তত্ত্বীয় আলোচনা	=	১৪
শ্রেণি কর্মকাণ্ড	=	৮
মোট পিরিয়ড	=	২২

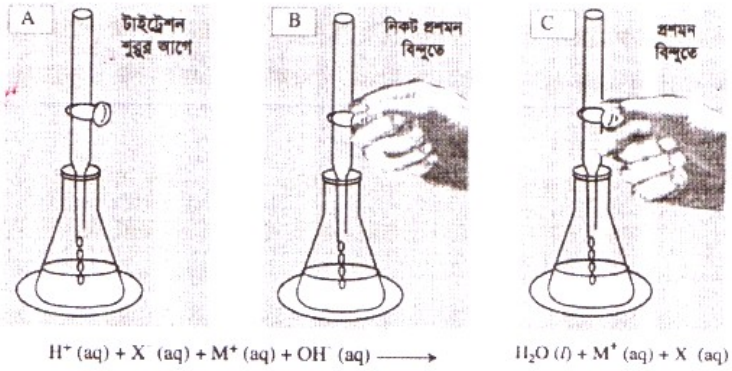
তৃতীয় অধ্যায়

পরিমাণগত রসায়ন

Stoichiometric Chemistry

ভূমিকা (Introduction)

রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোলভিত্তিক গণনাকে পরিমাণগত রসায়ন বা Stoichiometric Chemistry বলা হয়। বিক্রিয়ক ও উৎপাদ গ্যাস হলে মোলার আয়তন ও ভর এককে এবং তরল ও কঠিন হলে মোলার ভর এককে গণনা করা হয়। এসিড ক্ষার বিক্রিয়া ও রিডক্স বিক্রিয়া সব শিল্প উৎপাদনে জড়িত। এসব ক্ষেত্রে ব্যবহৃত দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলারিটি এককে হিসাব করা হয়। কোনো শিল্পে 100% উৎপাদ পাওয়া সম্ভব হয় না। তাই শতকরা পরিমাণে উৎপাদের হিসাব করা হয়। আবার বায়ুর দূষণ, পানি ও খাদ্যে দূষণ মাত্রাকে বোঝাবার জন্য মিশ্রিত থাকা সূক্ষ্ম কণার পরিমাণকে ppm (parts per million) এককেও প্রকাশ করা হয়। আমরা এ অধ্যায়ে ঘনমাত্রাভিত্তিক রাসায়নিক গণনার ধারা ও বিভিন্ন ঘনমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক জেনে বিভিন্ন বিক্রিয়াভিত্তিক রাসায়নিক গণনা করতে পারব।



অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key words) : মোলার আয়তন, লিমিটিং বিক্রিয়ক, মোলারিটি, প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ, ppm, মোল-ভগ্নাংশ, প্রশমন বিক্রিয়া, প্রশমন বিন্দু, রিডক্স বিক্রিয়া, দর্শক আয়ন, নির্দেশক, টাইট্রেশন, ক্রোমাটোগ্রাফি।

শিখন ফল : এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

১। রাসায়নিক গণনায় গ্যাসের মোলার আয়তন ব্যবহার করতে পারবে।

২। রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করতে পারবে।

৩। বিক্রিয়কের পরিমাণ থেকে গ্যাসীয় উৎপাদের পরিমাণ (ভর ও আয়তন) হিসাব করতে পারবে।

৪। **ব্যবহারিক**

সুলভ উপকরণ ব্যবহার করে বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করতে পারবে।

৫। **ব্যবহারিক :** কঠিন ও তরল পদার্থ পরিমাপ করে নির্দিষ্ট মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করতে পারবে।

৬। দ্রবণের মোলারিটিকে শতকরা ও পিপিএম (ppm). এককে প্রকাশ করতে পারবে।

৭। **ব্যবহারিক :** নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ থেকে অন্য ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করতে পারবে।

৮। এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৯। জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।

১০। জারণ-বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তর হিসাব করে বিক্রিয়ার সমতা করতে পারবে।

১১। বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ে নির্দেশকের ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।

১২। **ব্যবহারিক :** রঙিন উদ্ভিদ ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করতে পারবে।

১৩। **ব্যবহারিক :** অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের মাধ্যমে অজানা দ্রবণে এসিড/ক্ষারের পরিমাণ নির্ণয় করতে পারবে।

১৪। **ব্যবহারিক:** জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের মাধ্যমে দ্রবণে বিদ্যমান ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয় করতে পারবে।

১৫। বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্র ব্যবহার করে সরবরাহকৃত ডাটা থেকে দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করতে পারবে।

১৬। Atomic absorption, UV-Visible spectroscopy, HPLC ও GC-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৩.১ রাসায়নিক গণনা ও গ্যাসের মোলার আয়তন

Chemical Calculation and Gaseous Molar Volume

রসায়নবিদ্যায় যেকোনো রাসায়নিক গণনা করতে রাসায়নিক পদার্থের পরিমাণ প্রকাশক একক যেমন, **'মোল'** (mole), **আয়তন প্রকাশক** একক যেমন, **'মোলার আয়তন'** (molar volume) এবং ঐ পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণে থাকা কণার সংখ্যা (যেমন, অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদির সংখ্যা) প্রকাশক' **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা** (Avogadro number) সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা দরকার। তাই পদার্থের মোল, মোলার আয়তন ও ঐ পদার্থে থাকা অ্যাভোগাড্রো সংখ্যার সমান কণার সংখ্যা সম্বন্ধে প্রথমে আলোচনা করা হলো :

গ্রাম আণবিক ভর বা মোল (Gram molecular Mass or Mole)

সংজ্ঞা : কোনো যৌগের আণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায়, যৌগটির সে পরিমাণ তার এক মোল বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ পানির আণবিক ভর = 18.02। সুতরাং 18.02g পানি হচ্ছে এক মোল (mole বা সংক্ষেপে mol) পানি।

অপরদিকে কোন মৌলের পারমাণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে যে পরিমাণ পাওয়া যায় ঐ পরিমাণকে সে মৌলের এক গ্রাম-পারমাণবিক ভর বা এক মোল পরমাণু বলা হয়। যেমন কার্বনের পারমাণবিক ভর 12। সুতরাং 12g কার্বন = 1g পারমাণবিক ভর কার্বন বা 1 মোল পরমাণু কার্বন।

প্রসঙ্গত উল্লেখযোগ্য যে, পূর্বে মোল শব্দটি শুধুমাত্র যৌগের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হতো, কিন্তু বর্তমানে তা যৌগ, মৌল, আয়ন এমনকি ইলেক্ট্রন প্রভৃতির ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। যৌগ ও মৌল উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হওয়ার অনেক সময় অসাবধানে ছাত্রদের ভুল হওয়ার সম্ভাবনা আছে।

যেমন অক্সিজেন একটি মৌল, যার পারমাণবিক ভর = 16। অপরদিকে অক্সিজেন সাধারণভাবে দ্বি-পরমাণুক অণু হিসেবে থাকে, সুতরাং এর আণবিক ভর = $16 \times 2 = 32$। সুতরাং এক্ষেত্রে 16.00g অক্সিজেন = 1 গ্রাম-পারমাণবিক ভর অক্সিজেন = 1 মোল পরমাণু অক্সিজেন এবং 32 গ্রাম অক্সিজেন = 1 মোল অণু অক্সিজেন।

একইভাবে 1.008g হাইড্রোজেন = 1g পরমাণবিক ভর হাইড্রোজেন = 1 মোল পরমাণু হাইড্রোজেন এবং 2.016g হাইড্রোজেন = 1 মোল অণু হাইড্রোজেন।

এখানে উল্লেখ্য যে, আয়নিক যৌগে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নসমূহ পরস্পরের সংস্পর্শে থাকে, সেখানে কোনো অণু নেই। তাই এক্ষেত্রে 'আণবিক ভর' বলা সঠিক নয়। তাই আয়নিক যৌগের ক্ষেত্রে তার পরিবর্তে ফর্মুলা ভর ব্যবহৃত হয়। যেমন-NaCl এর ফর্মুলা ভর হচ্ছে 58.5।

মোল-এর ধারণার উৎপত্তি (Origin of Mole Concept)

মোল (Mole) এর আধুনিক সংজ্ঞা : কার্বন-স্কেল অনুসারে, 12g কার্বনে 6.022×10^{23} টি কার্বন পরমাণু থাকে, কোন পদার্থের যত গ্রাম ভরে ঐ সমসংখ্যক অণু বা পরমাণু বা আয়ন থাকে, তত গ্রাম ভরকে ঐ পদার্থের এক মোল বলা হয়। 'মোল'কে গ্রাম-আণবিক ভর বা গ্রাম-অণু, গ্রাম-পরমাণু ও গ্রাম-আয়ন বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ,

(১) 1 মোল H-পরমাণু হলো 1.008g সংক্ষেপে 1.0g পরমাণু হাইড্রোজেন; এতে 6.022×10^{23}টি H-পরমাণু থাকে। তদ্রুপ 1 মোল H_2 অণু হলো 2.016g সংক্ষেপে 2g অণু হাইড্রোজেন; এতে 6.022×10^{23} টি হাইড্রোজেন অণু থাকে।

(২) 1 মোল পানি (H_2O) বলতে 18.0154g সংক্ষেপে 18g পানিকে বোঝায়; এবং 1 মোল পানি বা 18g পানিতে 6.022×10^{23} টি পানি অণু থাকে।

1 amu — 1.66×10^{-27} kg

মোলের গুরুত্ব ও তাৎপর্য : যে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রয়োজনীয় পদার্থ মোল এককে হিসাব ও ওজন করা হয়। 1 মোল পরমাণু, 1 মোল অণু ছাড়াও বর্তমানে আয়ন, ইলেকট্রন, ফোটন (Photon) এবং অন্যান্য কণার ক্ষেত্রেও মোলের প্রয়োগ দেখা যায়। এক মোল ইলেকট্রন বলতে 6.022×10^{23} টি ইলেকট্রন বোঝায়। আমরা জানি, একটি সিলভার আয়নকে (Ag^+) সিলভার পরমাণুতে পরিণত করতে একটি ইলেকট্রন প্রয়োজন হয়। সুতরাং 1 mol সিলভার আয়নকে সিলভার পরমাণুতে পরিণত করতে 6.022×10^{23} টি ইলেকট্রন প্রয়োজন হবে। আবার 1 mol সিলভার আয়নকে সিলভার পরমাণুতে পরিণত করতে এক ফ্যারাডে (Faraday) বিদ্যুতের প্রয়োজন। সুতরাং 1 mol ইলেকট্রন মানে এক ফ্যারাডে বিদ্যুৎ। অণুর অন্তর্গত রাসায়নিক বন্ধন (Chemical bond)-এর ক্ষেত্রেও মোল ব্যবহৃত হয়। আবার 1 mol বন্ধন বলতে 6.022×10^{23} টি বন্ধন বোঝায়।

মোল-সংখ্যা (Mole number)

সংজ্ঞা : কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের পরিমাণকে যথাক্রমে গ্রাম পারমাণবিক ভর বা গ্রাম আণবিক ভর দ্বারা ভাগ করে প্রাপ্ত সংখ্যাকে ঐ পদার্থের মোল সংখ্যা বলে। মোল সংখ্যাকে 'n' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \text{ মোল সংখ্যা, } n = \frac{\text{পদার্থের ভর (g)}}{\text{পদার্থের গ্রাম পা: ভর বা গ্রাম আ: ভর}}$$

যেমন,

(১) 36g কার্বনের মোল সংখ্যা, $n = \frac{36\text{g কার্বন}}{12\text{g mol}^{-1}} = 3 \text{ mol কার্বন}$।

(২) 36g পানির মোল সংখ্যা, $n = \frac{36\text{g পানি}}{18\text{g mol}^{-1}} = 2 \text{ mol পানি}$।

পদার্থের মোলার আয়তন ও গ্যাসের মোলার আয়তন (Molar volume of a substance & of a Gas)

পদার্থের মোলার আয়তন : এক মোল পদার্থের আয়তনকে সে পদার্থের মোলার আয়তন বলা হয়। এ আয়তন পদার্থের অবস্থা, তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। যেমন 1 মোল পানি হচ্ছে 18g পানি। তরল অবস্থায় এর আয়তন প্রায় 18mL। সুতরাং তরল অবস্থায় পানির মোলার আয়তন হচ্ছে 18mL। অপরদিকে গ্যাসীয় অবস্থায় 100°C তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে একই পরিমাণ পানি প্রায় 30.6L আয়তন দখল করে। সুতরাং সে অবস্থায় পানির মোলার আয়তন হচ্ছে 30.6L। রাসায়নিক গণনায় গ্যাসীয় অবস্থায় মোলার আয়তন গুরুত্বপূর্ণ।

(১) গ্যাসের মোলার আয়তন : নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে এক মোল গ্যাসের আয়তনকে গ্যাসের মোলার আয়তন বলে। অ্যাভোগ্রাড্রো সূত্রের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত হলো-একই তাপমাত্রা ও চাপে সব গ্যাসের মোলার আয়তন পরস্পর সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে অর্থাৎ 0°C বা 273K এবং 1 atm চাপে বা STP তে তা 22.4L হয়। আবার 25°C ও 1atm চাপে গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789L হয়।

অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক (Avogadro number or constant)

সংজ্ঞা : কোন বস্তুর 1 মোলে যত সংখ্যক অণু থাকে, সেই সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক বলা হয়। উল্লেখ্য যে, কোন মৌলের এক গ্রাম-পরমাণুতে সমসংখ্যক (6.022×10^{23} টি) পরমাণু এবং কোন আয়নের এক গ্রাম-আয়নে সমসংখ্যক আয়ন থাকে। একে N_A দ্বারা সূচিত করা হয়। বিজ্ঞানী অ্যামাদিও অ্যাভোগাড্রোর নামানুসারে অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক নামকরণ হয়েছে। বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বনে এই অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে এবং এই সংখ্যা $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ বলে ধরা হয়।

বর্তমান অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বা অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক আরো সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে।

এখন $N_A = 6.0221367 \times 10^{23}$ নির্ণীত হয়েছে।

উদাহরণ : এক গ্রাম (1g) পরমাণু হাইড্রোজেনে 6.022×10^{23} টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। 1 মোল হাইড্রোজেন অণুতে 6.022×10^{23} টি হাইড্রোজেন অণু থাকে। আবার 1 মোল হাইড্রোজেন আয়ন বলতে 6.022×10^{23} টি হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বুঝায়। তদ্রুপ, 1 মোল পানি (H_2O) বা, 18g H_2O এর মধ্যে 6.022×10^{23}টি H_2O এর অণু থাকে বোঝায়।

প্রতীক n, N ও N_A এর তাৎপর্য ও সম্পর্ক : উল্লেখ্য কোনো পদার্থের মোল সংখ্যাকে n দ্বারা এবং কোন নমুনায় উপস্থিত অণুর সংখ্যাকে N দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আবার অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাকে N_A দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। 1 mol পদার্থের মধ্যে উপস্থিত অণুর সংখ্যা স্থির এবং এর মান $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ হওয়ায় N_A **কে অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবকও** বলা হয়। বিভিন্ন পরিমাণ একই পদার্থের মধ্যে অণুর সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয় অর্থাৎ সেক্ষেত্রে N এর মান ভিন্ন ভিন্ন হয়। অর্থাৎ মোল সংখ্যা (n) এর উপর অণুর সংখ্যা N এর মান নির্ভর করে। তাই N ও N_A এর মধ্যে সম্পর্ক হলো $N = n \times N_A$।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলার আয়তনের গুরুত্ব

Importance of Avogadro number & of Molar volume

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও গ্যাসের মোলার আয়তন থেকে নিম্নোক্ত গাণিতিক সম্পর্ক পাওয়া যায়। যেমন,

(১) এক মোল অণু = এক গ্রাম আণবিক ভর = 6.022×10^{23} টি অণু।

= 22.4L গ্যাস (STP-তে)

(২) পদার্থের একটি অণুর ভর = $\frac{\text{গ্রাম আণবিক ভর}}{6.022 \times 10^{23}}$ গ্রাম।

(৩) এক গ্রাম পদার্থে অণুর সংখ্যা = $\frac{6.022 \times 10^{23}}{\text{পদার্থের গ্রাম আণবিক ভর}}$টি

(৪) এক গ্রাম গ্যাসের আয়তন (STP-তে) = $\frac{22.4}{\text{গ্যাসের গ্রাম আ : ভর}}$ L

(৫) গ্যাসের একটি অণুর দখলকৃত আয়তন (STP-তে) = $\frac{22.4}{6.022 \times 10^{23}}$ L।

(৬) প্রমাণ অবস্থায় 1L গ্যাসে অণুর সংখ্যা = $\frac{6.022 \times 10^{23}}{22.4}$ টি

(৭) মৌলের একটি পরমাণুর ভর = $\frac{\text{গ্রাম পারমাণবিক ভর}}{6.022 \times 10^{23}}$ g

উপরিউক্ত সম্পর্ক ব্যবহার করে নিম্নোক্ত রাসায়নিক গণনাসমূহ করা যায়।

জেনে নাও : অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ হলো এক অবিশ্বাস্য খুবই বড় সংখ্যা। কিছু তুলনা থেকে এ সংখ্যার বিশালত্ব বোঝা যাবে। যেমন,

পৃথিবীর সমুদ্রসমূহের পানির পরিমাণ লিটারে ↓ | পৃথিবীর বয়স সেকেন্ডে ↓ | পৃথিবীর জনসংখ্যা (স্থান নির্দেশক সংখ্যা) ↓

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23} = 602,200,000,000,000,000,000,000$

↑ পৃথিবী থেকে সূর্যের দূরত্ব মিটারে

সমুদ্রের পানি $= 1.3 \times 10^{21}$L
পৃথিবীর বয়স $= 4.32 \times 10^{17}$s
পৃথিবীর জনসংখ্যা $= 7.5 \times 10^{9}$
সূর্যের দূরত্ব $= 1.5 \times 10^{11}$m

পরমাণুর ভরের ক্ষুদ্রতম একক (Atomic mass unit, amu) : 1 amu = 1.660539×10^{-24} g

ইলেকট্রনের ভর, $e_m = 9.10938 \times 10^{-28}$g $= 5.485799 \times 10^{-4}$ amu

ফসফরাস (P) পরমাণুর বেলায় প্রযোজ্য চিহ্নসমূহ : ভর সংখ্যা→31, পা: সংখ্যা→15, P, 3− ←চার্জ সংখ্যা, 4 ← পরমাণু সংখ্যা

মোল, মোলার আয়তন ও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাভিত্তিক গণনা :

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১ : একটি সোডিয়াম পরমাণুর ভর কত? (Na = 23)

সমাধান : সোডিয়ামের পারমাণবিক ভর = 23

∴ 1g পরমাণু সোডিয়াম = 23g সোডিয়াম। এতে N_A সংখ্যক পরমাণু বিদ্যমান।

N_A সংখ্যক সোডিয়াম পরমাণুর ভর = 23g এখানে N_A = অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা।

∴ 1টি সোডিয়াম পরমাণুর ভর $= \frac{23}{N_A}\text{g} = \frac{23}{6.022 \times 10^{23}}\text{g} = 3.82 \times 10^{-23}$g (প্রায়) (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২ : একটি পানির অণুর ভর কত?

