH_3

স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম (Rules for the determination of empirical formula)

১। প্রথমে যৌগের উপাদান মৌলসমূহের প্রত্যেকের শতকরা পরিমাণ বের করে এদের একত্রে যোগ করতে হবে। যোগফল 100 এর চেয়ে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে কম হলে অবশিষ্ট অংশটুকু কার্বন বা অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ হিসেবে বিবেচিত হবে।

২। প্রতিটি মৌলের শতকরা পরিমাণকে স্ব স্ব পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে মৌলসমূহের আপেক্ষিক সংখ্যা গণনা করতে হবে।

৩। প্রাপ্ত আপেক্ষিক সংখ্যাগুলোকে ক্ষুদ্রতম আপেক্ষিক সংখ্যা দ্বারা ভাগ করে মৌলের সর্বনিম্ন আনুপাতিক সংখ্যা বের করতে হবে।

৪। সাধারণত নিকটবর্তী পূর্ণ সংখ্যা মূলত পারমাণবিক অনুপাত। তবে পূর্ণ সংখ্যা না পাওয়া গেলে প্রাপ্ত সকল সংখ্যাকে 2, 3, 4 ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা গুণ করে পূর্ণ সংখ্যায় পরিণত করতে হবে।

৫। পরিশেষে এভাবে প্রাপ্ত পূর্ণ সংখ্যাগুলোকে স্ব স্ব মৌলের প্রতীকের ডান পার্শ্বে সামান্য নিচে লিখে যৌগটির স্থূল সংকেত পাওয়া যাবে।

স্থূল সংকেতের ব্যবহার (Applications of empirical formula)

১। স্থূল সংকেতের সাহায্যে যৌগের উপাদান মৌলসমূহের পরিচয় এবং এদের পরমাণু সংখ্যার আপেক্ষিক অনুপাত জানা যায়।

২। যৌগের আণবিক ভর জানা থাকলে স্থূল সংকেতের সাহায্যে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

৩। অজৈব যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত সাধারণত একই। সে সব ক্ষেত্রে স্থূল সংকেতের সাহায্যে যৌগের অণুর গঠন ও সংযুক্তি জানা যায়।

আণবিক সংকেত (Molecular formula) : যে সংকেতের সাহায্যে কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুতে বিদ্যমান মৌলের পরমাণুর সঠিক সংখ্যা প্রকাশ পায় তাকে ঐ পদার্থের আণবিক সংকেত বলে। সারণি–৪.২ এ কতিপয় পদার্থের আণবিক সংকেত দেখানো হলো।

সারণি-৪.২

পদার্থের নাম	আণবিক সংকেত
গ্লুকোজ	$C_3H_{12}O_6$
ডাইক্লোরোইথেন	$C_2H_4Cl_2$
হাইড্রোজেন	H_2
ডাইনাইট্রোবেনজিন	$C_6H_4(NO_2)_2$

স্থূল সংকেত হতে আণবিক সংকেত নির্ণয় (Determination of molecular formula from empirical formula)

কোন যৌগের স্থূল সংকেত হতে আণবিক সংকেত নির্ণয়ের জন্য নিম্নোক্ত ধাপসমূহ অনুসরণ করা হয়।

১। কোন উপযুক্ত পদ্ধতিতে সংশ্লিষ্ট যৌগের আণবিক ভর নির্ণয় করা হয়। এ ছাড়া যৌগের বাষ্প ঘনত্ব জানা থাকলে আণবিক ভর= 2×বাষ্প ঘনত্ব, এ সম্পর্ক থেকে আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়।

২। আণবিক ভর = স্থূল সংকেত $\times$ n

$$\therefore \quad n = \frac{\text{আণবিক ভর}}{\text{স্থূল সংকেত}}$$

অর্থাৎ যৌগের আণবিক ভরকে তার স্থূল সংকেত হতে নির্ণীত স্থূল সংকেত ভর দ্বারা ভাগ করে n গণনা করা হয়।

৩। পরিশেষে স্থূল সংকেতকে n দ্বারা গুণ করে আণবিক সংকেত নির্ণয় করা হয়। অর্থাৎ

আণবিক সংকেত = (স্থূল সংকেত) n

স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য

স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে উল্লেখযোগ্য পার্থক্যসমূহ সারণি–৪.৩ এ দেখানো হলো।

সারণী–৪.৩

স্থূল সংকেত	আণবিক সংকেত
১। যৌগের অণুস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সংখ্যার সরল অনুপাত প্রকাশ করে, প্রকৃত সংখ্যা প্রকাশ করে না। যেমন- গ্লুকোজের স্থূল সংকেত CH_2O	১। যৌগের অণুস্থিত মৌলসমূহের প্রত্যেকটির প্রকৃত পরমাণু সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন, গ্লুকোজের আণবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$
২। স্থূল সংকেত শুধু যৌগের ক্ষেত্রে হতে পারে। যেমন- বেনজিনের স্থূল সংকেত 'CH'	২। আণবিক সংকেত যৌগ ও মৌলের উভয়ের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। যেমন- ইথেন- C_2H_6, হাইড্রোজেন- H_2
৩। একাধিক যৌগের একই স্থূল সংকেত হতে পারে। যেমন- ইথাইন (C_2H_2) ও বেনজিন (C_6H_6), উভয়েরই স্থূল সংকেত 'CH'।	৩। সমাণুতা ব্যতিত একটি আণবিক সংকেত দ্বারা একটি মাত্র যৌগকে বুঝানো হয়। যেমন- ইথেন- C_2H_6
৪। কোন যৌগের শতকরা সংযুক্তি থেকে স্থূল সংকেত নির্ণয় করা যায়। যৌগের আণবিক ভর জানা প্রয়োজন হয় না।	৪। আণবিক সংকেত নির্ণয়ের জন্য যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক ভর উভয়ই জানা প্রয়োজন হয়।

যৌগের শতকরা সংযুক্তি হতে স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত নির্ণয়

উদাহরণ-১: একটি যৌগে 26.7% কার্বন, 2.24% হাইড্রোজেন এবং 71.06% অক্সিজেন আছে। যৌগটির বাষ্পঘনত্ব 45 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, যৌগটিতে-

C = 26.7%

H = 2.24%

O = 71.06%

মোট = 100.00%

সুতরাং যৌগটিতে অন্য কোন মৌল নেই।

এখন মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণকে স্ব স্ব পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়–

$$C = \frac{26.7}{12} = 2.225\,; \quad H = \frac{2.24}{1} = 2.24 \text{ ও } \quad O = \frac{71.06}{16} = 4.441$$

প্রাপ্ত ভাগফলগুলোর প্রত্যেকটিকে ক্ষুদ্রতম ভাগফল (2.224) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়–

$$C = \frac{2.225}{2.224} = 1\,; \quad H = \frac{2.24}{2.224} = 1 \text{ ও } O = \frac{4.441}{2.224} = 1.996 \approx 2$$

সুতরাং যৌগটির স্থূল সংকেত $= CHO_2$

মনে করি, যৌগটির আণবিক সংকেত = $(CHO_2)_n$

দেওয়া আছে, যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব = 45

সুতরাং যৌগটির আণবিক ভর= $45 \times 2 = 90$

প্রশ্নানুসারে, $(CHO_2)_n$ এর আণবিক ভর =90

বা, $(12+1+16\times2)\times n = 90$

বা, $45 \times n = 90$

$\therefore$ $n = \frac{90}{45} = 2$

অতএব যৌগটির আণবিক সংকেত $= (CHO_2)_2 = C_2H_2O_4$

উদাহরণ-২ : একটি জৈব এসিডে 32% কার্বন এবং 64% অক্সিজেন আছে। এসিডটির বাষ্প ঘনত্ব 75 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, জৈব এসিডে- C = 32%

O = 64%

মোট =96%

$\therefore$ অবশিষ্ট মৌল, H = 100-96=4%

এখন মৌলসমূহের শতকরা পরিমাণকে স্ব স্ব পারমাণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়-

$$C = \frac{32}{12} = 2.66\,; \quad H = \frac{4}{1} = 4 \quad \text{ও } O = \frac{64}{16} = 4$$