সমাধান : পানি আণবিক ভর = 18। সুতরাং 1 mol পানি = 18g পানি।

1 mol পানিতে 6.022×10^{23} টি অণু থাকে।

সুতরাং 6.022×10^{23} টি অণুর ভর = 18g

∴ 1টি পানির অণুর ভর $= \frac{18\text{g}}{6.022 \times 10^{23}} = 2.99 \times 10^{-23}$g (প্রায়) (উত্তর)

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৩। 1g হাইড্রোজেনে কয়টি পরমাণু আছে?

সমাধান : 1g পরমাণু হাইড্রোজেন = 1g হাইড্রোজেন। অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা মতে 1g পরমাণু বা 1 mol পরমাণুতে 6.022×10^{23}টি পরমাণু থাকে।

∴ 1g হাইড্রোজেনে 6.022×10^{23} টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। **(উত্তর)**।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪ : 500টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 55.6mg খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয়?

সমাধান : গ্রাফাইট কার্বনের 1 মোল = 12g = 12 × 1000 mg কার্বন

∴ 12 × 1000 mg কার্বন = 1 মোল কার্বন

$\therefore$ 55.6mg কার্বন $= \frac{1 \times 55.6}{12 \times 1000}$ মোল কার্বন।

আবার 1 মোল কার্বনে পরমাণু থাকে $= 6.022 \times 10^{23}$টি

$\therefore \frac{1 \times 55.6}{12 \times 1000}$ মোল কার্বনে পরমাণু থাকে $= \frac{6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 55.6}{12 \times 1000}$

প্রশ্নমতে, 500টি স্বাক্ষর দিতে খরচ হয় $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 55.6}{12 \times 1000}$ টি কার্বন পরমাণু।

$\therefore$ 1টি স্বাক্ষর দিতে খরচ হয় $\frac{6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 55.6}{12 \times 1000 \times 500}$ টি কার্বন পরমাণু।

$= 5.580386 \times 10^{18}$ টি কার্বন পরমাণু (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ : 11g কার্বন ডাইঅক্সাইডে কয়টি অণু থাকে?

সমাধান : কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) এর গ্রাম-আণবিক ভর হলো 44g।

অর্থাৎ 44g কার্বন ডাইঅক্সাইডে অণুর সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23}$টি

$\therefore$ 11g কার্বন ডাইঅক্সাইডে অণুর সংখ্যা, $N = \frac{6.022 \times 10^{23} \times 11\text{টি}}{44}$

$= 1.5055 \times 10^{23}$টি (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬ : প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 mL অক্সিজেন গ্যাসে অক্সিজেনের কয়টি অণু বিদ্যমান?

সমাধান : আমরা জানি, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4L বা, 22.4×10^3mL গ্যাসে এক মোল পদার্থ বিদ্যমান। আবার 1 mol পদার্থে 6.022×10^{23}টি অণু বিদ্যমান।

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4×10^3mL গ্যাসে অণুর সংখ্যা $= 6.022 \times 10^{23}$টি।

$\therefore$ " " " 1 mL গ্যাসে অণুর সংখ্যা $= \frac{6.022 \times 10^{23}}{22.4 \times 10^3} = 2.6875 \times 10^{19}$টি।

বিঃ দ্রঃ (ক) এ হিসাব শুধু অক্সিজেন নয়, বরং সব গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য।

(খ) যদি এ প্রশ্নে পরমাণুর সংখ্যা চাওয়া হতো, তবে উপরোক্ত সংখ্যাকে ২ দ্বারা গুণ করতে হবে; কেননা; প্রতিটি অক্সিজেন অণুতে ২টি অক্সিজেন পরমাণু বিদ্যমান। অন্যান্য দ্বিপরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রেও একথা প্রযোজ্য।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৭ : 16g পরিমাণ O_2 গ্রাসে কয়টি অণু থাকে হিসাব কর।

সমাধান : অক্সিজেন গ্যাস (O_2) এর গ্রাম-আণবিক ভর হলো 32g,

অতএব, 32g বা 1 mol অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23}$টি

$\therefore$ 16g অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা, $N = \frac{6.022 \times 10^{23} \times 16\text{ টি}}{32}$

$= 3.011 \times 10^{23}$টি (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৮ : কার্বন ডাইঅক্সাইডের একটি অণুর ভর গ্রাম এককে গণনা কর।

সমাধান : CO_2 এর আপেক্ষিক আণবিক ভর হলো 44। সুতরাং 44g CO_2 হলো এক মোল CO_2। আমরা জানি, এক মোল যে কোনো পদার্থে অণু থাকে 6.022×10^{23}টি

সুতরাং 6.022×10^{23}টি CO_2 এর অণুর ভর = 44g

বা, 1 অণু CO_2 এর ভর হবে = $\frac{44}{6.022 \times 10^{23}}$ g = $7.3065426 \times 10^{-23}$g

উত্তর : CO_2 এর একটি অণুর ভর হলো $7.3065426 \times 10^{-23}$g।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৯। প্রমাণ অবস্থায় 1.7g অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন কত?

সমাধান : অ্যামোনিয়া (NH_3) গ্যাসের আপেক্ষিক আণবিক ভর 17। সুতরাং এক মোল অ্যামোনিয়ার ভর হলো 17g। প্রমাণ অবস্থায়,

17g অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন = 22.4L ∴ 1g অ্যামোনিয়ার আয়তন হলো = $\frac{22.4}{17}$ L

∴ 1.7g অ্যামোনিয়ার আয়তন হলো = $\frac{22.4 \times 1.7}{17}$ = 2.24L। (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১০ : 72g পানিতে কত মোল পানি ও কয়টি পানি অণু আছে?

সমাধান : পানি (H_2O) এর মোলার ভর, M = $(1 \times 2 + 16)$ $gmol^{-1}$ = $18gmol^{-1}$

∴ 72g পানিতে এর মোল সংখ্যা, n = $\frac{72g}{18\ gmol^{-1}}$ = 4mol

আবার 1 mol পানিতে অণুর সংখ্যা, $N_A = 6.022 \times 10^{23} mol^{-1}$

∴ 4 mol পানিতে অণুর সংখ্যা, N = $6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1} \times 4$ mol = 24.088×10^{23}

শিক্ষার্থী নিজে কর : অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ও মোলার আয়তনভিত্তিক :

(i) $N_A = 6.022 \times 10^{23}$; (ii) STP তে V_m = 22.414L

সমস্যা-৩.১ (ক) : 90g পানিতে কত মোল পানি ও কয়টি পানি অণু আছে? [উ: 5 mol ; 3.011×10^{24}টি অণু]

সমস্যা-৩.১ (খ): 5g পানিতে H ও O পরমাণুর সংখ্যা হিসাব কর। [H = 1.008]

[উ: H = $3.342584368 \times 10^{23}$টি; O = $1.671292184 \times 10^{23}$টি]

সমস্যা-৩.১ (গ): 1g অক্সিজেনে কয়টি পরমাণু থাকে হিসাব কর। [উ: 3.76375×10^{22}]

সমস্যা-৩.১ (ঘ): 16g পরিমাণ O_2 গ্যাসে কয়টি অণু থাকে হিসাব কর। [উ: 3.011×10^{23} টি অণু]

সমস্যা-৩.১ (ঙ): 5g CO_2 গ্যাসে এর কয়টি অণু আছে? [উ: 6.8431×10^{22}টি]

সমস্যা-৩.১(চ) : প্রমাণ অবস্থায় 2.2g CO_2 গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উ: 1.12L]

সমস্যা-৩.১(ছ) : প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 2g মিথেন গ্যাসে এর কয়টি অণু থাকে? [উ: 7.5275×10^{22}টি]

সমস্যা-৩.১: (জ) 10g $CaCO_3$ থেকে 2×10^{20} অণু সরিয়ে নিলে কী পরিমাণ $CaCO_3$ অবশিষ্ট থাকবে।

[উ: 9.967g] [সি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.২(ক) : প্রমাণ অবস্থায় 10mL অ্যামোনিয়া গ্যাসের ভর কত? [উ: 7.589×10^{-3}g]

সমস্যা-৩.২(খ) : প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে 1mL নাইট্রোজেনে কয়টি অণু থাকে? [উ: 2.6883928×10^{19}টি]

সমস্যা-৩.২(গ) : প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 2L মিথেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা হিসাব কর। [উ: 5.37678×10^{22}টি]

সমস্যা-৩.২(ঘ) : S.T.P-তে 200mL CO_2 গ্যাসে কতটি অণু থাকে? [উ: 5.377678×10^{21}টি]

সমস্যা-৩.২ : (ঙ) 27°C তাপমাত্রায় ও 750 mm(Hg) চাপে 10mL আয়তনের CO_2 গ্যাসে কয়টি অণু থাকে? [উ: 2.41575×10^{20}টি]

সমস্যা-৩.২(চ) : 27°C তাপমাত্রায় ও 740mm (Hg) চাপে I L SO_2 গ্যাসে কয়টি অণু থাকে? [উ: 2.3820574×10^{22} অণু]

সমস্যা-৩.২(ছ) : 27°C তাপমাত্রায় ও $95.66 \times 10^3 Nm^{-2}$ চাপে $0.0011 m^3$ হাইড্রোজেন গ্যাসে কতটি অণু আছে? [উ: $2.620301761 \times 10^{22}$ টি অণু]

সমস্যা-৩.২ (জ): 27°C তাপমাত্রায় ও 0.987 atm চাপে 1mL হাইড্রোজেন গ্যাসে কয়টি অণু আছে? [উ: 2.416144×10^{19} টি (প্রায়)]

সমস্যা-৩.২ (ঝ): 30°C তাপমাত্রায় 740mm (Hg) চাপে 25mL কোন গ্যাসে কতটি অণু আছে? [উ: 5.899867×10^{20} টি অণু]

সমস্যা-৩.৩ : (ক) 300টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 30mg খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয় তা নির্ণয় কর। [উ: 5.0183×10^{18}টি]

সমস্যা-৩.৩(খ): 500টি স্বাক্ষর দিতে গ্রাফাইট পেন্সিলের 55.6mg খরচ হয়। প্রতিটি স্বাক্ষরে কতটি কার্বন পরমাণু খরচ হয় তা নির্ণয় কর। [উ: 5.580386×10^{18}টি]

সমস্যা-৩.৩(গ) : এক গ্রাম কার্বনে কয়টি পরমাণু আছে? [উ: 5.01833×10^{22}টি]

সমস্যা-৩.৪ : (ক) এক বিকার পানি থেকে সাধারণ তাপমাত্রায় ও চাপে যদি প্রতি ঘণ্টায় 1 mg পানি বাষ্পীভূত হয়। তবে ঐ প্রক্রিয়ায় প্রতি ঘণ্টায় কতটি জলীয় বাষ্পের অণু উৎপন্ন হবে? [উ: 3.3455555×10^{19}টি অণু]

(খ) বাষ্পীভবনের কারণে একটি পাত্রের পানি যদি প্রতি ঘণ্টায় 10mg ওজন হারায়, তবে প্রতি সেকেন্ডে ঐ প্রক্রিয়ায় জলীয় বাষ্পের কতটি অণু উৎপন্ন হবে? [উ: 9.29321×10^{16}টি]

৩.১.১ রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক গ্যাসের মোলার আয়তন গণনা

Calculation of Molar Volume of Gases from Chemical Equation

রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক যে কোনো গণনায় প্রথমে (i) রাসায়নিক সমীকরণ কি; (ii) রাসায়নিক সমীকরণ কীরূপে শুদ্ধভাবে ও সমতাযুক্ত করে লিখতে হয় তা জানা প্রত্যেক শিক্ষার্থীর প্রথম কর্তব্য। তাই এক্ষেত্রে এসব আলোচনা করা হলো।

রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical Equation)

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমগ্র রাসায়নিক পরিবর্তনকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের প্রতীক ও সংকেত এবং কিছু বীজগণিতীয় চিহ্নের সাহায্যে প্রকাশ করার পদ্ধতিকে **রাসায়নিক সমীকরণ** বলে। অর্থাৎ রাসায়নিক সমীকরণ হলো কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার অর্থবোধক সংক্ষেপে লেখার পদ্ধতি।

যেমন, হাইড্রোজেন গ্যাস ও অক্সিজেন গ্যাস রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে তরল পানি উৎপন্ন করে। এ পরিবর্তনকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সংকেত ও অর্থবোধক কিছু চিহ্নের সাহায্যে নিম্নরূপ সমীকরণে প্রকাশ করা হয়।

$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O\ (l)$$

কোনো বিক্রিয়ার সুষম বা সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণ বিক্রিয়াটি সম্বন্ধে অনেক তথ্য প্রকাশ করে থাকে। তাই শুদ্ধ ও সুষম রাসায়নিক সমীকরণ লেখার পদ্ধতি জানা দরকার।

৩.১.২ সুষম রাসায়নিক সমীকরণ লেখার পদ্ধতি

Writing a Balanced Chemical Equation

নিম্নোক্ত কয়েকটি ধাপে রাসায়নিক সমীকরণকে শুদ্ধভাবে ও সমতাযুক্ত করে লেখা যায়।

ধাপ-১। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সব বিক্রিয়ক ও উৎপাদের নাম এবং এদের সংকেত (সব ধাতুরও কঠিন অধাতুর বেলায় প্রতীক) জানা প্রয়োজন। সমীকরণের বামদিকে বিক্রিয়ক ও ডানদিকে উৎপাদের সংকেত (বা প্রতীক) লিখে মাঝখানে তীর চিহ্ন (⟶) দিতে হয়। এটাকে কঙ্কাল সমীকরণ (Skeleton equation) বলে। যেমন,

Zn	+	HCl	⟶	$ZnCl_2$	+	H_2
জিংক		হাইড্রোক্লোরিক এসিড		জিংক ক্লোরাইড		হাইড্রোজেন

ধাপ-২। এবার বাম ও ডান দিকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের অণুতে প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যা সমান করার জন্য বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সংকেত (বা প্রতীক) এর বাম দিকে উপযুক্ত পূর্ণসংখ্যা (এ সংখ্যাকে সহগ বলে) বসাতে হবে। তখন সমীকরণটিকে সুষম বা সমতাযুক্ত সমীকরণ (Balanced equation) বলে। যেমন, উপরের সমীকরণে দেখা যায় ডানদিকে দুটি Cl পরমাণু আছে। তাই বাম দিকে HCl এর সহগরূপে 2 বসালে উভয় দিকে Cl পরমাণুর সমতা হয়। তখন সমীকরণটি সমতাযুক্ত হবে। যেমন,

$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$$

নিচে কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে বিভিন্ন বিক্রিয়ার শুদ্ধ ও সমতাযুক্ত সমীকরণ লেখার ধারণা সুস্পষ্ট করা হলো।

উদাহরণ-১। হেবার সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস থেকে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। এ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপে লেখা যায়।

১ম ধারা : এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক হলো নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন; এরা দ্বিপরমাণুক মৌলিক গ্যাস। তাই এদের সংকেত যথাক্রমে N_2 ও H_2। অপরদিকে অ্যামোনিয়ার সংকেত হলো NH_3। সুতরাং বিক্রিয়াটির কঙ্কাল সমীকরণ হবে নিম্নরূপ :

$$N_2 + H_2 \longrightarrow NH_3$$

২য় ধাপ : এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে লক্ষ করলে দেখা যায়, ডান দিকে NH_3 এর আগে সহগরূপে 2 বসালে N-পরমাণুর সংখ্যা উভয়দিকে সমান হয়। তখন ডানদিকে H-পরমাণুর সংখ্যা 6 হয়ে যায়। তাই বামদিকে H_2 এর সহগরূপে 3 বসালে উভয়দিকে প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যার সমতা আসে। তখন সমতাযুক্ত শুদ্ধ সমীকরণটি নিম্নরূপ হয়:

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

উদাহরণ-২। অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিড উৎপাদনের প্রথম ধাপে অ্যামোনিয়া গ্যাসকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে নাইট্রিক অক্সাইড ও পানি তৈরি করা হয়। এ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপে লেখা যায়।

১ম ধাপ : এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক হলো অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেন এবং তাদের সংকেত যথাক্রমে NH_3 ও O_2। অপরদিকে উৎপাদ নাইট্রিক অক্সাইড ও পানির সংকেত যথাক্রমে NO ও H_2O। সুতরাং বিক্রিয়াটির কঙ্কাল সমীকরণ হবে নিম্নরূপ :

$$NH_3 + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$$

২য় ধাপ : এ সমীকরণের বাম ও ডানদিকে লক্ষ করলে দেখা যায়, উভয়দিকে N পরমাণুর সংখ্যা ও O-পরমাণুর সংখ্যা সমান; কিন্তু H-পরমাণুর সংখ্যা অসমান। এখন NH_3 এর আগে 2 ও NO এর আগে 2 এবং H_2O এর আগে 3 বসালে N-পরমাণু ও H-পরমাণুর সংখ্যা উভয়দিকে সমান হয়ে যায়। যেমন,

$$2NH_3 + O_2 \longrightarrow 2NO + 3H_2O$$

এবার ডানদিকে দেখা যায় O-পরমাণুর মোট সংখ্যা হলো 5। তাই বামদিকে O_2 এর আগে $\frac{5}{2}$ বসালে 5টি O-পরমাণু হবে। এখন সমতাযুক্ত সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ :

$$2NH_3 + \frac{5}{2}O_2 \longrightarrow 2NO + 3H_2O$$

কিন্তু অণুর সহগ পূর্ণসংখ্যায় দেখাতে হয়; তাই সমতাযুক্ত এ সমীকরণটিকে 2 দ্বারা গুণ করলে শুদ্ধ সমতাযুক্ত সমীকরণ নিম্নরূপ হবে :

$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

বর্তমানে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা সহকারে সমীকরণ লেখার নিয়ম রয়েছে। তাই পদার্থের আণবিক সংকেতের পরে প্রথম বন্ধনী ( ) এর মধ্যে ভৌত অবস্থার প্রকাশক প্রতীক চিহ্ন লেখা হয়; যেমন কঠিন অবস্থার জন্য (s), তরল অবস্থার জন্য (*l*), গ্যাসীয় অবস্থার জন্য (g), জলীয় দ্রবণের জন্য (aq) বাষ্পের জন্য (vap)। এখন উপরের সমতযুক্ত সমীকরণটিকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থা সহযোগে নিম্নরূপে লেখা হয় :