প্রাপ্ত ভাগফলসমূহকে ক্ষুদ্রতম ভাগফল (2.66) দ্বারা ভাগ করে পাওয়া যায়–

$$C = \frac{2.66}{2.66} = 1\ ;\ H = \frac{4}{2.66} = 1.5 \quad \text{ও} \quad O = \frac{4}{2.66} = 1.5$$

এভাবে প্রাপ্ত ভাগফল সমূহকে পূর্ণ সংখ্যায় পরিণত করতে প্রত্যেককে 2 দ্বার গুণ করে পাওয়া যায়–

$$C = 1 \times 2 = 2\ ;\quad H = 1.5 \times 2 = 3\ ;\ O = 1.5 \times 2 = 3$$

সুতরাং এসিডটির স্থূল সংকেত $= C_2H_3O_3$

মনে করি, এসিডটির আণবিক সংকেত $= (C_2H_3O_3)n$

দেওয়া আছে, এসিডটির বাস্প ঘনত্ব $= 75$

$\therefore$ আণবিক ভর $= 75 \times 2 = 150$

প্রশ্নানুসারে, $(C_2H_3O_3)n$ এর আণবিক ভর $= 150$

বা, $(12\times2+1\times3+16\times3)n = 150$

বা $75\ n = 150$

$$\therefore n = \frac{150}{75} = 2$$

অতএব এসিডটির আণবিক সংকেত $= (C_2H_3O_3)_2$

$= C_4H_6O_6$

শিক্ষার্থীর কাজ

১। নিম্নের যৌগগুলোর শতকরা সংযুক্তি নির্ণয় করুন।

(ক) Na_2CO_3 (খ)H_2O (গ) H_2SO_4 (ঘ) C_2H_5OH

২। ব্লু ভিট্রিওলে কেলাস পানির শতকরা পরিমাণ কত ? [উঃ 36.08%]

৩। একটি জৈব যৌগে 9.09% হাইড্রোজেন ও 36.37% অক্সিজেন বিদ্যমান। যৌগটির বাষ্প ঘনত্ব 44। এর আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন। [উঃ$C_4H_8O_2$]

৪। একটি যোগে 24.44% কার্বন 4.04% হাইড্রোজেন ও 71.72% ক্লোরিন আছে। যৌগটির আণবিক ভর 99 হলে এর আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন। [উঃ$C_2H_4Cl_2$]

৫। একটি যৌগের আণবিক ভর 78। যৌগে 58.97% Na এবং 41.03% S বিদ্যমান। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় করুন। [উঃNa_2S]

৬। একটি জৈব যৌগের বিশ্লেষণে দেখা গেল যে, যৌগটিতে 40% C ও 6.67% H বিদ্যমান। যৌগটির আণবিক ভর 180 হলে এর আণবিক সংকেত কি হবে? [উঃ$C_6H_{12}O_6$]

সার-সংক্ষেপ :

শতকরা সংযুক্তি: কোন যৌগে100 ভাগ ভরে তার উপাদান মৌলসমূহের প্রত্যেকের কত ভাগ ভর বিদ্যমান তার প্রকাশকে ঐ যৌগের শতকরা সংযুক্তি বলে।

স্থূল সংকেত : যে সংকেত দ্বারা কোন যৌগের অণুস্থিত উপাদান মৌলসমূহের পরমাণু সংখ্যার আপেক্ষিক অনুপাত জানা

যায়, পরমাণুর প্রকৃত সংখ্যা জানা যায় না তাকে ঐ যৌগের স্থূল সংকেত বলে।

আণবিক সংকেত : যে সংকেতের সাহায্যে কোন পদার্থের অণুতে বিদ্যমান মৌল বা মৌলসমূহের পরমাণুর সঠিক সংখ্যা প্রকাশ পায়, তাকে ঐ পদার্থের আণবিক সংকেত বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। যৌগে কোন মৌলের শতকরা সংযুক্তি নির্ণয়ের জন্য কোন্‌টি জানা আবশ্যিক নয়?

(ক) মৌলের পারমাণবিক ভর
(খ) মৌলের পরমাণু সংখ্যা
(গ) যৌগের আণবিক ভর
(ঘ) যৌগের বাষ্প ঘনত্ব

২। স্থূল সংকেতের ক্ষেত্রে কোন উত্তরটি সঠিক নয়?

(ক) স্থূল সংকেত শুধুমাত্র যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য
(খ) একাধিক যৌগের একই স্থূল সংকেত হতে পারে
(গ) যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয়ের জন্য স্থূল সংকেত জানা প্রয়োজন, আণবিক ভর জানা আবশ্যিক নয়।
(ঘ) স্থূল সংকেত যৌগের মৌলসমূহের পরমাণু সংখ্যার সরল অনুপাত।

৩। নিচের কোন্‌টির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত অভিন্ন?

(ক) গ্লুকোজ
(খ) ইথেন
(গ) ইথিন
(ঘ) সোডিয়াম সালফাইড

৪। কোন্ উত্তরটিসঠিক নয়?

(ক) স্থূল সংকেতের সাহায্যে যৌগের উপাদান মৌলের পরিচয় জানা যায়
(খ) আণবিক ভর জানা থাকলে স্থূল সংকেত থেকে যৌগের আণবিক সংকেত নির্ণয় সম্ভব
(গ) আণবিক সংকেত শুধুমাত্র যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য
(ঘ) বেনজিন ও ইথাইনের স্থূল সংকেত অভিন্ন

পাঠ-৪.৪ জারণ-বিজারণ

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- জারক ও বিজারককে সংজ্ঞায়িত করতে পারবেন।
- কোন যৌগে বিদ্যমান মৌল বা আয়নের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করতে পারবেন।
- জারণ ও বিজারণের যুগপৎ ঘটনার ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	রিডক্স বিক্রিয়া, জারিত মৌল, বিজারিত মৌল, জারক, বিজারক, জারণ সংখ্যা

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Redox reaction)

যে বিক্রিয়াতে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে, তাকে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া বা রিডক্স বিক্রিয়া বলে। যেমন-

$$Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$$

আলোচ্য বিক্রিয়াটিতে জিংক পরমানু 2টি ইলেক্ট্রন ত্যাগ করেছে এবং কপার (II) আয়ন সেগুলো গ্রহণ করেছে। অর্থাৎ এখানে ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটেছে। এটি একটি রিডক্স বিক্রিয়া।

জারণ (Oxidation) : যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সঙ্গে অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলকের সংযোগ ঘটে অথবা কোন পদার্থ থেকে হাইড্রোজেন বা অপর কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় এবং জারিতমৌলের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধি পায় তাকে জারণ বলে।

উদাহরণ : অক্সিজেন সংযোগ : $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল সংযোগ : $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$

হাইড্রোজেন অপসারণ: $H_2S + Cl_2 \longrightarrow S + 2HCl$

তড়িৎ ধনাত্মক মৌল অপসারণ :$2KI + Cl_2 \longrightarrow I_2 + 2KCl$

বিজারণ(Reduction): যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলকের সংযোগ ঘটে অথবা কোন পদার্থ থেকে অক্সিজেন বা অপর কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় এবং এর ফলে বিজারিত মৌলের ধনাত্মক চার্জ হ্রাস পায় তাকে বিজারণ বলে।

উদাহরণ: হাইড্রোজেন সংযোগ: $Cl_2 + H_2 \longrightarrow 2HCl$

তড়িৎ ধনাত্বক মৌল সংযোগ : $Cl_2 + 2Na \longrightarrow 2NaCl$

অক্সিজেন অপসারণ : $CuO + C \longrightarrow Cu + CO$

তড়িৎঋণাত্বক মৌল অপসারণ : $FeCl_3 + H_2 \longrightarrow FeCl_2 + HCl$

জারিত মৌল (Oxidised element) : জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় যে মৌলটির জারণ সংখ্যা ধনাত্মক দিকে বৃদ্ধি পায় তাকে, জারিত মৌল বলে।

উদাহরণ : $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

আলোচ্য বিক্রিয়াটিতে কার্বনের জারণ সংখ্যা শূন্য থেকে বৃদ্ধি পেয়ে +4 এ পরিণত হয়েছে। এ ক্ষেত্রে কার্বন জারিত মৌল।

বিজারিত মৌল (Reduced element) : জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় যে মৌলটির জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক দিকে বৃদ্ধি পায়, তাকে বিজারিত মৌল বলে।

উদাহরণ : $CuO + C \longrightarrow Cu + CO_2$

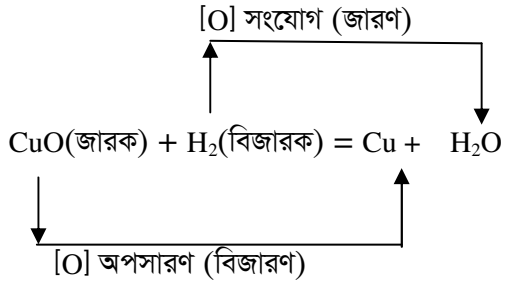
আলোচ্য বিক্রিয়াটিতে কপারের জারণ সংখ্যা +2 থেকে হ্রাস পেয়ে শূন্য হয়েছে। এ ক্ষেত্রে কপার বিজারিত মৌল।

জারক (Oxidizing agent): যে সকল পদার্থ জারণ ক্রিয়া ঘটায় এবং জারণ ক্রিয়া শেষে নিজেরা বিজারিত হয়, তাদেরকে জারক বলে। যেমন–O_2, O_3, H_2O_2, MnO_2, PbO_2, HNO_3, গাঢ় H_2SO_4, X_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ ইক্ যৌগসমূহ ইত্যাদি।

বিজারক (Reducing agent) : যে সকল পদার্থ বিজারণ ক্রিয়া ঘটায় এবং বিজারণ ক্রিয়া শেষে নিজেরা জারিত হয়, তাদেরকে বিজারক বলে। যেমন–H_2, C, CO, H_2S, SO_2, HBr, HI, ধাতুসমূহ (Na, K, Hg), আস্ যৌগসমূহ ইত্যাদি।

জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটে– ব্যাখ্যা : আমরা জানি জারক পদার্থ অন্য পদার্থকে জারিত করার পর নিজে বিজারিত হয়। অপরদিকে বিজারক পদার্থ অন্য পদার্থকে বিজারিত করে নিজে জারিত হয়। অর্থাৎ জারণ ব্যতিত বিজারণ এবং বিজারণ ব্যতিত জারণ সম্ভব নয়।

উদাহরণ : লোহিত তপ্ত কপার (II) অক্সাইডের উপর দিয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করলে কপার ও স্টীম (H_2O) উৎপন্ন হয়।



এ বিক্রিয়ায় বিজারক H_2 জারক CuO হতে অক্সিজেন পরমানুকে অপসারিত করে Cuধাতুতে পরিণত করেছে। এটি বিজারণ বিক্রিয়া।

আবার একই সাথে বিজারক H_2 অপসারিত অক্সিজেন পরমানুকে গ্রহণ করে H_2O এ পরিণত হয়েছে। এটি জারণ ক্রিয়া। সুতরাং আলোচ্য বিক্রিয়াটিতে জারণ ও বিজারণ একই সাথে ঘটেছে। অতএব বলা যায় জারণ ও বিজারণ একটি যুগপৎ ঘটনা।

জারণ সংখ্যা (Oxidation number) : ইলেকট্রন ত্যাগ বা গ্রহণের ফলে পরমাণু বা মূলকে সৃষ্ট ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান সংখ্যাকে ঐ মৌলের জারণ সংখ্যা বলে।

অর্থাৎ আয়নে সৃষ্ট আধানের সংখ্যাকেই জারণ সংখ্যা বলে। যেমন- Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+}, Cl^-, O^{2-}, PO_4^{3-} ইত্যাদি আয়নের জারণ সংখ্যার মান যথাক্রমে +1, +2, +3, -1, -2, -3 ইত্যাদি।

কোন মৌল ইলেকট্রন প্রদান করলে জারণ সংখ্যার মান ধনাত্বক হয় আবার ইলেক্ট্রন গৃহীত হলে জারণ সংখ্যার মান ঋণাত্বক হয়।

উদাহরণ : NaClগঠনে Na পরমানু একটি ইলেকট্রন প্রদান করেছে ; সুতরাং এ যৌগে Na এর জারণ সংখ্যা +1। অপরদিকে Clপরমানু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে ; এ ক্ষেত্রে Cl এর জারণ সংখ্যা −1।

জারণ সংখ্যা নির্ণয় (Calculation of oxidation number): কোন পরমাণু বা আয়নের জারণ সংখ্যা নির্ণয়ের জন্য নিম্নলিখিত নিয়মগুলো অনুসরণ করতে হয় :

(i) মুক্ত অবস্থায় সকল মৌলিক অণু ও মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য। যেমন– H_2, O_2, Na, C ইত্যাদি জারণ সংখ্যা শূন্য।

(ii) আয়নের জারণ সংখ্যা তার আধানের সমান। যেমন–Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+} এর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +1,+2 ও +3 এবং Cl^-, CO_3^{2-} ও ${PO_4}^{3-}$ আয়নের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে−1, −2ও −3।

(iii) যৌগেরঅণুতে উপস্থিত যে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্বকতা বেশি সেটির জারণ সংখ্যা ঋণাত্বক এবং অপর মৌলটির জারণ সংখ্যা ধনাত্বক।

(iv) একটি নিরপেক্ষ অনুতে উপস্থিত সব কটি পরমানুর জারণ সংখ্যার সাধারণ যোগফল সব সময় শূন্য হয়।

(v) ধাতব হাইড্রাইড ছাড়া সকল যৌগেH এর জারণ সংখ্যা +1হয়। ধাতব হাইড্রাইডে Hএর জারণ সংখ্যা −1।

(vi) সাধারণভাবে সকল যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা−2কিন্তু পারঅক্সাইড যেমন- H_2O_2এ অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −1।

(vii) কতিপয় মৌলের জারণ সংখ্যার মান একাধিক। যেমন- $FeCl_2$ এর Fe এর জারণ সংখ্যা +2আবার $FeCl_3$এ Fe এর জারণ সংখ্যা +3।

(viii) সকল ক্ষার ধাতুর জারণ সংখ্যা +1 এবং মৃৎক্ষার ধাতুর জারণ সংখ্যা +2। যেমন- Na এর জারণ সংখ্যা +1 এবং Ca এর জারণ সংখ্যা +2

কপার (II) সালফেটে সালফারের জারণমান :কপার (II) সালফেটের আণবিক সংকেত হল :$CuSO_4$

এখানে,Cuএর জারণ মান = +2
এখানে, O এর জারণ মান = −2
মনে করি Sএর জারণ মান = x
যেহেতু একটি যৌগে উপাদান মৌলসমুহের জারণ সংখ্যার সাধারণ যোগফল শূন্য।

$\therefore (+2) + x + (-2) \times 4 = 0$
বা, $2 + x - 8 = 0$

$\therefore x = +6$

অতএব কপার (II) সালফেটে সালফারের জারণ মান = +6

কতিপয় যৌগে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় :

1. $H_2SO_4 (+1) \times 2 + x + (-2) \times 4 = 0 \quad \therefore x = +6$
2. $Na_2S_2O_3 (+1) \times 2 + x \times 2 + (-2) \times 3 = 0 \quad \therefore x = +2$
3. $KMnO_4 (+1) + x + (-2) \times 4 = 0 \quad \therefore x = +7$
4. $K_2Cr_2O_7 (+1) \times 2 + x \times 2 + (-2) \times 7 = 0 \quad \therefore x = +6$
5. $HClO_4 (+1) + x + (-2) \times 4 = 0 \quad \therefore x = +7$
6. $HClO_3 (+1) + x + (-2) \times 3 = 0 \quad \therefore x = +5$
7. $H_3PO_4 (+1) \times 3 + x + (-2) \times 4 = 0 \quad \therefore x = +5$
8. $MnO_4^{-1} \quad x + (-2) \times 4 = -1 \quad \therefore x = +7$

জারণ সংখ্যার ব্যবহার : জারণ সংখ্যার উল্লেখযোগ্য ব্যবহারসমূহ নিম্নরূপ –

1) অজৈব যৌগের নামকরণ।
2) জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের মোলার অনুপাত নির্ণয়।
3) জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতা সাধন।