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$$

৩.১.৩ আয়নিক সমীকরণ

Ionic Equation

তোমরা নবম ও দশম শ্রেণিতে রসায়ন পরীক্ষাগারে ক্লোরাইড আয়নের শনাক্তকরণ করতে গিয়ে NaCl এর দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হতে দেখেছো। এ সাদা অধঃক্ষেপটির নাম হলো সিলভার ক্লোরাইড (AgCl)। এ রাসায়নিক পরিবর্তনকে সমীকরণ দ্বারা নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়। যেমন,

$$NaCl\,(aq) + AgNO_3\,(aq) \longrightarrow AgCl\,(s) + NaNO_3\,(aq)$$

এরূপ বিক্রিয়াকে দ্বি-বিয়োজন বিক্রিয়া বলা হয়। উল্লেখ্য এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়কে অণু হিসেবে সমীকরণে দেখানো হয়েছে বলে এরূপ সমীকরণকে আণবিক সমীকরণ বলা হয়। কিন্তু আমরা জানি, NaCl ও $AgNO_3$ হলো আয়নিক যৌগ এবং জলীয় দ্রবণে এরা সংশ্লিষ্ট আয়নরূপে থাকে। অর্থাৎ দ্রবণে NaCl থাকে Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন রূপে এবং $AgNO_3$ থাকে Ag^+ আয়ন ও NO_3^- আয়নরূপে। এদের মিশ্রিত দ্রবণে Ag^+ আয়ন ও Cl^- আয়নের সহযোগে অদ্রবণীয় AgCl (s) উৎপন্ন হয়ে সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে; কিন্তু অপর দুটি আয়ন যেমন Na^+ আয়ন NO_3^- আয়ন দ্রবণে আয়নরূপে থেকে যায়। এ রাসায়নিক পরিবর্তনের সমীকরণটি আয়ন সহযোগে নিম্নরূপে দেখানো যায় :

$$Na^+\,(aq) + Cl^-(aq) + Ag^+\,(aq) + NO_3^-\,(aq \longrightarrow AgCl\,(s) + Na^+\,(aq) + NO_3^-\,(aq)$$

উপরের সমীকরণে দেখা যায়, $Na^+(aq)$ ও NO_3^- (aq) আয়ন উভয় দিকে আলাদা আলাদা আছে; এরা বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করেনি। যেসব আয়ন বিক্রিয়ায় সরাসরি অংশগ্রহণ না করে দ্রবণে অপরিবর্তিত থাকে, সেগুলোকে **'দর্শক আয়ন'** (spectator ions) বলা হয়। তাই দর্শক আয়ন বাদ দিয়ে উপরিউক্ত বিক্রিয়ার **নিট আয়নিক সমীকরণ** হবে নিম্নরূপ :

$$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$$

তবে রাসায়নিক গণনার জন্য প্রয়োজনবোধে **আণবিক সমীকরণ** ব্যবহার করতে হয়। কারণ কী পরিমাণ বিক্রিয়ক পদার্থ নিতে হবে তা যৌগের সংকেত ভর বা 'ফর্মুলা ভর' ব্যবহার করে হিসাব করতে হয়।

আয়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে স্বচ্ছ ধারণা লাভের জন্য আরো কয়েকটি আয়নিক সমীকরণ নিম্নে দেয়া হলো। এ সব ক্ষেত্রে এসিড দ্রবণে H^+ আয়ন ও ক্ষার দ্রবণে OH^-আয়ন বুঝতে হবে। যেমন,

(১) এসিডের সাথে ক্ষার, ক্ষারক, ধাতু ও কার্বনেটের বিক্রিয়া

(ক) যে কোনো এসিড ও ক্ষার দ্রবণের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া :

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

(খ) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া :

$$Al(OH)_3(s) + 3H^+(aq) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + H_2O(l)$$

(গ) জিংক ধাতু ও লঘু সালফিউরিক এসিড দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া :

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

(ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া :

$$CaCO_3(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

(২) বিভিন্ন জারক ও বিজারকের বিক্রিয়া

(ক) পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে :

$$Cl_2(g) + 2I^-(aq) \longrightarrow 2Cl^-(aq) + I_2(s)$$

(খ) স্ট্যানাস আয়ন (Sn^{2+}) ও ফেরিক আয়ন (Fe^{3+}) এর মধ্যে বিক্রিয়া :

$$Sn^{2+}(aq) + 2Fe^{3+}(aq) \longrightarrow Sn^{4+}(aq) + 2Fe^{2+}(aq)$$

(গ) ফেরিক আয়ন ও সালফাইড (S^{2-}) আয়নের মধ্যে বিক্রিয়া :

$$2Fe^{3+}(aq) + S^{2-}(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + S(s)$$

৩.১.৪ সমীকরণভিত্তিক গে-লুসাকের সূত্র প্রয়োগ

Use of Gay Lussac's Law in Chemical Equation

গ্যাসের মোলার আয়তনভিত্তিক রাসায়নিক সমীকরণ থেকে গণনায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ সব গ্যাসীয় হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি গ্যাসীয় সমসত্ত্বীয় অবস্থায় থাকে। বিজ্ঞানী গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র প্রযোজ্য হয়। রাসায়নিক গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে, বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল আনুপাতিক সম্পর্ক থেকে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে

বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোলার আয়তন গণনা করা যায়। এ ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত তিন স্তর ভিত্তিক মোলার আয়তন গণনা করা সম্ভব হবে (স্থির তাপমাত্রা ও চাপে)।

১. নির্দিষ্ট মোল সংখ্যক বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদের মোল সংখ্যা ও মোলার আয়তন গণনা।

২. নির্দিষ্ট মোলার আয়তনের উৎপাদ পাওয়ার জন্য কত মোলার আয়তন বিক্রিয়ক গ্যাস দরকার।

৩. বিক্রিয়ার ফলে উৎপাদ গ্যাসের মোল সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে কীনা তা গণনায় নিতে হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.১১ : সমীকরণ মতে, গ্যাসের মোলার আয়তনভিত্তিক গণনা

অ্যামোনিয়াকে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। STP তে 100L NO গ্যাস প্রস্তুত করতে কত লিটার NH_3 এবং কত লিটার O_2 গ্যাস প্রয়োজন হবে?

দক্ষতা (Strategy) : (১) প্রথমে বিক্রিয়াটির শুদ্ধ সমতাকৃত সমীকরণ লিখতে হবে। (২) এরপর বিক্রিয়ক ও উৎপাদের সংকেতের নিচে মোল সংখ্যা লিখতে হবে। (৩) শেষে গে-লুসাকের সূত্র মতে মোলার আয়তন সম্পর্ক ব্যবহার করতে হবে।

সমাধান (Solution) : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণটি নিম্নরূপ :

সমীকরণ :	$4NH_3(g)$	+	$5O_2(g)$	⟶	$4NO(g) + 6H_2O(g)$
মোল সম্পর্ক :	4mol		5mol		4mol
STP তে আয়তন :	$4 \times 22.4L$		$5 \times 22.4L$		$4 \times 22.4L$

বিক্রিয়ক NH_3এর আয়তন গণনা :

সমীকরণ মতে, $4 \times 22.4L$ NO গ্যাস প্রস্তুতির জন্য NH_3 গ্যাস প্রয়োজন $4 \times 22.4L$

$$\therefore 100\ L\ NO \text{ গ্যাস প্রস্তুতির জন্য } NH_3 \text{ গ্যাস প্রয়োজন } \frac{4 \times 22.4 \times 100L}{4 \times 22.4} = 100L$$

বিক্রিয়ক O_2 এর আয়তন গণনা :

সমীকরণ মতে, $4 \times 22.4L$ NO গ্যাস প্রস্তুতির জন্য O_2 গ্যাস প্রয়োজন $5 \times 22.4L$

$$\therefore 100L \text{ NO গ্যাস প্রস্তুতির জন্য } O_2 \text{ গ্যাস প্রয়োজন } = \frac{5 \times 22.4 \times 100L}{4 \times 22.4} = 125L\ O_2 \text{ গ্যাস।}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১২ : STP তে 60.0L N_2 গ্যাস ও 200.0L H_2 গ্যাসকে মিশ্রিত করে প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বিক্রিয়ার শর্তে NH_3 গ্যাস উৎপন্ন করা হলো। উৎপন্ন NH_3 এর আয়তন STP তে কত হবে? বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন প্রকৃতপক্ষে কত হবে তা ব্যাখ্যা কর।

দক্ষতা (Strategy) : (১) বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ থেকে NH_3 এর আয়তন বের করতে হবে। (২) বিক্রিয়ক মিশ্রণে কোন বিক্রিয়ক সমীকরণ মতে বেশি থাকলে তা উৎপাদ গ্যাসের সাথে যোগ হয়ে মোট আয়তন হবে।

সমাধান (Solution) : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো নিম্নরূপ :

সমীকরণ	:	$N_2(g)$	+	$3H_2(g)$	⟶	$2NH_3(g)$
আয়তন সম্পর্ক	:	1 আয়তন		3 আয়তন		2 আয়তন
বিক্রিয়ক N_2 মতে	:	60L		$3 \times 60L$		$2 \times 60L$

সুতরাং গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র মতে,

STP তে 60L N_2 গ্যাস 3×60L বা 180L H_2 গ্যাসসহ বিক্রিয়ায় 2×60L বা 120L NH_3 উৎপন্ন করে।

সুতরাং উৎপাদ NH_3 গ্যাসের আয়তন (STP-তে) 120L হবে। আবার বিক্রিয়া শেষে অব্যবহৃত H_2 গ্যাস থাকবে $(200 - 180)$L = 20L। তাই বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন 120L NH_3 গ্যাসের সাথে অতিরিক্ত 20L H_2 গ্যাস যোগ হয়ে মোট আয়তন হবে = $(120 + 20)$L = 140L (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.১৩: SATP তে 200mL H_2 গ্যাস ও 160mL Cl_2 গ্যাম মিশ্রণকে সূর্যালোকে রাখা হলো। বিক্রিয়া শেষে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু গ্যাস মিশ্রণটিকে পানিতে ঝাঁকালে আয়তন হ্রাস পেয়ে 40mL হলো এবং এটি H_2 গ্যাসের আয়তন। দেখাও যে এসব ফলাফল গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্রকে সমর্থন করে।

দক্ষতা : বিক্রিয়াটির সমীকরণ সমতাযুক্তভাবে লিখতে হবে।

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো নিম্নরূপ :

সমীকরণ :	$H_2(g)$	+	$Cl_2(g)$	$\xrightarrow{\text{সূর্যালোক}}$	2HCl (g)
আয়তন সম্পর্ক	1 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন

প্রশ্নমতে, 200mL H_2 ও 160mL Cl_2; বিক্রিয়ার পূর্বে মিশ্রণের মোট আয়তন = $(200 + 160) = 360$ mL

যেহেতু বিক্রিয়া শেষে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন অপরিবর্তিত আছে; তাই বিক্রিয়া শেষে মোট আয়তন হলো 360mL। আবার বিক্রিয়া শেষে গ্যাস মিশ্রণটিকে পানিতে ঝাঁকালে HCl গ্যাস পানিতে দ্রবীভূত হয়ে 40mL H_2 গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। সুতরাং বিক্রিয়ায় ব্যয়িত H_2 গ্যাসের আয়তন হলো = $(200 - 40)$mL = 160mL এবং উৎপন্ন HCl গ্যাসের আয়তন হলো = $(360 - 40)$mL = 320 mL। সমীকরণ মতে,

H_2 (g)	+	Cl_2 (g)	$\longrightarrow$	2HCl (g)
160mL		160mL		2×160mL = 320mL

$\therefore$ গ্যাসের আয়তনের অনুপাত, $H_2 : Cl_2 : HCl = 160 : 160 : 2 \times 160$

বা, 1 : 1 : 2। এটি একটি সরল অনুপাত। বিক্রিয়ক ও উৎপাদ গ্যাসসমূহের আয়তন পরস্পরের সাথে সরল অনুপাতে থাকায় উপরোক্ত ফলাফল গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্রকে সমর্থন করে।

শিক্ষার্থী নিজে কর : মোল ও মোলার আয়তনভিত্তিক :

সমস্যা - ৩.৫ : STP তে 1.0×10^5 L মিথেন গ্যাস স্টোরেজ ট্যাংকে আছে। এতে কত মোল মিথেন আছে?

[উ: 4.463×10^3 mol]

সমস্যা ৩.৬: STP তে 1500 L N_2 গ্যাস হতে NH_3 প্রস্তুত করতে কত লিটার H_2 গ্যাস প্রয়োজন হবে?

[উ: 4500 L]

সমস্যা ৩.৭ : 25°C ও 1 atm চাপে 20 L ইথিলিন গ্যাস ও 80 L অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণ দহনের পর একই অবস্থায় গ্যাস মিশ্রণটির আয়তন কত হবে? [উ: 60 L]

[দ্রষ্টব্য : 25°C-এ উৎপাদ $H_2O(l)$ তরল হওয়ায় এটির আয়তন নগণ্য হবে।]

৩.২ রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

Calculation of Volume of Gaseous product from Equation

কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাস হলে সমতাকৃত সমীকরণ মতে উৎপাদের মোল সংখ্যা থেকে উৎপাদের আয়তন গণনা করা যায়। সমীকরণভিত্তিক যে কোনো প্রকার রাসায়নিক গণনায় নিচের সাধারণ ধাপগুলো অনুসরণ করতে হয় :

১. সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমতাকৃত সমীকরণ লেখ।

২. বিক্রিয়কের ভর থেকে মোল সংখ্যা গণনা কর।

৩. সমীকরণ মতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যার সম্পর্ক ব্যবহার কর।

৪. প্রশ্নমতে উৎপাদের মোল সংখ্যা থেকে ভর অথবা আয়তন বের কর।

৫. মোলার আয়তন গণনায় ব্যবহার করবে; $V = \frac{nRT}{P}$

৬. STP তে গ্যাসের আয়তন বের করতে বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র $\frac{P_oV_o}{T_o} = \frac{PV}{T}$ ব্যবহার করতে হবে।

অথবা, STP এর বেলায়, মোলার আয়তন $= 22.4\ L\ mol^{-1}$

$20^\circ C$ এর বেলায় মোলার আয়তন $= 24.04\ L\ mol^{-1}$

SATP এর বেলায় মোলার আয়তন $= 24.789\ L\ mol^{-1}$

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.১৪ : সমীকরণ মতে উৎপাদ-গ্যাসের আয়তন গণনা :

সোডিয়াম অ্যাজাইড (NaN_3) বিযোজিত হয়ে N_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। 45.0 g NaN_3 বিযোজনে $30^\circ C$ ও 1.15atm চাপে কত লিটার N_2 গ্যাস উৎপন্ন হবে?

দক্ষতা (Strategy) : প্রথমে সমতাকৃত সমীকরণ লিখে প্রত্যেক বিক্রিয়ক ও উৎপাদ-গ্যাসের মোল সংখ্যা মতে STP তে মোলার আয়তন লিখতে হবে। পরে বিক্রিয়কের ভর থেকে মোল সংখ্যা বের করে উৎপাদ-গ্যাসের মোল সংখ্যা গণনা করতে হবে। সবশেষে প্রদত্ত অবস্থায় আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ ব্যবহার করতে হবে।

সমাধান (Solution) : সংশ্লিষ্ট বিযোজন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

সমীকরণ : $2NaN_3(s) \longrightarrow 2Na(s) + 3\ N_2(g)$

মোল সংখ্যা : 2 mol 3 mol

NaN_3 এর মোলার ভর = 65.0 g/mol

MCQ-3.1: 25°C এ 12.395L O_2 গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত?

(ক) 3.11×10^{23} (খ) 3.02×10^{22}

(গ) 3.01×10^{23} (ঘ) 3.21×10^{23}

ব্যবহৃত NaN_3 এর মোলসংখ্যা $= (45.0g\ NaN_3) \times \frac{1mol\ NaN_3}{65.0gNaN_3} = 0.692mol\ NaN_3$

সমীকরণ মতে, 2mol NaN_3 থেকে 3mol N_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ N_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা $= (0.692\ mol\ NaN_3) \times \frac{3mol\ N_2\ গ্যাস}{2mol\ NaN_3} = 1.04\ mol\ N_2$ গ্যাস।

এখন $30^\circ C$ বা, $(30 + 273)K = 303K$ তাপমাত্রা ও 1.15 atm চাপে 1.04 mol N_2 গ্যাসের আয়তন হবে,

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1.04\ mol \times 0.08206 L.\ atm.K^{-1}mol^{-1} \times 303K}{1.15\ atm} = 22.5\ L$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৫ : প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 15L কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করতে কী পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করতে হবে?

সমাধান : একত্রে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি হচ্ছে নিম্নরূপ :

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের আণবিক ভর ও গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন উল্লেখ করলে সমীকরণটি নিম্নরূপ দাঁড়ায় :

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} CaO(s) + CO_2(g)$$

পারমাণবিক ভর এককে	$(40 + 12 + 16 \times 3)$	$(40 + 16)$	$(12 + 16 \times 2)$
	$= 100$	$= 56$	$= 44$
গ্রাম হিসাবে	100g	56g	= 44g
(গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন উল্লিখিত হয়েছে।)	(কঠিন বস্তু)	(কঠিন বস্তু)	(গ্যাস, 1 mol, সুতরাং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4L)

প্রদত্ত উদাহরণে CaO এর ভর অপ্রয়োজনীয়। এ সমীকরণ হতে দেখা যায় যে,

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4 L CO_2 পাওয়া যায় 100g $CaCO_3$ হতে

∴ " " 15 L CO_2 পাওয়া যায় $= \frac{100 \times 15}{22.4}$

$= 66.96g\ CaCO_3$ হতে (উত্তর)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৬ : 5 গ্রাম $KClO_3$ সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হলে প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে কত mL অক্সিজেন পাওয়া যাবে? [K = 39, Cl = 35.5]

সমাধান : $KClO_3$ এর বিযোজন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2$$

$2 \times (39 + 35.5 + 16 \times 3)$ 3×32

245g $3 \times 32g$ বা, $3 \times 22.4L$

(প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে)

বিক্রিয়ার সমীকরণ হতে দেখা যায়,

245g $KClO_3$ এর বিযোজন হতে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় $= 3 \times 22.4L$

$= 3 \times 22.4 \times 1000mL$

∴ 5g $KClO_3$ এর বিযোজন " " " " " " $= \frac{3 \times 22.4 \times 1000 \times 5}{245}$ mL

$= 1371.5mL$ **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৭ : 210g মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) হতে যে পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন করা যায়; ঐ পরিমাণ অক্সিজেন উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$)-কে তীব্র তাপে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন? [Hg = 200,. K = 39.11

সমাধান : মারকিউরিক অক্সাইড হতে অক্সিজেন প্রস্তুতির সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$2HgO \xrightarrow{\Delta} 2Hg + O_2(g)$$

$2(200 + 16)$ 16×2

$= 432g$ $= 32g$

সুতরাং 432g HgO হতে পাওয়া যায় 32g অক্সিজেন।

$\therefore$ 210 g HgO হতে " " " $= \frac{32 \times 210}{432} = 15.56g$ অক্সিজেন।

আবার পটাসিয়াম ক্লোরেট হতে অক্সিজেন প্রস্তুতির সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$2KClO_3 \xrightarrow{\Delta} 2KCl + 3O_2(g)$$

$2(39.1 + 35.5 + 48)$ $3(16 \times 2)$

$= 245.2$ g $= 96$ g

সুতরাং 96g অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায় 245.2g $KClO_3$ হতে।

$\therefore$ 15.56g অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায় $\frac{245.2 \times 15.56}{96}$ g $KClO_3$ হতে।

$= 39.74$ g $KClO_3$

$\therefore$ 39.74g $KClO_3$ প্রয়োজন। (উত্তর)

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৮ : 184 g $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে 96g অবশেষ পাওয়া যায়। মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ বের কর।