শিক্ষার্থীর কাজ

১। নিচের বিক্রিয়াসমূহের মধ্যে কোনটি রিডক্স বিক্রিয়া নয় তা চিহ্নিত করুন।

ক) $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + NaNO_3$ খ) $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$

গ) $2FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$ ঘ) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

২। উপযুক্ত কারণ উল্লেখপূর্বক নিচের রিডক্স বিক্রিয়ার জারক ও বিজারক সনাক্ত করুন।

$CuO + H_2 \rightarrow Cu + CO$

৩। নিম্নোক্ত যৌগসমূহের কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করুন।

HNO_3, $H_2S_2O_7$, K_2CrO_4, $KClO_3$

H_2SO_3, $ZnSO_4$, $Na_2Cr_2O_7$, $K_3[Fe(CN)_6]$

সার-সংক্ষেপ :

জারণ ঃ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নিম্নের যে কোন একটি বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হলে তাকে জারণ বলে।

ক) অক্সিজেন সংযোগ।
খ) তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক সংযোগ।
গ) হাইড্রোজেন অপসারণ।
ঘ) তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক অপসারণ।
ঙ) জারিত মৌলের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক দিকে বৃদ্ধি।

বিজারণ ঃ কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নিম্নের যে কোন একটি বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হলে তাকে বিজারণ বলে।

ক) হাইড্রোজেন সংযোগ।
খ) তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক সংযোগ।
গ) অক্সিজেন অপসারণ।
ঘ) তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারণ।
ঙ) বিজারিত মৌলের জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক দিকে বৃদ্ধি।

জারক ঃ জারক জারণ ক্রিয়া ঘটায় এবং নিজে বিজারিত হয়।

বিজারক ঃ বিজারক বিজারণ ক্রিয়া ঘটায় এবং নিজে জারিত হয়।

জারণ সংখ্যা ঃ আয়নের আধান সংখ্যাকে জারণ সংখ্যা বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। নিচের কোনটি জারণ ক্রিয়া নয়?

(ক) অক্সিজেন সংযোগ (খ) অক্সিজেন অপসারণ
(গ) হাইড্রোজেন অপসারণ (ঘ) ক্লোরিন সংযোগ

২। নিম্নোক্ত গুলোর কোন্‌টিবিজারক?

(ক) O_3 (খ) MnO_2 (গ) X_2 (ঘ) HI

৩। নিচের বিক্রিয়াতে বিজারিত মৌল কোনটি?

$CuO + C \rightarrow Cu + CO$

(ক) Cu (খ) C (গ) O (ঘ) CO

৪। $HClO_4$ যৌগে Cl এর জারণ সংখ্যা কত?

(ক) +2 (খ) 5+ (গ) +7 (ঘ) 0

পাঠ-৪.৫ জারণ-বিজারণের আধুনিক মতবাদ

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- অর্ধ–বিক্রিয়া সম্পর্কে বর্ণনা করতে পারবেন।
- আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিতে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতাকরণ করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	অর্ধ–বিক্রিয়া, জারণ অর্ধ–বিক্রিয়া, বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া ।

ইলেকট্রনের স্থানান্তর জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার প্রধান বিবেচ্য বিষয়। তাই জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রনীয় মতবাদ অধিক গ্রহণযোগ্য এবং আধুনিক মতবাদ হিসেবে প্রতিষ্ঠিত। ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা প্রদান, সমীকরণের সমতাকরণ, জারণ সংখ্যা নির্ণয় প্রভৃতি সহজতর হয়েছে। ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারণ, বিজারণ ও আনুষঙ্গিক বিষয়ে নিচে আলোচনা করা হলো :

জারণ : যে বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু বা আয়ন হতে ইলেকট্রনের অপসারন ঘটে ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণু বা আয়নের ধনাত্মক আধানবৃদ্ধি পায় অথবা ঋণাত্মক আধান হ্রাস পায় তাকে জারণ বলে।

যেমন- $Na \longrightarrow Na^+ + e$

$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e$

$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e$

বিজারণ: যে বিক্রিয়ার কোন পরমানু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে ফলে সংশ্লিষ্ট পরমাণু বা আয়নের ঋণাত্মক আধান বৃদ্ধি অথবা ধনাত্মক আধান হ্রাস পায় তাকে বিজারণ বলে।

যেমন, $Cl_2 + 2e \longrightarrow 2\,Cl^-$

$Fe^{3+} + e \longrightarrow Fe^{2+}$

$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$

ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারক ও বিজারক: একটি বিক্রিয়ায় যে পদার্থ ইলেকট্রন দান করে তাকে বিজারক বলে। অপর পক্ষে কোন বিক্রিয়ায় যে পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে জারক বলে।

উদাহরণ : $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e$ এক্ষেত্রে Mg বিজারক

$Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$ এক্ষেত্রে Cl_2 জারক

যোগ করে, $Mg + Cl_2 \longrightarrow Mg^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow MgCl_2$

সাধারণভাবে, ধাতব মৌল যেমন–Na, K, Mg, Al প্রভৃতি এবং আস্ যৌগসমূহ ইলেকট্রন দাতা তাই এরা বিজারক। অপর দিকে অধাতু যেমন–O, F, Cl, Br প্রভৃতি এবং ইক্ যৌগসমূহ ইলেকট্রন গ্রহীতা, তাই এরা জারক।

জারণ ও বিজারণ একটি যুগপৎ প্রক্রিয়া-ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে ব্যাখ্যা : ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে কোন পদার্থ কর্তৃক ইলেকট্রন ত্যাগ করাকে জারণ এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করাকে বিজারণ বলে। আবার যে পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে জারক এবং যে পদার্থ ইলেকট্রন ত্যাগ করে তাকে বিজারক বলে। সুতরাং বিজারক ইলেকট্রন ত্যাগ করলে জারক সে ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং প্রক্রিয়া দু'টি একই সাথে সংঘটিত হয়। যেহেতু ইলেকট্রন ত্যাগ জারণ এবং ইলেকট্রন গ্রহণ বিজারণ, তাই জারণ ও বিজারণ একই সাথে ঘটে। অর্থাৎ জারণ ও বিজারণহল ইলেকট্রন আদান-প্রদানকারী কোন বিক্রিয়ার দুটি অংশ।

উদাহরণ : সোডিয়াম ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। তা নিম্নরূপে দেখানো হলো :-

জারণ বিক্রিয়া : $2Na \longrightarrow 2Na^+ + 2e$

বিজারণ বিক্রিয়া : $Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া : $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2Na^+ + 2Cl^-$

$= 2NaCl$

অতএব দেখা যায় যে, জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে।

অর্ধ-বিক্রিয়া : যে কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া দুটি অংশে বিভক্ত। এরূপ বিক্রিয়ার প্রতিটি অংশকে অর্ধ-বিক্রিয়া বলে। অর্ধ-বিক্রিয়া দু'প্রকার। যথা - (ক) জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া (খ) বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া।

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া : কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার যে অংশে ইলেকট্রন প্রদান ঘটে অর্থাৎ জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া বলে।

উদাহরণ : $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

এ বিক্রিয়ায় Zn দুটি ইলেকট্রনত্যাগ করে দিয়ে Zn^{2+} এ পরিণত হয়। সুতরাং এ ক্ষেত্রে জারণ অর্ধ–বিক্রিয়াটি হলো :

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e$$

বিজারন অর্ধ-বিক্রিয়া : কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার যে অংশে ইলেকট্রন গৃহীত হয় অর্থাৎ বিজারণ ঘটে, তাকে বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া বলে।

উদাহরণ : $Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$

এ বিক্রিয়ায় Cu^{2+} দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে Cu পরমানুতে পরিণত হয়। সুতরাং এ ক্ষেত্রে বিজারণঅর্ধ-বিক্রিয়া হলো:

$$Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu$$

আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিতে জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতাকরণ : জলীয় দ্রবণে সংঘটিত জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতাকরণে আয়ন–ইলেকট্রন পদ্ধতিকে নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যায় -

১। জারক ও বিজারক চিহ্নিত করে জারকের জন্য বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারকের জন্য জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া লিখতে হয়।

২। নিম্নবর্ণিত উপায়ে দু'টি অর্ধ–বিক্রিয়ার সমতা করতে হয়।

ক) H ও O ছাড়া অন্য পরমাণু সংখ্যার সমতা সাধন ;

খ) জারণ ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন ও গ্রহণ উল্লেখ করা ;

গ) জারকে O পরমানু থাকলে তাকে পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় সংখ্যক H^+ যোগ করা।

৩। বিজারকের দানকৃত ইলেকট্রন = জারকের গৃহীত ইলেকট্রন। এ জন্য প্রতিটি অর্ধ–বিক্রিয়াকে উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করে ইলেকট্রন সংখ্যার সমতা আনয়ন করতে হয়।

৪। সমতাপ্রাপ্ত দু'টি অর্ধ–বিক্রিয়াকে যোগ করতে হয়।

৫। প্রয়োজনীয় বিপরীত আয়ন সরবরাহ করে সমীকরণ পূর্ণ করতে হয়।

কতিপয় জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরনের সমতাকরণ

উদাহরণ-১ : ফেরিক ক্লোরাইড ও স্টেনাস ক্লোরাইডের বিক্রিয়া।

এখানে, ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) জারক এবং স্টেনাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$) বিজারক।

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e$ ... ... (i)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $\{Fe^{3+} + e \longrightarrow Fe^{2+}\} \times 2$ .....(ii)

যোগ করে $2Fe^{3+} + Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2Fe^{2+}$.....(iii)

সমীকরন (iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হয় ;

$$2FeCl_3 + SnCl_2 \longrightarrow SnCl_4 + 2\,FeCl_2$$

উদাহরণ–২ : ফেরাস ক্লোরাইডের সাথে ক্লোরিনের বিক্রিয়া।
এখানে, ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) বিজারক ও ক্লোরিন(Cl_2)জারক।

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $\{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 2$.....(i)

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Cl_2 + 2e \longrightarrow 2Cl^-$ .... (ii)

যোগ করে $2Fe^{2+} + Cl_2 \longrightarrow 2Fe^{3+} + 2Cl^-$.....(iii)

সমীরকণ (iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীরকণটি হল -

$$2FeCl_2 + Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3$$

উদাহরণ–৩: অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণের সাথে ফেরাস লবণের বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় অম্লীয় দ্রবণে$KMnO_4$ হতে উৎপন্ন MnO_4^- জারক ও Fe^{2+} বিজারক হিসেবে ক্রিয়া করে।

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $\{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 5$.....(ii)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ .....(ii)

যোগ করে $5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$..... (iii)

H_2SO_4দ্রবণের উপস্থিতিতে সমীকরণ (iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হয়-

$$5FeSO_4 + KMnO_4 + 4H_2SO_4 \longrightarrow \frac{5}{2}Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + 4H_2O + \frac{1}{2}K_2SO_4$$

বা, $10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + 8H_2O + K_2SO_4$

উদাহরণ–৪: লঘু H_2SO_4 দ্রবণে $KMnO_4$ এর সাথে H_2S এর বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় $KMnO_4$ দ্রবণ হতে উৎপন্ন MnO_4^- জারক এবং H_2S হতে উৎপন্ন S^{2-} বিজারক হিসেবে ক্রিয়া করে।

জারণ অর্ধ–বিক্রিয়া: $\{S^{2-} \longrightarrow S + 2e\} \times 5$.....(i)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O\} \times 2$ .....(ii)

যোগ করে $2MnO_4^- + 5S^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5S + 8H_2O$..... (iii)

লঘু H_2SO_4 দ্রবণের উপস্থিতিতে সমীকরণ (iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হয় ; $2KMnO_4 + 5H_2S + 3H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 5S + 8H_2O$

উদাহরণ–৫ : অম্লীয় $KMnO_4$ এর সাথে $H_2C_2O_4$ এর বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় দ্রবণে $KMnO_4$ হতে উৎপন্ন MnO_4^- জারক এবং $H_2C_2O_4$ হতে উৎপন্ন $C_2O_4^{2-}$ বিজারক হিসেবে কাজ করে।

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $\{C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e\} \times 5$.....(ii)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $\{MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O\} \times 2$.....(ii)

যোগ করে, $2\,MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 8H_2O$ .....(iii)

H_2SO_4 দ্রবণের উপস্থিতিতে সমীকরণ (iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হল: $2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$

উদাহরণ-৬ : অম্লীয় $2KMnO_4$ এর সাথে H_2O_2 এর বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় দ্রবণে $KMnO_4$ হতে উৎপন্ন MnO_4^- জারক এবং H_2O_2 হতে উৎপন্ন O_2^{2-}বিজারক হিসেবে কাজ করে।

জারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $\{O_2^{2-} \longrightarrow O_2 + 2e\} \times 5$.....(i)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া: $\{MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O\} \times 2$.....(ii)

যোগ করে, $2\,MnO_4^- + 5O_2^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$.....(iii)

H_2SO_4 দ্রবনের উপস্থিতিতে সমীকরণ(iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হল $2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2\,MnSO_4 + 8\,H_2O + 5\,O_2$

উদাহরণ–৭: অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ এর সাথে $FeSO_4$ এর বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$ হতে উৎপন্ন $Cr_2O_7^{2-}$ জারক ও $FeSO_4$ হতে উৎপন্ন Fe^{2+} বিজারক হিসেবে কাজ করে।

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $\{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 6$.....(i)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O\}$ .....(ii)

যোগ করে, $6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$.....(iii)

H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে সমীকরণ(iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হল:

$$K_2Cr_2O_7 + 6FeSO_4 + 7H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

উদাহরণ–৮ : অম্লীয় দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$ এর সাথে H_2O_2 এর বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$ হতে উৎপন্ন $Cr_2O_7^{2-}$ জারক ও H_2O_2 হতে উৎপন্ন O_2^{2-} বিজারক হিসেবে ক্রিয়া করে।

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $\{O_2^{2-} \longrightarrow O_2 + 2e\} \times 3$ ... ... (i)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ ... ... (ii)

যোগ করে, $Cr_2O_7^{2-} + 3O_2^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3O_2 + 7H_2O$ ... ... (iii)

H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে সমীকরণ (iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হয়:

$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2O_2 + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3O_2$$

উদাহরণ–৯: H_2SO_4 দ্রবণে $K_2Cr_2O_7$ এর সাথে K1 এর বিক্রিয়া।

এ বিক্রিয়ায় দ্রবণে$K_2Cr_2O_7$ হতে উৎপন্ন $Cr_2O_7^{2-}$জারক ও KIহতে উৎপন্ন I^-বিজারক হিসেবে কাজ করে।

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $\{2I^- \longrightarrow I_2 + 2e\} \times 3$ ..... (i)

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ ..... (ii)

যোগ করে, $Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$ ..... (iii)

H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে সমীকরণ(iii) এর উভয় পার্শ্বে প্রয়োজনীয় আয়ন যোগ করলে প্রাপ্ত সমতাকৃত সমীকরণটি হল-

$$K_2Cr_2O_7 + 6KI + 7H_2SO_4 \longrightarrow 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$

শিক্ষার্থীর কাজ

১। উপযুক্ত উদাহরণসহ আধুনিক মতবাদের আলোকে ব্যাখ্যা করুন যে, জারণ ও বিজারণ একটি যুগপৎ ঘটনা।

২। Fe^{2+} জারক ও বিজারক উভয় হিসেবে ক্রিয়া করে ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে ব্যাখ্যা করুন।

৩। অর্ধ-বিক্রিয়া কি? নিম্নের রিডক্স বিক্রিয়া সমূহের অর্ধ-বিক্রিয়াগুলো চিহ্নিত করুন।

i) $2FeCl_3 + SnCl_2 \rightarrow SnCl_4 + 2FeCl_2$

ii) $2FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$

iii) $2KMnO_4 + 5H_2S + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 5S + 8H_2O$

iv) $K_2Cr_2O_7 + 3H_2O_2 + 4H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3O_2$

v) $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$

৪। নিম্নের রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণের সমতা সাধন করুন।

i) লঘু সালফিউরিক এসিড দ্রবণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাথে ফেরাস সালফেটের বিক্রিয়া।

ii) অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাথে অক্সালিক এসিডের বিক্রিয়া।

iii) লঘু HClএসিডের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সাথে পটাসিয়াম আয়োডাইডের বিক্রিয়া।

iv) সোডিয়াম থায়োসালফেটের সাথে আয়োডিনের বিক্রিয়া।

v) অম্লীয় দ্রবণে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সাথে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিক্রিয়া।