সমাধান : মনে করি, মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ আছে = xg

$\therefore$ মিশ্রণটিতে $MgCO_3$ এর পরিমাণ = (184 – x)g

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} \boxed{CaO} + CO_2(g); \qquad MgCO_3 \xrightarrow{\Delta} \boxed{MgO} + CO_2(g)$$

$(40 + 12 + 48)g$ $(40 + 16)g$ $(24 + 12 + 48)g$ $(24 + 16)g$

$= 100$ $= 56g$ $= 84g$ $= 40g$

সমীকরণ মতে,

100g $CaCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে 56g CaO

$\therefore$ xg $CaCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে $\frac{56 \times x}{100}$ g CaO

আবার 84g $MgCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে 40g MgO

$\therefore$ (184 – x)g $MgCO_3$ থেকে অবশেষ থাকে $\frac{40 \times (184 - x)}{84}$ g MgO

প্রশ্নমতে, $\frac{56 \times x}{100} + \frac{40 \times (184 - x)}{84} = 96$

বা, $\frac{7x}{100} + \frac{5(184 - x)}{84} = 12$

বা, $84 \times 7x + 100 \times 5\,(184 - x) = 12 \times 100 \times 84$

বা, $588x - 500x = 100800 - 92000$

বা, $88x = 8800$

$\therefore x = 100$

অতএব, 184g মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে = 100g

$\therefore$ 100g মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে = $\frac{100 \times 100}{184} = 54.3478$g

সুতরাং মিশ্রণটিতে $MgCO_3$ এর শতকরা পরিমাণ = (100 – 54.3478) = 45.6522

উত্তর : মিশ্রণটিতে $CaCO_3$ আছে = 54.3478% এবং $MgCO_3$ আছে = 45.6522%

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৯ : $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ এর 7.85g মিশ্রণকে অতিরিক্ত পরিমাণ HCl এসিডে দ্রবীভূত করে প্রমাণ অবস্থায় 1.84L CO_2 গ্যাস পাওয়া যায়। মিশ্রণটিকে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$ এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : মনে করি, মিশ্রণটিতে xg $CaCO_3$ আছে। সুতরাং মিশ্রণে $MgCO_3$ আছে = (7.85 – x)g।

সংশ্লিষ্ট সমীকরণ : $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + \boxed{CO_2} + H_2O$

$(40 + 12 + 16 \times 3)$g = 100g

1 mol = 22.4L (S.T.P)

সমীকরণ মতে, 100g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় 22.4L CO_2 (STP তে)

$\therefore$ xg $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় = $\frac{22.4 \times x}{100}$ L CO_2 (STP তে)

আবার $MgCO_3 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + \boxed{CO_2} + H_2O$

$(24.3 + 12 + 16 \times 3)$g = 84.3g

1 mol = 22.4L (S.T.P তে)

সমীকরণ মতে, 84.3g $MgCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় 22.4L CO_2 (STP তে)

$\therefore$ (7.85 – x)g $MgCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় = $\frac{22.4 \times (7.85 - x)L}{84.3}$ CO_2 (STP তে)

প্রশ্নমতে, $\frac{22.4 \times x}{100} + \frac{22.4 \times (7.85 - x)}{84.3} = 1.84$

বা, $22.4x \times 84.3 + 22.4 \times (7.85 - x) \times 100 = 1.84 \times 100 \times 84.3$

বা, $1888.32x + 17584 - 2240x = 15511.2$

বা, $351.68x = 2072.8$ বা, $x = \frac{2072.8}{351.68} = 5.894g$ (প্রায়)

∴ মিশ্রণে $CaCO_3$ আছে বিশুদ্ধ = 5.894g এবং $MgCO_3$ আছে = (7.85 – 5.894)g = 1.956g **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২০ : চুনাপাথরে 95% $CaCO_3$ আছে। লঘু হাইড্রোক্লরিক এসিডে 160g ঐ চুনাপাথর দ্রবীভূত করে আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে কত mL কার্বন ডাইঅক্সাইড পাওয়া যাবে?

সমাধান : 100g চুনাপাথরে আছে বিশুদ্ধ 95g $CaCO_3$

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

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\,(g)$$

100g 44g = 22.4L (প্রমাণ অবস্থায়)

100g $CaCO_3$ হতে আদর্শ উষ্ণতা ও চাপে CO_2 উৎপন্ন হয় 22.4L।

∴ 152g $CaCO_3$ হতে " " " " = $\frac{22.4 \times 152}{100}$ L = 34.048L।

আবার 34.048L = 34.048 × 1000mL = 34048mL **(উত্তর)**

অনেক সময় গ্যাসের বেলায় প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তে অন্য তাপমাত্রা ও চাপ উল্লিখিত থাকে। সেক্ষেত্রে প্রয়োজনানুসারে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ বা বয়েল ও চার্লসের সূত্র ব্যবহার করে প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসের আয়তন বের করে নিতে হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২১ : 12.5g চুনাপাথর ও হাইড্রোক্লোরিক এসিডের বিক্রিয়ার ফলে 37°C তাপমাত্রায় ও 750mm (Hg) চাপে 2.53L CO_2 পাওয়া গেল। ঐ চুনাপাথরে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ কত?

সমাধান : প্রথমে প্রদত্ত অবস্থায় CO_2 এর আয়তনকে প্রমাণ অবস্থায় (STP-তে) রূপান্তর করি। বয়েল ও চার্লসের সূত্র মতে,

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

$V_2 = \frac{P_1V_1}{T_1} \cdot \frac{T_2}{P_2}$

$\therefore V_2 = \frac{750 \times 2.53 \times 273}{310 \times 760}$

$= 2.2L$।

প্রদত্ত অবস্থায় গ্যাসের চাপ, $P_1 = 750mm\ (Hg)$

CO_2 গ্যাসের আয়তন, $V_1 = 2.53L$

CO_2 গ্যাসের আয়তন, $T_1 = (273 + 37) = 310K$

প্রমাণ অবস্থায় চাপ, $P_2 = 760mm\ (Hg)$

গ্যাসের আয়তন, $V_2 = ?$

গ্যাসের তাপমাত্রা, $T_2 = 273K$

$CaCO_3$ এর সাথে HCl এর বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2(g)$

$(40 + 12 + 16 \times 3)$ $(12 + 16 \times 2)$

$=100g$ 44g বা প্রমাণ অবস্থায় 22.4L।

সমীকরণ মতে, প্রমাণ অবস্থায় 22.4L CO_2 পাওয়া যায় 100g $CaCO_3$ হতে।

$\therefore$ " " 1 L CO_2 " " $= \frac{100}{22.4}$ g $CaCO_3$ হতে।

$\therefore$ " " 2.2L CO_2 " " $= \frac{100 \times 2.2}{22.4}$ g $CaCO_3$ হতে।

$= 9.82g\ CaCO_3$ হতে।

$\therefore$ 12.5 g চুনাপাথরে 9.82g $CaCO_3$ আছে। **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২২ : 250°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে 10g অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট নিম্নোক্ত সমীকরণ মতে বিস্ফোরিত হলে কত লিটার গ্যাস উৎপন্ন হবে?

$2NH_4NO_3(s) \longrightarrow 2N_2(g) + 4H_2O(g) + O_2(g)$

দক্ষতা : প্রদত্ত বিক্রিয়ায় তিনটি উৎপাদই গ্যাসীয় অবস্থায় আছে।

সমাধান : প্রদত্ত বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো—

সমীকরণ	:	$2NH_4NO_3(s \xrightarrow{\Delta}$	$2N_2(g)$	+ $4H_2O(g)$	+	$O_2(g)$
মোল সম্পর্ক	:	2mol	2mol	4 mol		1 mol
আয়তন সম্পর্ক	:	$2(14 + 4 + 14 + 48)$ = 160g	2×22.4L (STP-তে)	4×22.4 L (STP-তে)		22.4 L (STP-তে)

অর্থাৎ STPতে 160g NH_4NO_3 বিযোজন উৎপন্ন গ্যাসের মোট আয়তন $= (2 \times 22.4 + 4 \times 22.4 + 22.4)$L

$= 7 \times 22.4$L $= 156.8$L

আবার STP-তে 156.8L গ্যাস মিশ্রণের আয়তন প্রদত্ত বিক্রিয়া পরিবেশ যেমন 250°C বা (250 + 273) K = 523K তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে যদি V আয়তন হয়, তবে বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সমীকরণ মতে পাই, $\frac{PV}{T} = \frac{P_oV_o}{T_o}$

বা, $\frac{1atm \times V}{523K} = \frac{1atm \times 156.8L}{273K}$ $\therefore V = \frac{523 \times 156.8L}{273} = 300.39L$

523K ও 1 atm চাপে 160g NH_4NO_3 থেকে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন = 300.39L

$\therefore$ 523K ও 1atm চাপে 10g NH_4NO_3 থেকে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন $= \frac{300.39 \times 10}{160} = 18.7$L **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা : ৩.২৩ : ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) পানির সাথে বিক্রিয়া করে অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2) উৎপন্ন করে। 32g CaC_2 ও পানির বিক্রিয়ায় 27°C ও 1 atm চাপে কত লিটার অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হবে?

দক্ষতা : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ থেকে STP তে বিক্রিয়কের গ্রাম আণবিক ভর ও উৎপন্ন গ্যাসের মোলার আয়তন সম্পর্ক ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো :

$CaC_2(s) + 2H\text{–}OH \longrightarrow Ca(OH)_2(s) + C_2H_2(g)$

1 mol — 1 mol

(40 + 24)g — 22.4L

= 64 g — (STP তে)

অর্থাৎ STP তে 64g CaC_2 ও পানির বিক্রিয়ায় 22.4L অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন হয়।

আবার STP তে 22.4L গ্যাসের আয়তন প্রদত্ত তাপমাত্রা 27°C বা (27 + 273) K = 300K ও 1 atm চাপে যদি V আয়তন হয়, তবে বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সমীকরণ মতে পাই,

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_o \times V_o}{T_o}$$

বা, $\frac{1atm \times V}{300K} = \frac{1atm \times 22.4L}{273K}$; $\therefore V = \frac{300 \times 22.4L}{273} = 24.62L$

300K ও 1 atm চাপে 64g CaC_2 থেকে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন = 24.62L

300K ও 1 atm চাপে 32gCaC_2 থেকে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন = $\frac{24.62L \times 32}{64}$ = 12.31L **(উত্তর)**

শিক্ষার্থী নিজে কর : উৎপাদ গ্যাসের আয়তনভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৮(ক) : 250 g $CaCO_3$ এর তাপ বিযোজনে উৎপন্ন CO_2 গ্যাস 35°C ও 1.50 atm চাপে কত আয়তন হবে? [উ: 42.124 L]

সমস্যা-৩.৮(খ) : প্রমাণ অবস্থায় 15 L CO_2 গ্যাস প্রস্তুত করতে কী পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করতে হবে? [উ: 66.96 g $CaCO_3$]

সমস্যা-৩.৮(গ) : চুনাপাথরে 95% $CaCO_3$ আছে। 160 g ঐ চুনাপাথর ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় STP তে কত লিটার CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হবে? [উ: 34.048 L]

সমস্যা-৩.৮(ঘ) : 95% $CaCO_3$ বিশিষ্ট একটি চুনাপাথর নমুনার 200 g কে তাপ প্রয়োগে সম্পূর্ণ বিযোজিত করে SATP তে কত লিটার CO_2 গ্যাস পাওয়া যাবে? [উ: 47.1 L]

সমস্যা-৩.৮(ঙ) : 85% বিশুদ্ধ 20g চুনাপাথর ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় STP-তে কত লিটার X গ্যাস উৎপন্ন হবে? [উ: 3.8L] [দি. বো.২০১৫]

সমস্যা-৩.৮(চ) : চুনাপাথরের একটি নমুনায় 96% $CaCO_3$ আছে। ঐ চুনাপাথরের 150 g পরিমাণ ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2 গ্যাস 25°C ও 1.1atm চাপে কত আয়তন হবে? [উ: 32.01 L]

সমস্যা ৩.৯(ক) : 840 g লোহিত তপ্ত লৌহ গুঁড়ার ওপর স্টিম চালনা করা হলো। উৎপন্ন H_2 গ্যাসের আয়তন SATP তে কত হবে? [উ: 497.11 L]

সমস্যা-৩.৯(খ) : 27°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে 100L আয়তনের একটি বেলুনকে H_2 গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করতে হবে। প্রয়োজনীয় আয়তনের (STP তে) H_2 গ্যাস প্রস্তুত করতে কত গ্রাম উত্তপ্ত লৌহ ও স্টিমের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাতে হবে? [উ: 91L H_2; 170.17g Fe]

সমস্যা-৩.১০(ক) : পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) এর তাপ বিযোজনে O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। 200 g $KClO_3$

থেকে উৎপন্ন O_2 গ্যাস 27°C ও 1.5 atm চাপে কত আয়তন দখল করবে? [উ: 40.19 L]

সমস্যা-৩.১০ (খ) : 200g HgO কে উত্তপ্ত করে STP তে যত লিটার অক্সিজেন পাওয়া যায়, সেই আয়তনের O_2 গ্যাস পেতে কী পরিমাণ $KClO_3$ কে উত্তপ্ত করতে হবে? [উ: 37.72g]

সমস্যা-৩.১১(ক) : দেশলাইয়ের একটি কাঠি জ্বালালে কাঠির মাথার P_4S_3 এর দহনের ফলে P_4O_{10} এর সাদা ধোঁয়া ও SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। 27°C ও 1 atm চাপে 0.062g P_4S_3 এর দহনের ফলে উৎপন্ন SO_2 গ্যাসের আয়তন কত হবে? [P = 31, S = 32] [উ: 0.0208L]

সমস্যা-৩.১১(খ) : 22g FeS ও অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2S গ্যাসকে বাতাসে পোড়ালে যে পরিমাণ SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয় তার আয়তন 25°C তাপমাত্রা ও 750mm (Hg) চাপে কত হবে? [উ: 6.20L]

সমস্যা-৩.১২(ক) : 27°C তাপমাত্রায় ও 750mm (Hg) চাপে 2.24L NH_3 গ্যাস উৎপন্ন করার জন্য কত গ্রাম নিশাদল (NH_4Cl) কে চুনের সাথে বিক্রিয়া ঘটাতে হবে? [উ: 4.80g]

সমস্যা-৩.১২(খ) : 24.5g $KClO_3$ কে উত্তপ্ত করে প্রাপ্ত O_2 গ্যাসকে 10g বিশুদ্ধ ও উত্তপ্ত কার্বনের ওপর দিয়ে চালনা করা হলো। এর ফলে উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন 27°C ও 750mm (Hg) চাপে কত হবে? [উ: 7.482L]

সমস্যা-৩.১৩(ক) : 27°C তাপমাত্রায় ও 750mm (Hg) চাপে 2L N_2 গ্যাস উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ NH_3 গ্যাস ও Cl_2 গ্যাসের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাতে হবে? [উ: NH_3 = 2.726g; Cl_2 = 17.078g]

সমস্যা-৩.১৩(খ) : 27°C তাপমাত্রায় ও 750mm (Hg) চাপে 2L Cl_2 গ্যাসকে KI এর জলীয় দ্রবণে চালনা করলে কত গ্রাম আয়োডিন উৎপন্ন হবে? [উ: 20.36g]

সমস্যা-৩.১৪(ক): 12.5g চুনাপাথর ও হাইড্রোক্লোরিক এসিডের বিক্রিয়ার ফলে 37°C তাপমাত্রায় ও 750m.m(Hg) চাপে 2.53L কার্বন ডাইঅক্সাইডে (CO_2) পাওয়া গেল। চুনাপাথরে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের ($CaCO_3$) পরিমাণ কত? [উ: 9.82 g]

সমস্যা-৩.১৪(খ) : 20g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন সমস্ত CO_2 গ্যাসকে Na_2CO_3 এ পরিণত করতে কী পরিমাণ কস্টিক সোডা প্রয়োজন হবে? [উ: 16 g]

সমস্যা-৩.১৪(গ : চুনাপাথরের একটি নমুনায় 60% $CaCO_3$ আছে। এক লিটার মোলার কস্টিক সোডা দ্রবণের NaOH কে সম্পূর্ণরূপে Na_2CO_3 এ পরিণত করতে যে পরিমাণ CO_2 প্রয়োজন তা উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ ঐ চুনাপাথর প্রয়োজন হবে? [উ: 83.33g চুনাপাথর]

৩.৩ বিক্রিয়কের ভর থেকে উৎপাদ গ্যাসের ভর ও আয়তন গণনা

Calculation of Mass & Volume of gaseous Product from Mass of Reactant

১. এক্ষেত্রে বিক্রিয়কের ভরকে মোল এককে পরিণত করতে হবে।

২. সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমতাকৃত সমীকরণ মতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সম্পর্ক থেকে উৎপাদের মোলার ভর ও মোলার আয়তন গণনা করা যায়।

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.২৪ : উৎপাদ-গ্যাসের ভর ও আয়তন গণনা

কপার পাইরাইটস (Cu_2S) থেকে কপার ধাতু নিষ্কাশনকালে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়; যা H_2SO_4 এসিড উৎপাদনে ব্যবহার করা যায়। 100 kg Cu_2S থেকে কত পরিমাণ SO_2 উৎপন্ন হবে তা ভর ও আয়তনে SATP তে বের কর।

দক্ষতা : রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক গণনার সাধারণ ধাপগুলো অনুসরণ করতে হবে।

সমাধান : সাধারণ ধাপগুলো হলো—

সমতাযুক্ত সমীকরণ : $\underset{2\text{ mol}}{2Cu_2S(s)} + 3O_2(g) \rightarrow 2Cu_2O(s) + \underset{2\text{mol}}{2SO_2(g)}$

Cu_2S এর মোলার ভর = $(63.5 \times 2 + 32)g = 159g/mol$

159 g Cu_2S = 1 mol Cu_2S

100 kg বা, 1.0×10^5g Cu_2S $= \frac{1.0 \times 10^5 \times 1 \text{ mol } Cu_2S}{159} = 628.93\text{mol } Cu_2S$

MCQ-3.2: SATP বলতে গ্যাসের নিম্নোক্ত অবস্থাকে বোঝায়—
(i) 298K, (ii)100 kPa,
(iii) 22.4L mol^{-1}
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সমীকরণ মতে, 2 mol Cu_2S থেকে 2mol SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

∴ SO_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা = 628.93mol SO_2 গ্যাস

SO_2 এর মোলার ভর = 64g/mol

∴ উৎপন্ন SO_2 গ্যাসের ভর = 64g/mol × 628.93 mol SO_2 গ্যাস

= 40,251.52g SO_2 গ্যাস

আবার, SATP তে SO_2 গ্যাসের মোলার আয়তন = 24.789L. mol^{-1}

∴ উৎপন্ন SO_2 এর আয়তন = 628.93mol SO_2 × 24.789 L.mol^{-1} = 15590.55 L

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২৫ : একজন হিমালয় পর্বত আরোহীর দৈহিক শক্তি অর্জনের জন্য প্রতি ঘণ্টায় 35g গ্লুকোজ প্রয়োজন হয়। একদিনের যাত্রার জন্য প্রয়োজনীয় গ্লুকোজের দেহকোষে জারণকালে অক্সিজেন সিলিন্ডার থেকে ব্যয়িত O_2 গ্যাস ও উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ গ্রাম ও লিটার এককে প্রমাণ অবস্থায় গণনা কর।