সার-সংক্ষেপ

জারণ : কোন পরমানু বা আয়ন হতে ইলেকট্রনের অপসারণকে জারণ বলে। জারণের ফলে জারিত মৌলের ধনাত্মক আধান বৃদ্ধি পায় এবং ঋণাত্মক আধানের হ্রাস ঘটে।

বিজারণ : কোন পরমানু বা আয়ন কর্তৃক ইলেক্ট্রন গ্রহণ করাকে বিজারণ বলে। বিজারণের ফলে বিজারিত মৌলের ধনাত্মক আধান হ্রাস পায় এবং ঋণাত্মক আধানের বৃদ্ধি ঘটে।

অর্ধ-বিক্রিয়া : যে কোন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া দুটি অংশে সংঘটিত হয়। এরূপ প্রতিটি অংশকে পৃথকভাবে অর্ধ-বিক্রিয়া বলে। অর্ধ-বিক্রিয়া দুই প্রকার। যথা-

ক) জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও (খ) বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া।

জারক ও বিজারক : আধুনিক মতবাদের আলোকে জারক হলো ইলেকট্রন গ্রহীতা এবং বিজারক হলো ইলেকট্রন দাতা।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। নিচের সমীকরণে প্রদর্শিত বিক্রিয়ার জন্য কোন উত্তরটি সঠিক নয়?

$2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$

(ক) K^+ ও SO_4^{2-} দর্শক আয়ন (খ) Mn বিজারিত মৌল

(গ) $KMnO_4$এর ম্যাঙ্গানিজ আয়ন 5 টি ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে (ঘ) $H_2C_2O_4$ বিজারক

২। কোনটি জারক ?

(ক)Fe (খ) Cl^- (গ) H^+ (ঘ) C

৩। নিচের কোনটির জারণ মান শূন্য?

ক) MnO_4^- (খ) Fe^{3+} (গ) CO_2 (ঘ) OH^-

৪। নিচের কোন বিক্রিয়াটির অর্ধ-বিক্রিয়া নেই।

(ক) $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ (খ) $Mg + Cl_2 \rightarrow MgCl_2$

(গ) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$ (ঘ) $FeCl_3 + H_2S \rightarrow FeCl_2 + HCl + S$

পাঠ-৪.৬ জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- প্রমাণ দ্রবণ, প্রাইমারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ, সেকেন্ডারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ, নির্দেশক ও টাইট্রেশন সংশ্লিষ্ট বিভিন্ন বিষয়াবলী বর্ণনা করতে পারবেন।
- জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন সংক্রান্ত বিভিন্ন গাণিতিক সমস্যার সমাধান করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	প্রমাণ দ্রবণ, নির্দেশক, টাইট্রেশন, মাত্রিক বিশ্লেষণ।

রাসায়নিক বিশ্লেষণ (Chemical Analysis)

রাসায়নিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রধানত দুটি শ্রেণিতে বিভক্ত। যথা–

১। আঙ্গিক বা গুণগত বিশ্লেষণ (Qualitative analysis)

২। মাত্রিক বা পরিমাণগত বিশ্লেষণ (Quantitative analysis)

আঙ্গিক বিশ্লেষণ : কোন নমুনা বস্তুতে কি কি উপাদান বিদ্যমান, তা নির্ণয় করা আঙ্গিক বিশ্লেষণের উদ্দেশ্য। যেমন– অজানা লবণের ধারাবাহিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মূলকসমূহ শনাক্তকরণ।

মাত্রিক বিশ্লেষণ : এ ধরণের বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নমুনা বস্তুর উপাদানসমূহের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। মাত্রিক বিশ্লেষণ সাধারণত দু'উপায়ে সম্পন্ন করা হয়। যথা–

(ক) আয়তনিক বিশ্লেষণ (Volumetricanalysis)

(খ) ওজনমিতিক বিশ্লেষণ (Gravimetric analysis)

আয়তনিক বিশ্লেষণ (Volumetric analysis) : প্রমাণ দ্রবণের কত আয়তনের সাথে অজানা মাত্রার দ্রবণের কত আয়তন বিক্রিয়া করে তা জেনে অজানা মাত্রার দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় করাকে আয়তনিক বিশ্লেষণ বলে। দ্রবণের আয়তন জেনে মাত্রা নির্ণয় করা হয় বলে এ পদ্ধতির এরূপ নামকরণ।

টাইট্রেশন (Titration) : টাইট্রেশন হলো আয়তনিক বিশ্লেষণের কর্মপদ্ধতি। উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রমাণ দ্রবণের কত আয়তনের সাথে বিক্রিয়া করতে অজানা মাত্রার দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হয় তা নির্ণয় করে অজানা মাত্রার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলে।টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় একটি বুরেটে গৃহীত নমূনা দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণে অথবা প্রমাণ দ্রবণকে নমূণা দ্রবণে নিয়ন্ত্রিত উপায়ে যোগ করে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু (end point) নির্ণয়ের জন্য উপযুক্ত নির্দেশক ব্যবহার করা হয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে টাইট্রেশন বিভিন্ন প্রকার হয়ে থাকে। যথা-

১। অম্ল–ক্ষারক টাইট্রেশন

২। জারণ–বিজারণ টাইট্রেশন

৩। অধ:ক্ষেপন টাইট্রেশন ইত্যাদি

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। যেমন- 1M Na_2CO_3 একটি প্রমাণ দ্রবণ। কারণ এ দ্রবণের 1L আয়তনে 1মোল অর্থাৎ 106 g ভরের Na_2CO_3 বিদ্যমান।

নির্দেশক (Indicator) : আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত যে সকল বস্তু নিজেদের বর্ণ পরিবর্তনের মাধ্যমে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু (end point) নির্দেশ করে তাদেরকে নির্দেশক বলে। যেমন–মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড, লিটমাস পেপার ইত্যাদি।

জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনের মূলনীতি : যে কোন জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় বিজারক পদার্থ যতটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়, জারক পদার্থ ঠিক ততটি ইলেকট্রন গ্রহন করে বিজারিত হয়। সুতরাং জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী জারক বা বিজারকের যে কোন একটির প্রমাণ দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনের সাথে অজানা মাত্রার অপর দ্রবণটি ধীরে ধীরে যোগ করে সমাপ্তি বিন্দুতে এর আয়তন নির্ণয় করা হয়। এ নির্ণীত আয়তন, প্রমাণ দ্রবণের ঘনমাত্রা ও আয়তন হতে অজানা মাত্রার দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় করা যায়।

মনে করি, a মোল জারক A ও b মোল বিজারক B এর মধ্যে সংঘটিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$a\,A + b\,B \longrightarrow \text{উৎপাদ} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

সমীকরণ (i) হতে লেখা যায়,

$$\frac{\text{Aএর মোল সংখ্যা}}{\text{Bএর মোল সংখ্যা}} = \frac{a}{b}$$

বা, $b \times A$ এর মোল সংখ্যা = $a \times B$ এর মোল সংখ্যা----------(ii)

আবার মোলারিটির সংজ্ঞানুসারে,

$$A \text{ এর মোল সংখ্যা} = M_A \times V_A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

$$B \text{ এর মোল সংখ্যা} = M_B \times V_B \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iv)$$

এখানে, $M_A \longrightarrow$ জারকের মোলার ঘনমাত্রা

$V_A \longrightarrow$ জারক দ্রবণের আয়তন

$M_B \longrightarrow$ বিজারকের মোলার ঘনমাত্রা

$V_B \longrightarrow$ বিজারক দ্রবণের আয়তন

এখন, সমীকরণ (ii), (iii) ও (iv) এর সমন্বয় হতে পাওয়া যায়,

$$b \times M_A \times V_A = a \times M_B \times V_B ----- (v)$$

সমীকরণ (v) জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের মূলনীতি।

উদাহরণ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 15 mL আয়তনের 0.3 M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25 mL আয়তনের H_2O_2 এর নমূনাকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করা যায়। ঐ নমূনায় H_2O_2 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা কত ?