দক্ষতা : রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক মোল ও আয়তনের সম্পর্ক মতে গণনা করতে হবে।

সমাধান : দেহকোষে গ্লুকোজের জারণের ফলে উৎপন্ন শক্তি থেকে পর্বত আরোহী দৈহিক শক্তি লাভ করে। গ্লুকোজের জারণ বিক্রিয়াটি হলো :

$C_6H_{12}O_6$ (s)	+	$6O_2$ (g)	⟶	$6CO_2$ (g)	+	$6H_2O$ (l)
1 mol		6 mol		6 mol		
180g		6×32g		6×44g		
		6×22.4L (STP)		6×22.4L (STP)		

একদিনে প্রয়োজনীয় গ্লুকোজের পরিমাণ = 35g × 24 = 840g

সমীকরণ মতে, 180g গ্লুকোজের দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন = 6 mol O_2

∴ 840g গ্লুকোজের দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন $= \frac{6 \times 840}{180} = 28$ mol

∴ 28 mol $O_2 = 28 \times 32g = 896g$ O_2 গ্যাস

আবার STP তে 28mol $O_2 = 28 \times 22.4L = 627.2L$ O_2 গ্যাস

আবার সমীকরণ মতে ব্যয়িত O_2 এর মোল সংখ্যা ও উৎপন্ন CO_2 এর মোল সংখ্যা সমান। তাই উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন STP তে 627.2L হবে এবং CO_2 এর ভর হবে = $28 \times 44g = 1232g\ CO_2$

[উত্তর : O_2 = 627.2L, 896g; CO_2 = 627.2L, 1232g]

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২৬ : চুনাপাথর ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। 85% বিশুদ্ধ 20g চুনাপাথর ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় STPতে উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন ও ভর গণনা কর। [দি. বো. ২০১৫]

দক্ষতা : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ থেকে মোল ও মোলার আয়তন ব্যবহৃত হয়।

সমাধান : প্রশ্নমতে চুনাপাথরে 85% $CaCO_3$ আছে।

অর্থাৎ 100g চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ আছে = $85g CaCO_3$

$\therefore$ 20g চুনাপাথরে বিশুদ্ধ $CaCO_3$ আছে $= \frac{85 \times 20}{100}\ g\ CaCO_3$

$= 17g\ CaCO_3$

বিক্রিয়াটির সমতাযুক্ত সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :

$CaCO_3\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow CaCl_2\ (aq) + CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$

100 g 44g = 22.4L (STP)

সমীকরণ মতে, 100g $CaCO_3$ থেকে CO_2 উৎপন্ন হয় = $44g\ CO_2$

$\therefore$ $17g\ CaCO_3$ থেকে CO_2 উৎপন্ন হয় $= \frac{44 \times 17g}{100} = 7.48gCO_2$

সমীকরণ মতে,

1 mol বা, $44g\ CO_2$ গ্যাস STP তে 22.4L আয়তন হয়

$\therefore$ $7.48gCO_2$ গ্যাস STP তে $\frac{22.4 \times 7.48L}{44} = 3.8L$

উত্তর : 3.8L CO_2; 7.48g CO_2।

শিক্ষার্থী নিজে কর : উৎপাদ গ্যাসের ভর ও আয়তনভিত্তিক :

সমস্যা ৩.১৫ : সংস্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 উৎপাদনের বেলায় সালফার বার্নারে সালফার দহনে SO_2 প্রস্তুত করা হয়। 300kg বিশুদ্ধ সালফার থেকে কী পরিমাণ SO_2 উৎপন্ন হবে তা SATP তে ভর ও আয়তনে বের কর। [উ: 6.0×10^5g; 232396.88L]

সমস্যা - ৩.১৬ : পরীক্ষাগারে জিংক ও লঘু H_2SO_4 এসিডের বিক্রিয়ায় H_2 গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। 200g জিংক থেকে কী পরিমাণ H_2 গ্যাস উৎপন্ন হবে তা 20°C তাপমাত্রায় ভর ও আয়তনে বের কর। [উ: 6.165g; 73.51L]

সমস্যা-৩.১৭ : ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) ও পানির বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। 500g CaC_2 থেকে উৎপন্ন অ্যাসিটিলিনের ভর ও STP তে আয়তন বের কর। [উ: 203.125g ; 175L]

সমস্যা - ৩.১৮(ক) : 5.0g $KClO_3$ কে সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত করে উৎপন্ন O_2 গ্যাসের ভর ও STP তে আয়তন বের কর। [উ: 1.959g; 1371.5mL

সমস্যা-৩.১৮(খ) : পটাসিয়াম ক্লোরেট $\xrightarrow{\Delta}$ A (g) + KCl(s)। এক্ষেত্রে 5g 'A' (g) উৎপন্ন করতে কত গ্রাম বিক্রিয়ক প্রয়োজন হবে? [উ: 12.76g] [দি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.১৯(ক) : পরীক্ষাগারে নিশাদল (NH_4Cl) ও কুইক লাইম (CaO) এর বিক্রিয়ায় NH_3 গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। 25g NH_4Cl এর সাথে অধিক পরিমাণ CaO মিশিয়ে মিশ্রণটি উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন ও ভর SATP তে গণনা কর। [উ: 11.58L. 7.94g]

সমস্যা-৩.১৯(খ) : পরীক্ষাগারে পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) এর সাথে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড (MnO_2) মিশিয়ে ঐ মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে O_2 গ্রাস প্রস্তুত করা হয়। 10g $KClO_3$ এর সাথে অল্প MnO_2 মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে 20°C ও 1 atm চাপে উৎপন্ন O_2 গ্যাসের আয়তন ও ভর গণনা কর। [উ: 2.94L; 3.92g]

সমস্যা-৩.১৯(গ) : পরীক্ষাগারে গাঢ় HCl এসিড ও MnO_2 এর মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে Cl_2 গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। 10g MnO_2 এর সাথে গাঢ় HCl এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন Cl_2 গ্যাসের আয়তন ও ভর SATP তে গণনা কর। [উ: 2.85L; 8.166g]

সমস্যা-৩.১৯(ঘ) : পরীক্ষাগারে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় CO_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। 15g $CaCO_3$ এর সাথে গাঢ় HCl এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2 এর আয়তন ও ভর 20°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে গণনা কর। [উ: 3.6L; 6.6g]

সমস্যা-৩.১৯(ঙ) : ফেরাস সালফাইড (FeS) ও লঘু H_2SO_4 এসিডের বিক্রিয়ায় দুর্গন্ধযুক্ত, পরিবেশ দূষক ও বিষাক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) গ্যাস উৎপন্ন হয়। 12g FeS এর সাথে লঘু H_2SO_4 এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2S গ্যাসের আয়তন ও ভর SATP তে গণনা কর। [উ: 3.38 L; 4.64g]

সমস্যা-৩.১৯ (চ) : পরীক্ষাগারে ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) ও পানির বিক্রিয়ায় ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। 15g CaC_2 ও পানির বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথাইন গ্যাসের STP তে আয়তন ও ভর গণনা কর। [উ: 5.246L; 6.09g]

সীমিত-বিক্রিয়ক (Limiting Reactant) সহ গণনা

বাস্তব ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে দুটি বিক্রিয়কের ভরের পরিমাণ সঠিক অনুপাতে খুব কম ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। প্রায় ক্ষেত্রে কোনো একটি বিক্রিয়ক কম বা বেশি পরিমাণে মিশানো থাকে। বিক্রিয়া শেষে বেশি পরিমাণে মিশানো বিক্রিয়কটি অতিরিক্ত থেকে যায়। নিচের বিক্রিয়ার সমীকরণটি লক্ষ কর।

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

সমীকরণ মতে 1mol CH_4 এর পূর্ণ দহনের জন্য 2mol O_2 দরকার হয়; যদি 2 mol CH_4 এর সাথে 2mol O_2 মিশানো হয়; তখন পরিমাণে বেশি মিশানো CH_4 বিক্রিয়া শেষে অবিকৃত অবস্থায় অতিরিক্ত থেকে যাবে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় উৎপাদ CO_2 এর পরিমাণ O_2 এর ওপর নির্ভরশীল হবে; তাই বিক্রিয়ক O_2 এর পরিমাণের ওপর নির্ভর করে উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ গণনা করতে হবে। বিক্রিয়ায় কম পরিমাণে ব্যবহৃত বিক্রিয়কটিকে এক্ষেত্রে পরিমাণে **সীমিত বিক্রিয়ক; বা লিমিটিং রিঅ্যাক্টেন্ট** (Limiting reactant) বলে।

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.২৭ : সীমিত-বিক্রিয়কভিত্তিক গণনা :

প্রাথমিক অবস্থায় রকেটে জ্বালানিরূপে তরল হাইড্রাজিন (N_2H_4) ও তরল নাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড (N_2O_4) ব্যবহৃত হতো। উভয় তরলের সংস্পর্শে বিস্ফোরণসহ উৎপন্ন N_2 গ্যাস ও স্টিমের প্রবল চাপ সৃষ্টি করে। 1.0×10^2g

N_2H_4 ও 2.0×10^2g N_2O_4 মিশালে উৎপন্ন N_2 গ্যাসের পরিমাণ 25°C তাপমাত্রায় ভর এককে ও আয়তনে বের কর।

দক্ষতা : এখানে দুটি বিক্রিয়কের পরিমাণ দেয়া আছে। তাই এটি সীমিত বিক্রিয়ক সমস্যা হবে। রাসায়নিক গণনার সাধারণ ধাপগুলো অনুসরণ করতে হবে প্রত্যেক বিক্রিয়কসহ। সবশেষে উভয় বিক্রিয়কের মোল থেকে উৎপন্ন N_2 এর পরিমাণ দেখে সীমিত বিক্রিয়ক নির্ভর N_2 এর পরিমাণ ভর ও আয়তনে গ্রহণযোগ্য হবে।

সমাধান : সাধারণ ধাপ অনুসরণ :

সমীকরণ : $2N_2H_4(l) + N_2O_4(l) \longrightarrow 3N_2(g) + 4H_2O(g)$

মোল সম্পর্ক : 2mol 1mol 3mol

N_2H_4 থেকে N_2 এর মোল সংখ্যা গণনা : N_2H_4 এর মোলার ভর = 32.05g/mol

MCQ-3.3 : 11.5gNa ধাতু ও পানির বিক্রিয়ায় SATP-তে কত লিটার H_2 উৎপন্ন হবে।

(ক) 6.20 (খ) 12.38

(গ) 5.60 (ঘ) 6.10

$$N_2H_4 \text{ এর মোল সংখ্যা} = (1.0 \times 10^2\text{g } N_2H_4) \times \frac{1 \text{ mol } N_2H_4}{32.05\text{g}N_2H_4} = 3.12 \text{ mol } N_2H_4$$

$$\therefore N_2 \text{ এর মোল সংখ্যা} = (3.12 \text{ mol } N_2H_4) \times \frac{3 \text{ mol}N_2}{2\text{mol } N_2H_4} = \boxed{4.68 \text{ mol } N_2}$$

N_2O_4 থেকে N_2 এর মোল সংখ্যা গণনা : N_2O_4 এর মোলার ভর = 92.02g/mol

$$\therefore N_2O_4 \text{ এর মোল সংখ্যা} = (2.0 \times 10^2\text{g } N_2O_4) \times \frac{1 \text{ mol } N_2O_4}{92.02\text{g}N_2O_4} = 2.17 \text{ mol } N_2O_4$$

$$\therefore N_2 \text{ এর মোল সংখ্যা} = (2.17 \text{ mol } N_2O_4) \times \frac{3 \text{ mol}N_2}{1\text{mol } N_2O_4} = \boxed{6.51 \text{ mol } N_2}$$

$\therefore N_2H_4$ হলো সীমিত-বিক্রিয়ক, কারণ এর থেকে কম সংখ্যক মোল N_2 উৎপন্ন হয়েছে।

এখন N_2 এর মোল সংখ্যাকে ভর এককে রূপান্তর করে N_2 এর ভর হলো

$$= (4.68 \text{ mol } N_2) \times \frac{28.02\text{g } N_2}{1 \text{ mol } N_2} = \mathbf{131.13 \text{ g } N_2}$$

MCQ-3.4: 49g $KClO_3$ থেকে কত গ্রাম O_2 উৎপন্ন হবে?

(ক) 20g (খ) 19g

(গ) 19.2g (ঘ) 21g

আবার, N_2 এর মোল সংখ্যাকে 25°C তাপমাত্রায় লিটার এককে রূপান্তর করে পাই,

$$= (4.68 \text{ mol } N_2) \times \frac{24.789 \text{ L } N_2}{1 \text{ mol}N_2} = \mathbf{116.01LN_2}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২৮ : নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস থেকে হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। 500g N_2 ও 100g H_2 গ্যাসের মিশ্রণ থেকে কত গ্রাম NH_3 উৎপাদন করা সম্ভব হবে? এক্ষেত্রে কোনো লিমিটিং বিক্রিয়ক বা সীমিত বিক্রিয়ক আছে কীনা শনাক্ত কর।

দক্ষতা : বিক্রিয়কদ্বয়ের মোল সংখ্যা গণনা করতে হবে। বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে বিক্রিয়কদ্বয়ের মোল সম্পর্ক ব্যবহার করতে হবে।

সমাধান : প্রশ্ন মতে,

N_2 এর মোল সংখ্যা $= \frac{500g}{28gmol^{-1}} = 17.86mol$

H_2 এর মোল সংখ্যা $= \frac{100g}{2gmol^{-1}} = 50\ mol$

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :

$$\underset{1\ mol}{N_2\ (g)} + \underset{3\ mol}{3H_2\ (g)} \longrightarrow \underset{2\ mol = 34g}{2NH_3\ (g)}$$

উপরের সমীকরণ মতে,

1 mol N_2 এর জন্য 3 mol H_2 দরকার হয়।

$\therefore$ 17.86 mol N_2 এর জন্য $3 \times 17.86 = 53.58mol\ H_2$ দরকার

কিন্তু H_2 দেয়া আছে 50 mol। তাই এক্ষেত্রে H_2 এর পরিমাণ কম থাকায় H_2 হলো সীমিত বা লিমিটিং বিক্রিয়ক এবং N_2 হলো অতিরিক্ত বিক্রিয়ক।

লিমিটিং বিক্রিয়ক H_2 এর পরিমাণের ওপর নির্ভর করে উৎপাদ NH_3 উৎপন্ন হয়ে থাকবে।

সমীকরণ মতে, 3 mol H_2 থেকে 2 mol NH_3 বা 34g NH_3 উৎপন্ন হয়

$\therefore$ 50 mol H_2 থেকে $\frac{34g \times 50}{3} = 566.66g\ NH_3$ উৎপন্ন হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ : সীমিত বিক্রিয়কভিত্তিক

সমস্যা - ৩.২০ : মিথেন ও অক্সিজেন মিশ্রণের দহনে CO_2 ও পানি বাষ্প উৎপন্ন হয়। 2.0g CH_4 এবং 4.0gO_2 মিশ্রণের দহনে উৎপন্ন সর্বোচ্চ পরিমাণ CO_2 এর ভর ও SATP তে আয়তন কত হবে? [উ: 2.75 g, 1.55L]

সমস্যা - ৩.২১ : লোহা ও স্টিমের বিক্রিয়ায় উচ্চ তাপমাত্রায় H_2 গ্যাস উৎপন্ন করা যায়। 450 g Fe ও 150 g পানি থেকে উৎপন্ন স্টিমের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 এর পরিমাণ গ্রামে ও 20°C তাপমাত্রায় লিটার এককে বের কর। [উ: 16.79g; 200.25L]

সমস্যা - ৩.২২ : 2.02g ক্যালসিয়াম ও 2.02g H_2 গ্যাসের একটি মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে কত গ্রাম ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড (CaH_2) উৎপন্ন হবে? [উ: 2.1218g]

৩.৪ বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

To determine Volume of Gaseous Product

(১) সুলভ উপকরণ ব্যবহার করে বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা যাবে। এজন্য মধ্যম সক্রিয় ধাতু জিংক ও লঘু HCl এসিডের বিক্রিয়ায় H_2 গ্যাসকে পানির নিম্নমুখী অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করতে হবে। পানিতে অদ্রবণীয় গ্যাসকে এ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করতে হয়।

(২) এছাড়া 20-আয়তন H_2O_2 দ্রবণ ও MnO_2 এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন স্বল্প দ্রবণীয় O_2 গ্যাসকে পানি অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা যাবে।

ব্যবহারিক (Practical)

শিক্ষার্থীর কাজ :

সময় : ১ পিরিয়ড

পরীক্ষা নং-৭

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : বিক্রিয়ায় উৎপাদ গ্যাসের আয়তন নির্ণয়

মূলনীতি : নির্দিষ্ট ভরের জিংক ধাতু ও লঘু HCl এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 গ্যাসকে পানি অপসারণ প্রক্রিয়ায় দাগ কাটা কাচনল বা মেজারিং সিলিন্ডারে সংগ্রহ করে আয়তন (VmL) পাওয়া যায়।

$$Zn\ (s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2\ (g)$$

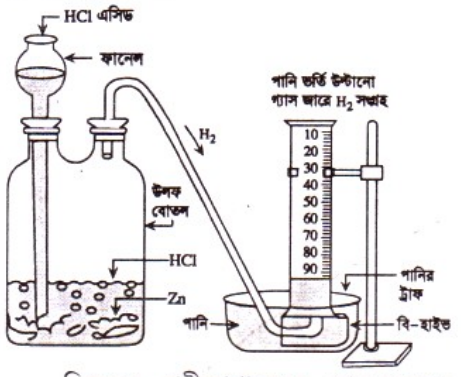
ব্যারোমিটার থেকে চাপ ও পানি থেকে তাপমাত্রা এবং ঐ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ জেনে সংগৃহীত H_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা, মোলার আয়তন ও ভর গণনা করা যায় :

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১) জিংক, (২) লঘু (HCl) এসিড, (৩) পানি।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) উলফ বোতল, (২) ফানেল, (৩) নির্গম নল সেট, (৪) দাগ কাটা গ্যাসজার অথবা মেজারিং সিলিন্ডার (250 cm^3), (৫) ওয়াটার ট্রাফ, (৬) থার্মোমিটার, (৭) ব্যারোমিটার।

কাজের ধারা :

(১) চিত্র ৩.১ অনুসারে একটি উলফ বোতলে 2g জিঙ্ক নাও। (২) উলফ বোতলের এক মুখে ফানেল ও অপর মুখে নির্গম নল কর্কসহকারে যুক্ত করে বায়ুরোধী কর। (৩) ওয়াটার ট্রাপে বি-হাইভসহ গ্যাস নির্গমন নলের মুখে পানি ভর্তি গ্যাসজারের অথবা মেজারিং সিলিন্ডারকে উল্টানো অবস্থায় ক্ল্যাম্প-স্ট্যান্ডসহ আটকিয়ে নাও। (৪) এবার ফানেলের মুখে লঘু HCl এসিড ঢেলে ফানেলের নিচের অংশ ডুবিয়ে রাখ। লক্ষ কর Zn ও HCl এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন H_2 গ্যাস পানিতে বুদবুদ সহকারে বের হচ্ছে এবং গ্যাসজারের ভেতরের পানিকে নিচে সরিয়ে ঐ H_2 গ্যাস-জারে জমা হচ্ছে। জমা হওয়া H_2 গ্যাসের আয়তন, VmL ধরে নিচের ডাটায় রেকর্ড কর।



চিত্র ৩.১: পরীক্ষাগারে H_2 গ্যাস সংগ্রহ।

(৫) থার্মোমিটার দিয়ে ট্রাফের পানির তাপমাত্রা (t°C) রেকর্ড কর। ল্যাবরেটরিতে থাকা ব্যারোমিটার থেকে বায়ুমণ্ডলের চাপ Pmm(Hg) রেকর্ড কর।

গণনা (Calculation) :

সংগৃহীত H_2 গ্যাসের প্রকৃত আয়তন গণনার জন্য প্রথমে মোল সংখ্যা (n) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $n = PV/RT$ থেকে বের করা যাবে। এজন্য ব্যারোমিটার পাঠ, P_{total} থেকে: t°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের আংশিক চাপ (P_{H_2O}) বিয়োগ করে H_2 গ্যাসের আংশিক চাপ P_{H_2} বের করা যাবে।

ধরা যাক, সংগৃহীত H_2 গ্যাসের আয়তন = VmL.

পানি বা গ্যাসের তাপমাত্রা = t°C

বায়ুমণ্ডলের চাপ (ব্যারোমিটার থেকে) = P_{total} (mmHg) [

জলীয় বাষ্পের চাপ (t°C এ) = P_{H_2O} (mmHg) চার্ট থেকে]

∴ H_2 গ্যাসের আংশিক চাপ $P_{H_2} = (P_{total} - P_{H_2O})$ = P mmHg

∴ H_2 গ্যাসের আংশিক চাপ

$$P_{H_2}(atm) = P mmHg \times \frac{1\ atm}{760 mmHg} = P\frac{(atm)}{760}$$

H_2 গ্যাসের আয়তন (L) = $VmL \times \frac{1L}{1000mL} = \frac{V(L)}{1000}$

H_2 গ্যাসের তাপমাত্রা, T(K) = (t□C + 273) = (t + 273)K H_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা, n_{H_2} = ? (অজানা)

∴ H_2 এর মোল সংখ্যা, $n_{H_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{P(atm)/760 \times V(L)/1000}{0.082L\ atm\ K^{-1}mol^{-1} \times (t + 273)K}$

এখন নির্ণীত H_2 এর মোল সংখ্যা থেকে STP তে ও SATP তে আয়তন বের করা যাবে।

> জেনে নাও : ডালটনের আংশিক চাপের গাণিতিক সম্পর্ক থেকে পাই :
> **উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ = ঐ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ × মিশ্র গ্যাসের মোট চাপ (P_{total})**
> ∴ $P_A = X_A \times P_{total}$
> উপাদান গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ যত বেশি হবে, এর আংশিক চাপ তত বেশি হবে,
> ∴ $P_A \propto X_A$

N.B. এ পরীক্ষা থেকে মিশ্র গ্যাসের আংশিক চাপের ধারণা পাওয়া যাবে।
গ্যাসের আংশিক চাপ বলতে বিক্রিয়াবিহীন গ্যাস মিশ্রণের প্রত্যেক উপাদান এককভাবে মিশ্রণের সমগ্র আয়তন দ করে যে চাপ দেয়, একে ঐ উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলে। এখানে H_2 গ্যাস ও জলীয় বাষ্প মিলে গ্যাস মিশ্রণ সৃষ্টি করেছে।

৩.৫ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটি (Molarity or Molar Concentration)

ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত এসিড, ক্ষার ইত্যাদি দ্রবের ঘনমাত্রা মোলারিটি (M) এককে প্রকাশ করা হয়।

মোলারিটি : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে যত মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকে, সে মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণে দ্রবটির মোলারিটি বলে।

$$\therefore \text{দ্রবের মোলারিটি (M)} = \frac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা (n)}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন (L)}} = \frac{\text{দ্রবের ভর (g)/গ্রাম আণবিক ভর } (M_w)g}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন (L)}}$$

যেমন, 30°C তাপমাত্রায় 500mL Na_2CO_3 এর দ্রবণে 53g Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। এক্ষেত্রে দ্রবণটিতে Na_2CO_3 এর মোলারিটি হবে :

$$Na_2CO_3 \text{ এর মোলারিটি, (M)} = \frac{Na_2CO_3 \text{ এর ভর}/Na_2CO_3 \text{ এর গ্রাম আ: ভর}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$$

$$= \frac{53g/106gmol^{-1}}{\left(\frac{500}{1000}\right)L} = \frac{0.5mol}{0.5L} = 1.0\ molL^{-1}$$

∴ এ দ্রবণে Na_2CO_3 এর মোলারিটি হলো 1.0। এটিকে 1.0 মোলার দ্রবণ বলে।

মোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে 1mol দ্রব দ্রবীভূত থাকলে এ দ্রবণকে দ্রবটির এক মোলার (1M) দ্রবণ বলে। যেমন, 25°C-এ 1 লিটার দ্রবণে 1 mol Na_2CO_3 বা 106g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হলে ঐ দ্রবণকে 1M Na_2CO_3 দ্রবণ বলা হয়।

ডেসিমোলার দ্রবণ : এক লিটার দ্রবণে দ্রবের এক-দশমাংশ মোল দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের ডেসি মোলার (0.1M) দ্রবণ বলে। যেমন, 25°C-এ 1 লিটার দ্রবণে 0.1 mol Na_2CO_3 বা 10.6g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হলে ঐ দ্রবণকে 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ বলা হয়।

সেমি মোলার দ্রবণ : প্রতি লিটার দ্রবণে অর্ধমোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের সেমি মোলার (0.5M) দ্রবণ বলে। যেমন, 25°C-এ 1 লিটার দ্রবণে অর্ধমোল বা 0.5 mol বা 53g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হলে ঐ দ্রবণকে 0.5M Na_2CO_3 দ্রবণ বলা হয়। ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন পরীক্ষা কাজে সাধারণত 0.1M দ্রবণ ব্যবহৃত হয়।

জেনে নাও : 'মোলার দ্রবণ তাপমাত্রা নির্ভরশীল' ; এর কারণ হলো; সংজ্ঞা মতে, এক লিটার দ্রবণে 1 মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে তাকে মোলার দ্রবণ বলে। মোলার দ্রবণের একক হলো $molL^{-1}$. এক্ষেত্রে দ্রবটি মোল এককে বা গ্রাম এককে আছে। গ্রাম একক তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয়। কিন্তু দ্রবণের আয়তন লিটার এককে। তরল পদার্থের আয়তনের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব আছে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তরলের আয়তন উল্লেখযোগ্য হারে বৃদ্ধি পায়। তখন দ্রবের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়। এজন্য বলা হয় মোলার দ্রবণ তাপমাত্রা নির্ভরশীল।

* ইতিপূর্বে কোনো দ্রবণের ঘনমাত্রাকে প্রকাশের পাঁচটি একক ব্যবহৃত হতো। যেমন, (১) মোলার দ্রবণ (২) মোলাল দ্রবণ, (৩) নরমাল দ্রবণ (৪) শতকরা পরিমাণ, (৫) মোল ভগ্নাংশ ইত্যাদি। বর্তমানে মোলাল দ্রবণ, (প্রতি কিলোগ্রাম দ্রাবকে এক মোল দ্রব থাকে; এটি তাপমাত্রার প্রভাবমুক্ত) এবং নরমাল দ্রবণ (প্রতি লিটার দ্রবণে এক গ্রাম তুল্য ভর দ্রব থাকে) পদ দটি দ্রবণের ঘনমাত্রার এককরূপে ব্যবহৃত হয় না। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের এ দুটি একক

1 L দ্রবণে দ্রবের পরিমান	দ্রবণের নাম	দ্রবণের সংকেত	দ্রবের পরিমাণ (গ্রাম)			
			HCl	H_2SO_4	Na_2CO_3	NaOH
1 g তুল্য ভর	নরমাল দ্রবণ	(1N)	36.5	49	53	40
2 g তুল্য ভর	দ্বিগুন নরমাল	2(N)	73	98	106	80
3 g তুল্য ভর	ত্রি নরমাল	3(N)	109.5	147	159	120
1/10 g তুল্য ভর	ডেসি নরমাল	0.1(N)	3.65	4.9	5.3	4
1/100 g তুল্য ভর	সেন্টি নরমাল	0.01(N)	0.365	0.49	0.53	0.4

03. মোলার দ্রবন ও নরমাল দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য- N =Se

মূলনীতি : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে সংশ্লিষ্ট দ্রবের এক-দশমাংশ মোল দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ডেসি মোলার (0.1M) দ্রবণ বলে। সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) এর 0.1M দ্রবণ 250 mL ফ্লাস্কে প্রস্তুত করা হবে। সুতরাং প্রয়োজনীয় Na_2CO_3 এর পরিমাণ হলো–

$$0.1M = \frac{n(Na_2CO_3)}{0.25L} \text{ ; বা } n.(Na_2CO_3) = 0.1\ molL^{-1} \times 0.25L = 0.025\ mol$$

$1mol\ Na_2CO_3 = 106g\ Na_2CO_3$; $\therefore 0.025\ mol\ Na_2CO_3 = 0.025 \times 106g\ Na_2CO_3$

$= 2.65g\ Na_2CO_3$

অর্থাৎ 250 mL 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করতে 2.65g Na_2CO_3 প্রয়োজন।

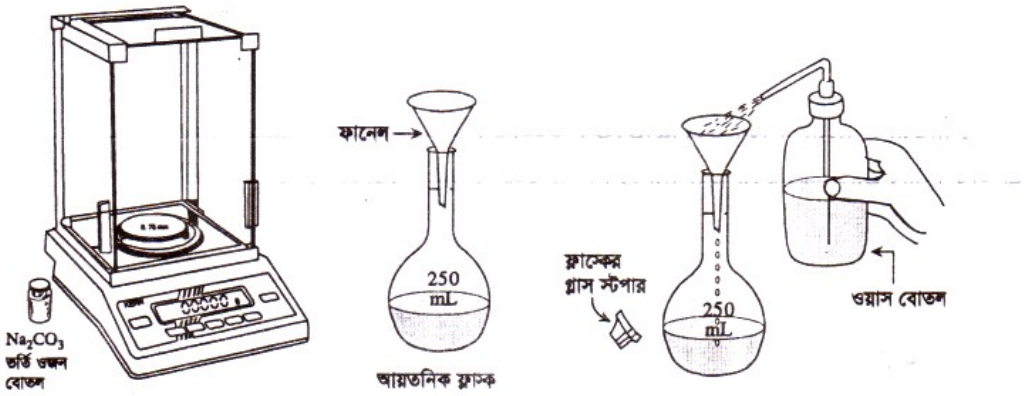
প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১) বিশুদ্ধ Na_2CO_3, (2) পানি

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) রাসায়নিক নিক্তি, (২) ওজন বোতল, (৩) আয়তনিক ফ্লাস্ক বা মেজারিং ফ্লাস্ক-250 mL (৪) ফানেল, (৫) পানি ভর্তি ওয়াস বোতল।

কাজের ধারা : (১) প্রয়োজনীয় দ্রবের ওজন নেয়া : প্রথমে রসায়ন ১ম পত্রের বইয়ের অনুচ্ছেদ- ১.৪.১ এ দেয়া পল বুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন গ্রহণ নিয়ম মতে Na_2CO_3 ভর্তি ওজন বোতলের ১ম ওজন নাও। অথবা নিচের চিত্র ৩.২ এর ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্সে Na_2CO_3 ভর্তি ওজন বোতলের ১ম ওজন নাও।

এখন আয়তনিক ফ্লাস্কের মুখে ফানেল বসিয়ে ঐ ফানেলের ওপর Na_2CO_3 ভর্তি ওজন বোতল থেকে ধীরে ধীরে Na_2CO_3 গুঁড়া ঢেলে 2.65g পরিমাণের কাছাকাছি পরিমাণ নাও। এবার Na_2CO_3 ভর্তি ওজন বোতলের ২য় ওজন রেকর্ড কর। (১ম ওজন – ২য় ওজন) = গৃহীত Na_2CO_3 এর ভর = 2.703g (মনে করি)।

(২) আয়তনিক ফ্লাস্কে দ্রবের স্থানান্তর : এবার চিত্র মতে ফানেলের ওপর ওয়াস বোতল থেকে পানি দিয়ে সমস্ত Na_2CO_3 আয়তনিক ফ্লাস্কে ধুয়ে নাও। পানি যোগ করে ফ্লাস্কটি অর্ধেক ভর্তি করে ফ্লাস্কের মুখে গ্লাস স্টপার লাগাও এবং কয়েকবার ফ্লাস্কটিকে ঝাঁকিয়ে সমস্ত Na_2CO_3 দ্রবীভূত কর।



চিত্র ৩.২ : পরীক্ষাগারে 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুতি।

(৩) ফ্লাস্কের গলার দাগ পর্যন্ত দ্রাবক যোগ কর। শেষে গ্লাস স্টপার খুলে ওয়াস বোতল থেকে পানি যোগ করে আয়তনিক ফ্লাস্কের গলার দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। সবশেষে গ্লাস স্টপার ফিট করে ঝাঁকিয়ে মিশ্রণটিকে সমসত্ত্ব কর। এটিই প্রস্তুতকৃত 0.1M Na_2CO_3 এর 250 mL দ্রবণ।

গণনা : প্রস্তুত Na_2CO_3 দ্রবণের মোলারিটি নির্ণয় :

$$\text{গৃহীত } Na_2CO_3 \text{ এর মোল সংখ্যা (n)} = \frac{2.703g\ Na_2CO_3 \times 1mol}{106g\ Na_2CO_3} = \frac{2.703}{106}\ mol = 0.0255mol$$

$$\text{প্রস্তুত } Na_2CO_3 \text{ দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{Na_2CO_3 \text{ এর মোল সংখ্যা (n)}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} = \frac{0.0255\ mol}{0.250L} = 0.102\ (M)$$

এভাবে প্রস্তুতকৃত 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণটিকে **প্রমাণ দ্রবণ** (Standard solution) বলে। কারণ ঐ দ্রবণটির ঘনমাত্রা জানা হয়ে গেল এবং এটি হলো **প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড** (Primary Standard) পদার্থ Na_2CO_3 থেকে তৈরি।

প্রমাণ দ্রবণ : কোনো প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের নমুনা দিয়ে তৈরি করা দ্রবণের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ নমুনা দ্রবের **প্রমাণ দ্রবণ** বলে। 1M Na_2CO_3 দ্রবণ, 0.5M Na_2CO_3 দ্রবণ, 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ হলো

প্রত্যেকেই এক একটি প্রমাণ দ্রবণ। কারণ Na_2CO_3 প্রথমত প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ এবং দ্বিতীয়ত প্রতিটি প্রস্তুত করা দ্রবণের বেলায় নির্দিষ্ট পরিমাণ Na_2CO_3 রাসায়নিক নিক্তিতে সঠিকভাবে ওজন করে দ্রবণটি তৈরি করা হয়।

প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : যেসব কঠিন রাসায়নিক পদার্থকে (i) বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়; (ii) এরা বাতাসের সংস্পর্শে জলীয় বাষ্প বা O_2 সহ বিক্রিয়া করে না; (iii) এদের ওজন নেয়ার সময় রাসায়নিক নিক্তিকে ক্ষয় করে না এবং (iv) এদের দ্রবণের ঘনমাত্রা দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকে; এদেরকে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলে। যেমন,

(১) অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) ক্ষার,

(২) কেলাসিত ইথেন ডাইওয়িক এসিড বা অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$),

(৩) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) জারক পদার্থ,

(৪) কেলাসিত সোডিয়াম ইথেন ডাইওয়েট বা অক্সালেট ($Na_2C_2O_4.2H_2O$) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি হলো প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ।

সেকেন্ডারি পদার্থ : যে সব পদার্থের মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের চারটি বৈশিষ্ট্যের যেমন বিশুদ্ধতা, বাতাসে অপরিবর্তিত থাকা, রাসায়নিক নিক্তির ক্ষয় না করা অথবা ঘনমাত্রার পরিবর্তন না ঘটা ইত্যাদির মধ্যে কোনো একটির অভাব ঘটলে, এদেরকে **সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড** (Secondary Standard) পদার্থ বলে। সেকেন্ডারি পদার্থ হলো যেমন,

(১) NaOH ক্ষার, (২) HCI এসিড, (৩) H_2SO_4 এসিড,

(৪) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) জারক পদার্থ,

(৫) সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) বিজারক ইত্যাদি।

এ সব সেকেন্ডারি পদার্থের মোলার দ্রবণ বা ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ প্রমাণ দ্রবণ হয় না। সেকেন্ডারি পদার্থের দ্রবণকে অপর পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে এর সঠিক মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়। এরূপ সেকেন্ডারি পদার্থের যেমন $KMnO_4$ এর 0.1M দ্রবণ তৈরি করে জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনে ব্যবহার করা হয়।

দ্রষ্টব্য : প্রস্তুত 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণকে প্রমাণ 0.025M অক্সালিক এসিড দ্রবণ দ্বারা প্রমিতকরণ করে রিডক্স টাইট্রেশনে ব্যবহার করা হয় (পরীক্ষা নং-১৩)।

বি. দ্র. প্রস্তুত করা 0.1M Na_2CO_3 প্রমাণ দ্রবণটি গ্রুপভিত্তিক শিক্ষার্থীর ডেস্কে সংরক্ষণ কর। এ প্রমাণ দ্রবণটি ১২ নং পরীক্ষার জন্য ব্যবহার করা হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.২৯ : তরল পদার্থের মোলারিটি গণনা :

কামাল 2.355g সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) পানিতে দ্রবীভূত করে মোট আয়তন 50.0 mL করেছে। এ এসিড দ্রবণের মোলারিটি কত হবে?

দক্ষতা : মোলারিটি হলো প্রতি লিটার দ্রবণে সংশ্লিষ্ট দ্রবের মোল সংখ্যা। তাই 2.355g H_2SO_4 এর মোল সংখ্যাকে লিটার এককে দ্রবণের আয়তন দিয়ে ভাগ করতে হবে।

সমাধান : H_2SO_4 এর মোলার ভর = 98g / mol

$$\therefore 2.355g\ H_2SO_4 = (2.355g\ H_2SO_4) \times \frac{1\ mol H_2SO_4}{98g\ H_2SO_4} = 0.024\ mol\ H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 \text{ দ্রবণের মোলারিটি (M)} = \frac{H_2SO_4 \text{ এর মোল সংখ্যা (n)}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} = \frac{0.024\ mol\ H_2SO_4}{0.050L}$$

$$= 0.480\ (M)\ H_2SO_4$$

সমাধানকৃত সমস্যা – ৩.৩০ : দ্রবণে মোল সংখ্যা গণনা :

বাজারের বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক এসিড হলো 12.0 M জলীয় দ্রবণ। ঐ রূপ 12 M HCl বাণিজ্যিক এসিডের 300.0 mL এ কত মোল HCl থাকে?