সমাধান : সংশ্লিষ্ট রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া ঃ $\{O_2^{2-} \longrightarrow O_2 + 2e\} \times 5$

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া ঃ $\{MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O\} \times 2$

রিডক্স বিক্রিয়া ঃ $2MnO_4^- + 5O_2^{2-} + 8H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5O_2 + 8H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে, $2KMnO_4 \equiv 5H_2O_2$

(জারক) (বিজারক)

রিডক্স টাইট্রেশনের মূলনীতি অনুসারে,

$$b \times M_A \times V_A = a \times M_B \times V_B$$

$$\therefore M_B = \frac{b \times M_A \times V_A}{A \times V_B}$$

$$= \frac{5 \times 0.3 \times 15}{2 \times 25}$$

$$= 0.45 \text{ M}$$

অতএব প্রদত্ত H_2O_2 দ্রবনের নির্ণেয় ঘনমাত্রা $= 0.45$ M

এখানে, জারকের মোল সংখ্যা, $a = 2$

জারকের মোলার ঘনমাত্রা, $M_A = 0.3$ M

জারক দ্রবণের আয়তন, $V_A = 15$ mL

বিজারক দ্রবণের মোলার আয়তন, $V_B = 25$ mL

বিজারকের মোল সংখ্যা, $b = 5$

বিজারকের মোলার ঘনমাত্রা, $M_B = ?$

জারণ–বিজারণ টাইট্রেশনের সাহায্যে দ্রবণে কতিপয় ধাতুর পরিমাণ নির্ণয়।

ক) প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবন দ্বারা ফেরাস আয়রনের পরিমাণ নির্ণয়

মূলনীতি : H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে $KMnO_4$এর সাথে ফেরাস আয়রণের বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ-

জারণঅর্ধ–বিক্রিয়া : $\{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 5$

বিজারণ অর্ধ–বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \longrightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে, $MnO_4^- \equiv 5Fe^{2+}$

অর্থাৎ 1 মোল $KMnO_4 \equiv 5$ মোল Fe^{2+}

বা,1000 mL 1M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5$ মোল $Fe^{2+} = 5 \times 55.85$ g Fe^{2+}

বা, 1 mL 1M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 55.85}{1000}$ g $Fe^{2+} = 0.27925$ g Fe^{2+}

$\therefore$ x mL y M $KMnO_4$ দ্রবণ$\equiv x \times y \times 0.27925$ g Fe^{2+}

উদাহরণ: একটি ফেরাস সালফেট দ্রবণের 25mL আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 22.5 mL 0.15 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ফেরাস সালফেট দ্রবণটির প্রতি লিটারে Fe^{2+}এর পরিমাণ নির্ণয় করুন।

সমাধান: সংশ্লিষ্ট রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া : $\{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 5$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়া : $MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \longrightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে,

$$MnO_4^- \equiv 5\ Fe^{2+}$$

অর্থাৎ 1 মোল $KMnO_4 \equiv 5$ মোল $Fe^{2+} = 5 \times 55.85$ g Fe^{2+}

বা, 1000 mL 1M $KMnO_4$ দ্রবণ$\equiv 5 \times 55.85$ g Fe^{2+}

বা, 1 mL 1M $KMnO_4$দ্রবণ$\equiv \frac{5 \times 55.85}{1000} = 0.27925$ g Fe^{2+}

$\therefore$ 22.5 mL 0.15 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 22.5 \times 0.15 \times 0.27925$ g $Fe^{2+} = 0.9425$ g Fe^{2+}

অর্থাৎ 25mL নমূনা দ্রবণে Fe^{2+} থাকে $= 0.9425$ g

$\therefore$ 1000 mL (1L) নমূনা দ্রবণে Fe^{2+}থাকে $= \frac{0.9425 \times 1000}{25} = 37.7$ g

অতএব প্রদত্ত দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনে Fe^{2+} এর পরিমাণ $= 37.7$ g

খ) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা ফেরাস আয়রনের পরিমাণ নির্ণয়

মূলনীতি : H_2SO_4 এসিডের উপস্থিতিতে $K_2Cr_2O_7$দ্রবণের সাথে Fe^{2+} বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণনিম্নরূপ ঃ

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া : $\{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 6$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া $: Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow Cr^{3+} + 7H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়া $: 6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + Cr^{3+} + 7H_2O$

রিডক্স সমীকরণ মতে, $Cr_2O_7^{2-} \equiv 6Fe^{2+}$

অর্থাৎ 1 মোল $K_2Cr_2O_7 \equiv 6$ মোল Fe^{2+}

বা, 1000 mL 1M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ$\equiv 6$ মোল $Fe^{2+} = 6 \times 55.85$ g Fe^{2+}

বা, 1 mL 1M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ $\equiv \frac{6 \times 55.85}{1000}$g $Fe^{2+} = 0.3351$ g Fe^{2+}

$\therefore$ x mL y M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ $= x \times y \times 0.3351$ g Fe^{2+}

উদাহরণ: 25mL ফেরাস দ্রবণকে টাইট্রেশন করে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 10.5 mL আয়তনের 0.025 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। প্রতি লিটার উক্ত ফেরাস লবণের দ্রবণে ফেরাস আয়রণের পরিমাণ নির্ণয় করুন।

সমাধান :সংশ্লিষ্ট রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ–

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া $: \{Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e\} \times 6$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া $: Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়া $: 6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে, $Cr_2O_7^{2-} \equiv 6\ Fe^{2+}$

অর্থাৎ 1 মোল $K_2Cr_2O_7 \equiv 6$ মোল $Fe^{2+} = 6 \times 55.85$ g Fe^{2+}

বা1000 mL 1 M $K_2Cr_2O_7 \equiv 6 \times 55.85$ g Fe^{2+}

বা, 1 mL 1M $K_2Cr_2O_7 \equiv \frac{6 \times 55.85}{1000}$ g $Fe^{2+} = 0.3351$ g Fe^{2+}

$\therefore$ 10.5 mL 0.025 M $K_2Cr_2O_7 \equiv 10.5 \times 0.025 \times 0.3351$ g $Fe^{2+} = 0.088$ g Fe^{2+}

অর্থাৎ 25mL নমূনা দ্রবণে থাকে $= 0.088$ g Fe^{2+}

$\therefore$ 1 L বা 1000mL নমূনা দ্রবণে থাকে $= \frac{0.088 \times 1000}{25}$ g $Fe^{2+} = 3.5185$ g Fe^{2+}

অতএব প্রদত্ত ফেরাস লবণের দ্রবনে প্রতি লিটারে 3.5185 g Fe^{2+} থাকে।

গ) আয়োডোমিতিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা কপারের পরিমাণ নির্ণয়

মূলনীতি ঃ কপার (II) আয়ন ও আয়োডাইড আয়নের মধ্যে রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরন নিম্নরূপ :

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া ঃ $2I^- \longrightarrow I_2 + 2e$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঃ $2Cu^{2+} + 2e \longrightarrow 2Cu^+$

রিডক্স বিক্রিয়া ঃ $2Cu^{2+} + 2I^- \longrightarrow 2Cu^+ + I_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$

আবার থায়োসালফেটের সাথে আয়োডিনের রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া : $2{S_2O_3}^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2e$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $I_2 + 2e \longrightarrow 2I^-$

রিডক্স বিক্রিয়া $2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^- \ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$

রিডক্স বিক্রিয়া (i) ও (ii) হতে পাওয়া যায় :

$$2Cu^{2+} \equiv I_2 \equiv 2S_2O_3^{2-}$$

বা, $S_2O_3^{2-} \equiv Cu^{2+}$

বা, 1 মোল $S_2O_3^{2-} \equiv 1$ মোল Cu^{2+}

বা, 1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3 \equiv 63.5$ g Cu^{2+}

$\therefore$ 1 mL 1 M $Na_2S_2O_3 \equiv \frac{63.5\text{ g}}{1000}\ Cu^{2+} = 0.0635\text{ g}\ Cu^{2+}$

$\therefore$ x mL y M $Na_2S_2O_3 \equiv x \times y \times 0.0635$ g Cu^{2+}

উদাহরন ঃ কপার (II) লবণের একটি দ্রবণের 25mL আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে টাইট্রেট করতে 0.1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবনের 15.5mL প্রয়োজন হয়। কপার (II) লবণের প্রতি লিটারে কপার (II) আয়নের পরিমাণ কত ?