দক্ষতা : মোল সংখ্যা (n) = মোলারিটি (M) × দ্রবণের আয়তন (L)

সমাধান : HCl-এর মোল সংখ্যা (n) = (HCl এর মোলারিটি) × দ্রবণের আয়তন (L)

$$= \frac{(12 \text{ mol HCl})}{1\text{L}} \times 0.300 \text{ L} = 3.60 \text{ mol HCl.}$$

শিক্ষার্থী নিজে কর : দ্রবণে দ্রবের মোল সংখ্যাভিত্তিক : মোলার ঘনমাত্রা, $M = \frac{\text{দ্রবের মোল এককে ভর}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

সমস্যা- ৩.২৩(ক) : নিচের দ্রবণে দ্রবের মোল সংখ্যা বের কর :

(ক) 0.20 M $NaHCO_3$ এর 125 mL দ্রবণ; [উ: (ক) 0.025 mol]

(খ) 2.50 M H_2SO_4 এর 650 mL দ্রবণ; [উ: (খ) 1.625 mol]

সমস্যা - ৩.২৩(খ) : নিচের দ্রবণে দ্রবের গ্রাম পরিমাণে কত প্রয়োজন হবে?

(ক) 1.25 M NaOH এর 500 mL দ্রবণ; [উ: 25.0 g]

(খ) 0.25 M গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$) এর 1.50 L দ্রবণ। [উ: 67.5 g;

(গ) 0.01M $KMnO_4$ এর 250 mL দ্রবণ; [উ: 0.395 g;

(ঘ) 0.01M $FeSO_4$ এর 500 mL দ্রবণ। [উ: 0.759 g]

সমস্যা - ৩.২৪(ক) : 18.4 mL 0.2M NaOH দ্রবণে কত গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে? [উ: 0.1472g [দি. বো.২০১৫]

সমস্যা-৩.২৪(খ) : 200mL 0.2 M ঘনমাত্রার MOH দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত গ্রাম MOH প্রয়োজন হবে? M এর পা: ভর = 39। [উ: 2.24g] [সি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.২৫(ক) : 250 mL NaOH এর দ্রবণে 5.0g NaOH দ্রবীভূত আছে। ঐ দ্রবণে NaOH এর মোলার ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.5 M]

সমস্যা-৩.২৫(খ) : 500 mL Na_2CO_3 এর দ্রবণে 21.2g Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। ঐ দ্রবণে Na_2CO_3 এর মোলারিটি কত? [উ: 0.4 M]

সমস্যা-৩.২৫(গ) : 250 mL দ্রবণের মধ্যে কী পরিমাণ Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকলে তা Na_2CO_3 এর মোলার দ্রবণ হবে? [উ: 26.5g]

সমস্যা-৩.২৫(ঘ) : 250 mL কোন Na_2CO_3 এর দ্রবণে 10.6 g বিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [উ: 0.4 M]

সমস্যা-৩.২৫(ঙ) : H_2SO_4 দ্রবণে 2 লিটারে 28 g H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির ঘনমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [উ: 0.143 M]

সমস্যা-৩.২৫(চ) : 500 mL ডেসিমোলার দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকবে? [উ: 4.9g]

সমস্যা-৩.২৫(ছ) : 98% H_2SO_4 ঘনমাত্রা মোলারিটিতে কত? [এ এসিডের ঘনত্ব 1.53 g/mL] [উ: 15.3 M]

সমস্যা-৩.২৫(জ) : 250 mL $KMnO_4$ এর দ্রবণে 0.395g দ্রব দ্রবীভূত আছে। ঐ দ্রবণে দ্রবের মোলারিটি কত? [উ: 0.01 M]

সমস্যা-৩.২৫(ঝ) : 250 mL $K_2Cr_2O_7$ এর দ্রবণে 7.45 g দ্রব দ্রবীভূত আছে। ঐ দ্রবণে দ্রবের মোলার ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.1 M]

সমস্যা-৩.২৬(ক) : কোনো রোগীকে 25.0 g গ্লুকোজ যোগান দিতে 0.2 M গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$) এর কত মিলিলিটার দ্রবণ প্রয়োজন হবে? [উ: 694.4 mL]

সমস্যা-৩.২৬(খ): স্বাভাবিক রক্তে কোলেস্টেরল ($C_{27}H_{46}O$) এর ঘনমাত্রা প্রায় 0.005 M হলে 750 mL রক্তে কত গ্রাম কোলেস্টেরল থাকে? [উ: 1.4475 g]

সমস্যা-৩.২৬(গ): একজন রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ 8mili mol L^{-1} । ঐ রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ mili gram dL^{-1} এককে কত হবে? [উ: 144 mg/dL]

সমস্যা-৩.২৬(ঘ): একজন রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ 162 মিলিগ্রাম/ডেসি. লিটার হলে মিলিমোল/লিটার এককে এর মান কত? [উ: 9 m. mol/L]

৩.৬ মোলারিটিকে শতকরা ও পিপিএম (ppm) এককে রূপান্তর

Conversion of Molarity into Percentage & ppm Units

আমরা জেনেছি, **মোলারিটি হলো প্রতি লিটার বা 1000 মিলিলিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের মোল সংখ্যা**। এখন দ্রবণের দ্রব ও দ্রাবকের পরিমাণকে ভর (mass), আয়তন (volume) ও মোল (mol) রূপে 'শতকরা হার' হিসেবে প্রকাশ করা হবে।

দ্রবণে দ্রবের শতকরা হার : শতকরা হার বলতে দ্রবকে দ্রবণের মোট ভর অথবা আয়তনের প্রতি শত (10^2) এর অংশ বা শতকরা অংশরূপে প্রকাশ করা হয়। যেমন, (১) শতকরা ভর %(w/w) (২) শতকরা আয়তন %(v/v) ও (৩) শতকরা ভর/আয়তন %(w/v) ইত্যাদিতে প্রকাশ করা হয়।

(১) শতকরা ভর %(w/w) পদ্ধতি : শতকরা ভর পদ্ধতিতে প্রতি 100 ভাগ ভরের দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের ভরের পরিমাণকে বোঝায়। শতকরা ভরকে %(w/w) লেখা প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়, এখানে 'w' দ্বারা বস্তুর ভরকে বোঝানো হয়েছে।

$$\therefore \text{দ্রবের শতকরা ভর } \%\ (w/w) = \frac{\text{দ্রবের ভর (g)}}{(\text{দ্রবের ভর} + \text{দ্রাবকের ভর})\ g} \times 100 = \frac{\text{দ্রবের ভর (g)} \times 100}{\text{দ্রবণের ভর (g)}}$$

কঠিন রাসায়নিক পদার্থের বোতলের গায়ে দেয়া লেভেলে 5% (w/w) লেখা প্রতীক দ্বারা বোঝানো হয় যে, মূল পদার্থের সাথে অপদ্রব্য বা ভেজাল থাকার পরিমাণ শতকরা ভরের 5 ভাগ। এখানে মূল পদার্থের সাথে ২য় পদার্থ হলো ভেজাল বস্তু।

এক্ষেত্রে অনুরূপ একটি ভরভিত্তিক সূক্ষ্ম একক পিপিএম, ppm (parts per million, 10^6) ব্যবহৃত হয়।

পিপিএম (ppm) পদ্ধতি : পিপিএম, (ppm) একক দ্বারা দ্রবের ভরকে দ্রবণ বা মিশ্রণের ভরের দশ লক্ষ (10^6) এর অংশরূপে প্রকাশ করা হয়। এছাড়া পিপিবি, (ppb) (parts per billion, 10^9) এককেও সূক্ষ্ম পরিমাণে দ্রবকে প্রকাশ করা হয়। সে সব ক্ষেত্রে ওপরের সমীকরণে 100 এর বদলে যথাক্রমে 10^6 অথবা 10^9 দ্বারা গুণ করা হয়। অর্থাৎ,

$$\text{পিপিএম, ppm } (w/w) = \frac{\text{দ্রবের ভর (g)} \times 10^6}{(\text{দ্রবের ভর} + \text{দ্রাবকের ভর})g}; \quad \text{পিপিবি, ppb } (w/w) = \frac{\text{দ্রবের ভর (g)} \times 10^9}{(\text{দ্রবের ভর} + \text{দ্রাবকের ভর})g}$$

যেমন পানিতে তাপমাত্রা নির্ভর অক্সিজেন গ্যাসের দ্রাব্যতা 0°C তাপমাত্রায় 14.6 ppm এবং 35°C তাপমাত্রায় O_2 এর দ্রাব্যতা হলো 7.1 ppm। অনুরূপভাবে ভূগর্ভস্থ পানীয় জলে অজৈব আর্সেনিকের গড় পরিমাণ প্রায় 2.5 ppb থাকে।

(২) শতকরা আয়তন পদ্ধতিতে %(v/v): দ্রবের শতকরা আয়তন হলো প্রতি 100 ভাগ আয়তনের দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের আয়তনের পরিমাণ। শতকরা আয়তন % (v/v) প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখন `v' দ্বারা দ্রব ও দ্রবণের আয়তন বোঝানো হয়েছে। অর্থাৎ

$$\text{দ্রবের শতকরা আয়তন \% (v/v)} = \frac{\text{দ্রবের আয়তন (mL)} \times 100}{\text{দ্রবণের আয়তন (mL)}}$$

'শতকরা আয়তন-ঘনমাত্রা একক' তরল-তরল দ্রবণ ও গ্যাস মিশ্রণের বেলায় ব্যবহৃত হয়। বাণিজ্যিক rubbing alcohol এর বোতলে '70% (v/v)' প্রতীক লেখা থাকে। এ প্রতীক দ্বারা বোঝানো হয় এটির জলীয় দ্রবণের 100 ভাগ আয়তনের মধ্যে 70 ভাগ হলো তরল আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল।

অনুরূপভাবে, সূক্ষ্ম আয়তন একক পিপিএমভি, ppmv (parts per million by volume) দ্বারা বায়ুমণ্ডলে থাকা গ্যাসীয় পদার্থ ও সূক্ষ্ম কঠিন কণা বস্তুর উপাদানের ঘনমাত্রা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{পিপিএমভি (ppmv)} = \frac{\text{দ্রবের আয়তন (mL)} \times 10^9}{\text{(দ্রবণের আয়তন) (mL)}}$$

যেমন, গ্রাম এলাকার পরিষ্কার বায়ুতে প্রায় 0.05 ppmv পরিমাণ টক্সিক CO গ্যাস থাকে; কিন্তু শহরের ট্রাফিক (যানবাহন) এলাকায় দূষিত বায়ুতে 50 ppmv টক্সিক CO গ্যাস থাকে।

(৩) শতকরা ভর/আয়তন %(w/v) পদ্ধতি : এ পদ্ধতিতে প্রতি 100 ভাগ আয়তনের দ্রবণে দ্রবের ভর এককে পরিমাণকে বোঝায়।

$$\text{দ্রবের শতকরা ভর/আয়তন \%(w/v)} = \frac{\text{দ্রবের ভর (g)} \times 100}{\text{দ্রবণের আয়তন (mL)}};$$

যেমন, 5% (w/v) Na_2CO_3 দ্রবণ বলতে 100 mL দ্রবণে 5g Na_2CO_3 দ্রব দ্রবীভূত আছে বোঝায়।

(৪) শতকরা মোল ভগ্নাংশ হিসেবে : দ্রবের মোল ভগ্নাংশ, X (mole fraction) হলো দ্রবের মোল সংখ্যা ও দ্রবণের উপাদান দ্রব ও দ্রাবকের মোট মোল সংখ্যার অনুপাত। অপরদিকে শতকরা মোল ভগ্নাংশ হলো প্রতি শতে মোল ভগ্নাংশের পরিমাণ। যেমন :

$$\text{মোল ভগ্নাংশ, } X = \frac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা}}{\text{দ্রব ও দ্রাবকের মোট মোলসংখ্যা}}$$

$$\therefore \text{শতকরা মোল ভগ্নাংশ (mol \%)} = \text{মোল ভগ্নাংশ (X)} \times 100$$

প্রথম অধ্যায়ে ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের আলোচনায় মোল ভগ্নাংশ সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। এটি গ্যাস মিশ্রণ, তরল-তরল মিশ্রণ ও কঠিন-কঠিন মিশ্রণের বেলায় আলোচিত হয়।

৩.৬.১ দ্রবণের মোলারিটি ও শতকরা হারের পারস্পরিক রূপান্তর :
Interconversion of Molarity & Percentage Units

* দ্রবণের 'মোলারিটি' দ্বারা স্থির তাপমাত্রায় 1000mL দ্রবণে থাকা দ্রবের মোল সংখ্যা (n) কে বোঝায়।

* আবার দ্রবের শতকরা ভর বলতে %(w/w) বা %(w/v) দ্বারা 100g বা 100mL দ্রবণে থাকা দ্রবের গ্রাম পরিমাণকে বোঝায়।

এক্ষেত্রে n মোল দ্রবের গ্রাম পরিমাণ হবে $= n \times$ দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর (M_w)

$\therefore$ 1000 mL দ্রবণে থাকা দ্রবের পরিমাণ হলো $= n \times M_w$ g

$\therefore$ 100 mL দ্রবণে থাকা দ্রবের পরিমাণ হলো $= \dfrac{n \times M_w \times 100}{1000}$ g

$\therefore$ $x\%(^w/_v) = \dfrac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা } (n) \times \text{গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100\text{g}}{1000}$;

[বজ্রগুণন করে]

বা, মোলারিটি বা মোল সংখ্যা $(n) = \dfrac{x\%\ (^w/_v) \times 1000}{\text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100}$

MCQ-3.5: 5% NaOH এর মোলারিটি কত?
(ক) 1.25 (খ) 1.30
(গ) 0.98 (ঘ) 0.93

(১) গাণিতিক সমস্যা : দ্রবণের মোলারিটিকে শতকরা হার এককে প্রকাশ : এক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট সম্পর্কটি হলো :

$\therefore$ $x\%(w/v) = \dfrac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা } (n) \times \text{গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100}{1000}$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৩১ : 0.1M HCl দ্রবণের ঘনমাত্রাকে শতকরা ভর এককে x%(w/v) প্রকাশ কর।

দক্ষতা : মোলারিটিকে শতকরা ভর এককে রূপান্তরের সম্পর্ক সমীকরণটি হলো,

$\therefore$ $x\%\ (w/v) = \dfrac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা } (n) \times \text{গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100}{1000}$

সমাধান : এক্ষেত্রে HCl এর মোল সংখ্যা $(n) = 0.1$ এবং HCl এর গ্রাম আণবিক ভর $= 36.5$g

$\therefore$ $x\%\ (w/v) = \dfrac{\text{HCl এর মোল সংখ্যা } (n) \times \text{HCl এর গ্রাম আণবিক ভর} \times 100}{1000}$

$= \dfrac{0.1 \times 36.5 \times 100\text{g}}{1000} = 0.365\text{g}$

$\therefore$ 0.1M HCl দ্রবণের শতকরা ভর এককে ঘনমাত্রা $= 0.365\%\ (w/v)$

সমাধানকৃত সমস্যা : ৩.৩২ : 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রাকে শতকরা এককে প্রকাশ কর।

দক্ষতা : মোলারিটিকে শতকরা ভর এককে রূপান্তরের সম্পর্কটি ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : এক্ষেত্রে Na_2CO_3 এর মোল সংখ্যা $(n) = 0.1$ এবং Na_2CO_3 এর গ্রাম আণবিক ভর $= 106$g

শতকরা ভর একক $x\%\ (w/v)$ ও মোলারিটি এককের সম্পর্ক মতে,

$x\%(w/v) = \dfrac{Na_2CO_3 \text{ এর মোল সংখ্যা } (n) \times Na_2CO_3 \text{ এর গ্রাম আণবিক ভর} \times 100}{1000}$

$= \dfrac{0.1 \times 106 \times 100\text{g}}{1000} = 1.06$

$\therefore$ 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণের শতকরা ভর এককে ঘনমাত্রা $= 1.06\%\ (w/v)$

(২) গাণিতিক সমস্যা : দ্রবণের শতকরা হারকে মোলারিটিতে প্রকাশ : [দ্রবণের ঘনত্ব 1g/mL] এক্ষেত্রে সংশ্লিষ্ট সম্পর্কটি হলো:

$$\text{দ্রবণের মোলারিটি (M) বা দ্রবের মোল সংখ্যা (n)} = \frac{x\%(w/v) \times 1000 \times \text{দ্রবণের ঘনত্ব}}{\text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৩৩ : 10% Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটিতে প্রকাশ কর।

দক্ষতা : শতকরা ভর ও মোলারিটি এককের সম্পর্ক সমীকরণটি হলো :

$$\text{মোলারিটি (M) বা মোল সংখ্যা (n)} = \frac{x\%(w/v) \times 1000 \times \text{দ্রবণের ঘনত্ব}}{\text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100}$$ ।

সমাধান : এক্ষেত্রে Na_2CO_3 এর শতকরা ভর $(x\%) = 10g$ এবং দ্রব (Na_2CO_3) এর গ্রাম আণবিক ভর $(M_w) = 106g$. দ্রবণের ঘনত্ব 1g/mL ধরে পাই,

$$\therefore \text{দ্রবের মোল সংখ্যা (n)} = \frac{10g \times 1000 \times 1}{106g \times 100} = \frac{100}{106} = 0.943 \text{ mol}$$

$\therefore$ 10% Na_2CO_3 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = 0.943 (M) বা $molL^{-1}$

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.৩৪ : বাণিজ্যিক 25% ভরের H_2SO_4 এর জলীয় দ্রবণের ঘনত্ব 25°C এ 1.1783g/mL. ঐ এসিড দ্রবণের মোলারিটি কত?

দক্ষতা : 25% H_2SO_4 ভরের দ্রবণে 25g H_2SO_4 ও 75g পানি আছে। মোলারিটি নির্ণয়ের বেলায় ঐ 25g H_2SO_4 এর মোল সংখ্যা এবং 100g দ্রবণকে ঘনত্ব 1.1783 দ্বারা ভাগ করে mL আয়তনে নিতে হয়। পরে দ্রবের মোল সংখ্যাকে দ্রবণের লিটার আয়তন দিয়ে ভাগ করলে মোলারিটি বের হয়।

সমাধান : $25g\ H_2SO_4$ এর মোল সংখ্যা $(n) = \frac{25g\ H_2SO_4}{98g/mol H_2SO_4} = 0.255$ mol

$$100g \text{ এসিড দ্রবণের আয়তন } (v) = \frac{100g \text{ দ্রবণ} \times 1mL}{1.1783g \text{ দ্রবণ}} = 84.87 \text{ mL}$$

$$\therefore 25\% \text{ ভরের } H_2SO_4 \text{ এর মোলারিটি } (M) = \frac{0.255mol}{(84.87/1000)L} = 3.00M$$

বিকল্প পদ্ধতি : দ্রবণের (w/w) হার ও ঘনত্ব থেকে মোলারিটির সাধারণ সূত্র মতে :

$$\text{দ্রবণের মোলারিটি বা দ্রবের মোল সংখ্যা (n)} = \frac{x\%(w/w) \times 1000 \times \text{দ্রবণের ঘনত্ব}}{\text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 100}$$

$$= \frac{25 \times 1000 \times 1.1783}{98 \times 100}$$

$$= 3.00M$$

$\therefore$ 25% ভরের H_2SO_4 এর মোলারিটি = 3.00M

MCQ-3.6: 10% Na_2CO_3 দ্রবণে কত মোল দ্রব আছে?