সমাধান ঃ এ ক্ষেত্রে আয়োডোমিতিক পদ্ধতিতে কপার (II) এর পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

Cu^{2+}ও I^- এর রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণহল ঃ

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঃ $2I^- \longrightarrow I_2 + 2e$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঃ $2Cu^{2+} + 2e \longrightarrow 2Cu^+$

রিডক্স বিক্রিয়া ঃ $2Cu^{2+} + 2I^- \longrightarrow 2\ Cu^+ + I_2 \ldots\ldots\ldots\ldots (i)$

আবার $S_2O_3^{2-}$ এর সাথেI_2 এর রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরন হল,

জারণঅর্ধ-বিক্রিয়া ঃ $2S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2e$

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া $I_2 + 2e \longrightarrow 2I^-$

রিডক্স বিক্রিয়া $2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^- \ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$

রিডক্স বিক্রিয়া সমীকরণ (i) ও (ii) হতে পাওয়া যায় ঃ

$$2S_2O_3^{2-} \equiv 1_2 \equiv 2Cu^{2+}$$

বা, $S_2O_3^{2-} \equiv Cu^{2+}$

অর্থাৎ 1 মোল $Na_2S_2O_3 \equiv$ 1 মোল Cu^{2+}

1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3 \equiv 63.5$ g Cu^{2+}

$\therefore$ 1 mL 1 M $Na_2S_2O_3 \equiv$ 63.5 g Cu^{2+}

বা, 1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3 \equiv \frac{63.5}{1000} = 0.0635$ g Cu^{2+}

$\therefore$ 15.5 mL 0.1 M $Na_2S_2O_3 \equiv 15.5 \times 0.1 \times 0.0635$ g $Cu^{2+} = 0.0984$ g Cu^{2+}

অর্থাৎ 25mL নমূনা দ্রবণে থাকে $= 0.0984$ g Cu^{2+}

$\therefore$ 1 L বা1000mL নমূনা দ্রবণে থাকে $= \frac{0.0984 \times 1000}{25} = 3.936$ g Cu^{2+}

অতএব প্রদত্ত দ্রবণে প্রতি লিটারে Cu^{2+}এর পরিমাণ $= 3.936$ g

শিক্ষার্থীর কাজ

১। 25 mL 0.5 M H_2O_2 দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 20 mL $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা কত? [উত্তর: 0.25M]

২। 100 mL ফেরাস সালফেটের একটি অম্লীয় দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে টাইট্রেট করতে 0.1 M $K_2Cr_2O_7$ এর 50 mLপ্রয়োজন হয়। ফেরাস দ্রবণে আয়রনের শতকরা পরিমাণ কত? [উত্তর: 1.676%]

৩। কপার সালফেট দ্রবণের একটি নমুনার 20 mL আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে টাইট্রেট করতে 15mL0.1 M সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের প্রয়োজন হয়। নমুনা দ্রবণের প্রতি লিটারে কপারের পরিমান কত? [উত্তর: 4.7625 g]

সার-সংক্ষেপ :

প্রমাণ দ্রবণ:জানা ঘনমাত্রার দ্রবণ হল প্রমাণ দ্রবণ। যেমন ঃ 1 M Na_2CO_3 দ্রবণ।

প্রাইমারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : নিম্নে বর্ণিত বৈশিষ্ট্যধারী পদার্থ প্রাইমারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ-
(ক) বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় ; (খ) বায়ুর সংস্পর্শে অপরিবর্তিত থাকে ;
(গ) রাসায়নিক নিক্তিতে ভর মেপে দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় এবং প্রস্তুত দ্রবণের ঘনমাত্রা দীর্ঘ সময় অপরির্বতিত থাকে।

সেকেন্ডরী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : নিম্নবর্ণিত বৈশিষ্ট্যধারী পদার্থ সেকেন্ডারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ–
(ক) বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না ; (খ) বায়ুর সংস্পর্শে জলীয় বাষ্প শোষণ করে; (গ) রাসায়নিক নিক্তিতে ভর মেপে দ্রবণ প্রস্তুত করা সম্ভব হয় না এবং প্রস্তুত দ্রবণের ঘনমাত্রা অল্প সময়ের মধ্যেই ধীরে ধীরে পরির্বতিত হয়।

নির্দেশক : টাইট্রেশন প্রক্রিয়া ব্যবহৃত বস্তুসমূহ যারা নিজেদের বর্ণ পরির্বতনের মাধ্যমে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্দেশ করে। তাদেরকে নির্দেশক বলে।

টাইট্রেশন : আয়তনিক বিশ্লেষণের কর্মপদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে কোন অজানা মাত্রার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়ের জন্য উক্ত দ্রবণের কত আয়তনের সাথে প্রমাণ দ্রবণের কত আয়তন বিক্রিয়া করে তা নির্ণয় করা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। নিচের কোনটি প্রমাণ দ্রবণ নয়?

(ক) লঘু এসিড দ্রবণ (খ) 10% NaCl দ্রবণ

(গ) 10 ppm গ্লুকোজ দ্রবণ (ঘ) 0.1 M কস্টিক সোডা দ্রবণ

২। সেকেন্ডারী স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের উদাহরণ হলো-

(ক) $K_2Cr_2O_7$ (খ) $KMnO_4$

(গ)Na_2CO_3 (ঘ) $C_2H_2O_4$

৩। আয়োডোমিতিক টাইট্রেশন দ্বারা নিচের কোন্ ধাতুর মাত্রিক বিশ্লেষণ করা হয়?

(ক) আয়রন (খ) কপার

(গ) অ্যালুমিনিয়াম (ঘ) সোডিয়াম

৪। জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের সাথে সংশ্লিষ্ট নয় কোন্‌টি?

(ক) প্রমাণ দ্রবণ (খ) জারক

(গ) প্রমশন (ঘ) অর্ধ-বিক্রিয়া

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সৃজনশীল প্রশ্ন

১। একটি গবেষণা কাজের জন্য 350 mL 0.5 M HNO_3 প্রয়োজন। ল্যাবরেটরীতে একটি বোতলে 5 M HNO_3 দ্রবণ আছে।

(ক) মোলারিটি কী ?

(খ) $Na_2S_2O_3$ এর কেন্দ্রিয় পরমানু S এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় করুন।

(গ) গবেষণা কাজের জন্য ব্যবহৃত দ্রবণটিকে ppm এককে প্রকাশ করুন।

(ঘ) উদ্দীপকের ল্যাবরেটরীর দ্রবণটিকে কিভাবে গবেষণা কাজের জন্য ব্যবহার উপযোগী করা যাবে- বিশ্লেষণ করুন।

২। 1.4 g ভরের এক টুকরা লোহাকে লঘু H_2SO_4এ দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.5 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 20 mL প্রয়োজন হয়।

(ক) নির্দেশক কী ?

(খ) Fe^{2+} জারক ও বিজারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে ব্যাখ্যা করুন।

(গ) উদ্দীপকে উল্লিখিত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটি আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতাবিধান করুন।

(ঘ) উদ্দীপকের লোহার টুকরাটি সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ কিনা তা বিশ্লেষণ করুন।

উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন	৪.১ ঃ	১। ঘ	২। খ	৩। ঘ	৪। গ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন	৪.২ ঃ	১।ঘ	২।ক	৩।ক	৪।ঘ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন	৪.৩ঃ	১।ঘ,	২।গ	৩।ঘ	৪।গ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন	৪.৪ঃ	১।খ	২।ঘ	৩।ক	৪।গ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন	৪.৫ঃ	১।গ	২।গ	৩।গ	৪।ক
পাঠোত্তর মূল্যায়ন	৪.৬ঃ	১।ক	২।খ	৩।খ	৪।গ