(ক) 0.2 (খ) 0.09

(গ) 0.11 (ঘ) 0.08

৩.৬.২ দ্রবণের মোলারিটিকে পিপিএম (ppm) এককে রূপান্তর

Interconversion of Molarity & ppm Units

*** দ্রবণের মোলারিটি হলো প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবের মোল সংখ্যা**

*অপর দিকে, ppm এককে দ্রবের ভর পরিমাণকে এর দ্রবণের আয়তনের দশ লক্ষ (10^6) এর অংশরূপে প্রকাশ করা হয়। তাই দ্রবের মোল সংখ্যাকে প্রথমে ভরের গ্রাম এককে প্রকাশ করে পরে 1L বা 1000 mL দ্রবণের দ্রবের ঐ পরিমাণকে এক মিলিয়ন বা দশ লক্ষ (10^6) mL দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের ভর হিসেবে প্রকাশ করলে ঐ দ্রবণে দ্রবের ppm এককে ঘনমাত্রা পাওয়া যাবে। অর্থাৎ

1000 mL দ্রবণে দ্রবের মোল পরিমাণের ভর = মোল সংখ্যা (n) × গ্রাম আণবিক ভর (M_w)

$$\therefore (10^6)\text{ mL দ্রবণে ঐ দ্রবের গ্রাম পরিমাণ (ppm)} = \frac{\text{মোল সংখ্যা (n)} \times \text{গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 10^6}{1000}$$

** উপরোক্ত ppm এককটিকে নিম্নরূপেও প্রকাশ করা হয়ে থাকে :

$$\text{ppm} = \frac{1\text{ ভাগ দ্রব}}{10^6\text{ ভাগ দ্রবণ}} = \frac{1\text{g দ্রব}}{10^6\text{g দ্রবণ}} = \frac{1\text{mg দ্রব}}{10^3\text{g দ্রবণ}} = \frac{1\text{kg দ্রব}}{10^3\text{kg দ্রবণ}} = \frac{1\mu\text{g দ্রব}}{1\text{mL দ্রবণ}}$$

$\therefore$ 1ppm = 1mg/kg = 1μg/g, 1ppm = 1mg/L = 1μg/mL

MCQ-3.7: 35°C এ পানিতে O_2 এর দ্রাব্যতা 2.3×10^{-4}M হলে ppm এককে তা কত?
(ক) 0.74 (খ) 7.01
(গ) 7.36 (ঘ) 6.90

জেনে নাও :

* দ্রবণের ঘনমাত্রাকে ppm এককে রূপান্তরের সহজ পদ্ধতি হলো, 'প্রতি লিটার দ্রবণে থাকা দ্রবের গ্রাম পরিমাণকে মিলিগ্রামে রূপান্তর করা।' প্রাপ্ত সংখ্যা হবে ppm এককে।

**দ্রবণের মোলারিটি জানা থাকলে তখন ঐ মোল সংখ্যা (n) কে দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর ও 1000 দিয়ে গুণ করলে ppm এককে সংখ্যা মান পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে মোলারিটি জানা থাকায় প্রশ্নে দেয়া দ্রবণের আয়তনের (যেমন 100 mL) কোনো ভূমিকা নেই।

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.৩৫ : 35°C তাপমাত্রায় পুকুরের পানিতে O_2 এর দ্রাব্যতা 2.3×10^{-4}M হলে ppm এককে O_2 এর দ্রাব্যতা কত হবে?

দক্ষতা : দ্রবের $\text{ppm} = \frac{\text{মোল সংখ্যা (n)} \times \text{দ্রবের গ্রাম আণবিক ভর } (M_w) \times 10^6}{1000}$

সমাধান : এক্ষেত্রে O_2 এর মোল সংখ্যা, $(n) = 2.3 \times 10^{-4}$ এবং O_2 এর গ্রাম আণবিক ভর $(M_w) = 32g$

$$\therefore O_2 \text{ এর ppm} = \frac{2.3 \times 10^{-4} \times 32g \times 10^6}{1000} = 7.36g$$

অর্থাৎ দশ লক্ষ (10^6)mL আয়তনের পানিতে মাত্র 7.36g O_2 আছে।

$\therefore$ ঐ পানিতে O_2 এর দ্রাব্যতা হলো 7.36 ppm

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.৩৬ : কর্ণফুলি নদীর 1L পানিতে ক্লোরাইড (Cl^-) আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ে টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দুতে 3mL 0.01M Ag^+ আয়ন প্রয়োজন হয়। নদীর পানিতে Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা ppm এককে কত হবে?

দক্ষতা : (i) এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার বেলায় 1 mol Ag^+ আয়ন = 1 mol Cl^- আয়ন

$$\text{(ii) দ্রবের ppm} = \frac{(Cl^-) \text{ আয়নের মোল সংখ্যা (n)} \times \text{দ্রবের গ্রাম আয়নিক ভর} \times 10^6}{1000}$$

সমাধান : এক্ষেত্রে Cl^- আয়নের মোল সংখ্যা (n) = Ag^+ এর মোল সংখ্যা

1000 mL 0.01M দ্রবণে Ag^+ আয়ন = 0.01 mol Ag^+

$\therefore$ 3mL 0.01M দ্রবণে Ag^+ আয়ন $= \frac{0.01 \times 3 \text{ mol}}{1000}$ Ag^+ আয়ন $= 3.0 \times 10^{-5}$ mol Ag^+ আয়ন

$\therefore$ 1L নদীর পানিতে Cl^- আয়ন আছে $= 3.0 \times 10^{-5}$ mol

আবার Cl^- আয়নের গ্রাম আয়নিক ভর = 35.5g

$\therefore$ নদীর পানিতে Cl^- আয়নের ppm $= \frac{3.0 \times 10^{-5} \times 35.5g \times 10^6}{1000} = 1.065g$

$\therefore$ নদীর পানিতে Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা = 1.065 ppm

বিকল্প পদ্ধতি : যেহেতু বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে মোল অনুপাত সম্পর্ক থাকে এবং এক্ষেত্রে 3mL 0.01M Ag^+ এর মধ্যে থাকা মোট Ag^+ এর সাথে 1000 mL নদীর পানিতে থাকা মোট Cl^- আয়নের বিক্রিয়া ঘটেছে। তাই 1000 mL x(M) Cl^- আয়ন মিশ্রিত নদীর পানির বেলায় সম্পর্কটি হবে নিম্নরূপ :

$1000mL \times x = 3mL \times 0.01M$

$\therefore x = \frac{3 \times 0.01M}{1000} = 3 \times 10^{-5}M;$

$\therefore$ Cl^- আয়নের দ্রবণের ঘনমাত্রা $= 3 \times 10^{-5}M$

এখন 3×10^{-5}M Cl^- আয়নের ppm ঘনমাত্রা হবে $= 3 \times 10^{-5} \times 35.5g \times 1000 = 1.065g$

বা, 1.065ppm.

সমাধানকৃত সমস্যা – ৩.৩৭ : দ্রবের শতকরা ভর, পিপিএম ও মোল ভগ্নাংশভিত্তিক :

(ক) 3.5g ভরের ট্যাবলেটে 40.5 mg Ca আছে। এ ট্যাবলেটের Ca এর ঘনমাত্রা ppm কত হবে?

(খ) কোনো নমুনা Rubbing alcohol-এ 142 g আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল (C_3H_7OH) ও 58.0g পানি আছে। এতে অ্যালকোহল ও পানির মোল ভগ্নাংশ কত?

দক্ষতা : (ক) ট্যাবলেটের ভর 3.5g। Ca এর ভর 40.5 mg কে গ্রামে নিয়ে শতকরা ভর বের করে 10^6 দ্বারা গুণ করলে ppm হবে।

(খ) উভয় উপাদানের সংকেত ও সংকেত ভর জানা আছে। উভয় উপাদানের ভর থেকে মোল সংখ্যা ও মোল ভগ্নাংশ বের করা সম্ভব।

সমাধান : (ক) Ca এর ppm নির্ণয় :

$$\text{Ca এর ppm} = \frac{\text{Ca এর ভর} \times 10^6}{\text{ট্যাবলেটের ভর}} = \frac{40.5mg\ Ca \times 1g \times 10^6}{3.50\ g \times 10^3 mg}$$

$= 1.16 \times 10^4$ ppm Ca

(খ) মোল ভগ্নাংশ নির্ণয় : গ্রাম একক থেকে মোলে রূপান্তর :

$$C_3H_7OH \text{ এর মোল সংখ্যা} = 142g\ C_3H_7OH \times \frac{1\ mol\ C_3H_7OH}{60.09g\ C_3H_7OH} = 2.36\ mol\ C_3H_7OH$$

$$H_2O \text{ এর মোল সংখ্যা} = 58.0g\ H_2O \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.02\ g\ H_2O}$$

$$= 3.22\ mol\ H_2O$$

মোল ভগ্নাংশ গণনা :

$$X_{C_3H_7OH} = \frac{C_3H_7OH \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{দ্রবণের দ্রব ও দ্রাবকের মোল}} = \frac{2.36\ mol}{(2.36 + 3.22)\ mol} = 0.423$$

$$X_{H_2O} = \frac{H_2O \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{দ্রবণের দ্রব ও দ্রাবকের মোল}} = \frac{3.22\ mol}{(2.36 + 3.22)\ mol} = 0.577$$

দ্রব ও দ্রাবকের মোল ভগ্নাংশের যোগফল 1 হয় ; (0.423 + 0.577) = 1.00

MCQ-3.8 : 10% Na_2CO_3 এর মোলারিটি কত?

(ক) 1.94 (খ) 0.95
(গ) 0.94 (ঘ) 9.15

শিক্ষার্থী নিজে কর : দ্রবণের বিভিন্ন ঘনমাত্রাভিত্তিক :

সমস্যা – ৩.২৭(ক) : 10% H_2SO_4 দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [উ: 1.02 M]

সমস্যা – ৩.২৭(খ) : 10% Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলারিটিতে নির্ণয় কর। [উ: 0.9434 M]

সমস্যা – ৩.২৮(ক) : হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2) এর গাঢ় দ্রবণ জারকরূপে রকেট জ্বালানি এবং লঘু দ্রবণ চুলের ব্লিচরূপে ব্যবহৃত হয়। একটি 30.0% ভরের H_2O_2 এর জলীয় দ্রবণের ঘনত্ব 1.11 g /mL। এ দ্রবণে H_2O_2 এর মোলারিটি ও মোল ভগ্নাংশ কত হবে? [উ: 9.79 M ; $X_{H_2O_2} = 0.185$]

সমস্যা – ৩.২৮(খ) : 500 g পানিতে 25 g চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) দ্রবীভূত আছে। এ চিনির দ্রবণে চিনির মোলারিটি ও উভয় উপাদানের মোল ভগ্নাংশ কত? [উ: 0.146M; X_{H_2O}= 0.9974, $X_{চিনি}$ = 0. 0026]

সমস্যা - ৩.২৯ : বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক এসিডে 11.8 M HCl আছে। এর ঘনত্ব 1.19 g /mL। এ দ্রবণে HCl এর শতকরা ভর ও মোল ভগ্নাংশ কত হবে? [উ: 36.19% ; 0.22]

সমস্যা – ৩.৩০(ক) : সাগরের 150 mL লোনা পানিতে 0.0045 g NaCl আছে। ppm এককে ঐ লোনা পানিতে NaCl এর ঘনমাত্রা কত? [উ: 30 ppm]

সমস্যা-৩.৩০(খ) : 250mL Na_2CO_3 এর দ্রবণে 2.65g Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত? [উ: 1.06×10^4ppm] [ঢা. বো. ২০১৫]

সমস্যা – ৩.৩০(গ) : কোনো লবণের দ্রবণের ঘনমাত্রা 1.25g/ L হলে ppm এককে ঐ লবণের দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? [উ: 1250 ppm]

সমস্যা – ৩.৩০(ঘ) : কোনো লবণের দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.5mg/ mL হলে ঐ লবণের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত? [উ: 500 ppm]

সমস্যা – ৩.৩০(ঙ) : 0.01 M HCl এর 100 mL দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা কত হবে? [উ: 365 ppm]

সমস্যা-৩.৩০(চ) : 0.1 M 100 mL KOH দ্রবণের ppm ঘনমাত্রা কত হবে? [উ: 5.6 × 104 ppm] [য. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৩০(ছ) : 150 mL NaOH দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 200 mL 0.1M অক্সালিক এসিড দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ঐ NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত? [উ: 1.068×10^4 ppm] [চ. বো. ২০১৫]

সমস্যা–৩.৩১(ক) : 0.01 M NaOH এর 100 mL দ্রবণের ppm এককে ও শতকরা w/v এককে ঘনমাত্রা কত হবে? [উ: 400 ppm ; 4.0×10^{-2} % (w/v)]

সমস্যা–৩.৩১(খ) : 0.2 M Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা % (w/v) এককে ও ppm এককে রূপান্তর কর। [উ: 2.12% (w/v) ; 2.12×10^4 ppm]

সমস্যা–৩.৩২(ক) : খুলনা এলাকার কৃষিজমির পানিতে 585 ppm NaCl থাকলে ঐ পানিতে NaCl এর মোলারিটি কত? [উ: 0.01 M]

সমস্যা-৩.৩২(খ) : বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) ঘোষিত পানীয় জলে আর্সেনিকের প্রমাণমাত্রা হলো 0.05mg/L. এক্ষেত্রে ppm একক ও মোলারিটিতে আর্সেনিকের ঘনমাত্রা কত হয়? [As = 74.92] [উ: 0.05 ppm; 6.67×10^{-7} M]

সমস্যা –৩.৩৩(ক) : কোনো কারখানার বর্জ্য পানিতে 0.01 ppm Pb^{2+} আয়ন আছে। (i) প্রতি লিটার ঐ বর্জ্য পানিতে Pb^{2+} আয়ন গ্রাম এককে কত আছে? (ii) ঐ বর্জ্য পানিতে Pb^{2+} আয়নের মোলারিটি কত হবে? [উ: 1.0×10^{-5}g L^{-1}; 4.83×10^{-8} M]

সমস্যা-৩.৩৩(খ) : গভীর নলকূপের পানিতে Fe^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা 0.0003 M হলে ঐ নলকূপের পানিতে Fe^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা ppm এককে কত হবে? [Fe = 55.84] [উ: 16.752 ppm]

সমস্যা-৩.৩৪(ক) : একটি রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ গ্লুকোমিটারে 10 millimole/L হলে ppm এককে তা কত হবে? [উ: 1800 ppm]

সমস্যা–৩.৩৪(খ) : কোনো ডায়াবেটিক রোগীর 25.0 mL রক্তের মধ্যে 26 mg গ্লুকোজ আছে। গ্লুকোজের এ পরিমাণকে ppm একক ও % (mg/dL) এককে রূপান্তর কর। [উ: 1.04×10^3 ppm; 104 mg%]

৩.৭ ব্যবহারিক : দ্রবণের ঘনমাত্রা লঘুকরণ

Diluting Concentrated Solution

দ্রবণের লঘুকরণ : উচ্চ মোলার দ্রবণ থেকে নিম্ন মোলার দ্রবণ তৈরি করার প্রক্রিয়াকে দ্রবণের লঘুকরণ বলে। বিভিন্ন বিশ্লেষণ কাজের জন্য গাঢ় এসিড থেকে লঘু এসিড দ্রবণ তৈরি করতে হয়। লঘুকরণের মূলভিত্তি হলো নিম্নরূপ:

আমরা জানি, দ্রবের মোল সংখ্যা = মোলারিটি × লিটার এককে দ্রবণের আয়তন।

সুতরাং M_1 মোলারিটির V_1 লিটার দ্রবণে পানি যোগ করে V_2 লিটার করা হলো এবং এ দ্রবণের ঘনমাত্রা M_2 ধরা হলে, তখন উভয় দ্রবণের মোল সংখ্যা সমান থাকার কারণে লঘুকরণ প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে নিম্নরূপ সম্পর্ক হয় :

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

যেমন, বাণিজ্যিক 12M HCl দ্রবণ থেকে 500 mL 0.1M HCl দ্রবণ তৈরি করতে কী পরিমাণ 12 M গাঢ় HCl দ্রবণ প্রয়োজন হবে? আমরা ওপরের লঘুকরণের সমীকরণটি ব্যবহার করে 0.1M HCl দ্রবণ তৈরি করব। এক্ষেত্রে লঘুকরণের পর মিশ্রণের আয়তন V_2 = 500 mL, M_2 = 0.1 M এবং গাঢ় HCl এর M_1 = 12 (M)

$$\therefore V_1 = \frac{V_2 \times M_2}{M_1} = \frac{500\ mL \times 0.1M}{12M} = 4.17\ mL.$$

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**

পরীক্ষা নং-৯

তারিখ : .....

সময় : ১ পিরিয়ড

পরীক্ষার নাম : গাঢ় HCl এর নমুনা থেকে 0.1 M HCl দ্রবণ প্রস্তুতি

(ক) মূলনীতি : গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিড হলো একটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এসিডের বোতলের গায়ে এর ঘনমাত্রা মোলার এককে উল্লেখ থাকে। তাই লঘুকরণ সমীকরণ ব্যবহার করে ঐ নমুনা এসিড থেকে যে কোনো ঘনমাত্রার এসিড দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক এসিডের ঘনমাত্রা সাধারণত 8 M থেকে 12 M পর্যন্ত থাকে। লঘুকরণ সমীকরণটি নিম্নরূপ :

এখন 5000 mL 0.1 M HCl দ্রবণ তৈরি করা হবে।

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

বা, $500\ mL \times 0.1\ M = V_2 \times 12\ M$

বা, $V_2 = \frac{500\ mL \times 0.1\ M}{12\ M} = 4.2\ mL$

এখানে,

V_1 = লঘু HCl দ্রবণের আয়তন = 500 mL

M_1 = লঘু HCl দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = 0.1 M

V_2 = গাঢ় HCl নমুনার আয়তন

M_2 = গাঢ় HCl নমুনার ঘনমাত্রা 12 M

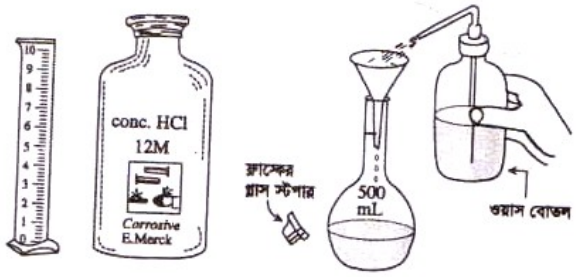
(খ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু : (১) গাঢ় HCl (নমুনা এসিড); (২) পাতিত পানি।

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) আয়তনিক ফ্লাস্ক (500 mL); (২) মেজারিং সিলিন্ডার, ফানেল (৩) ওয়াস বোতল।

(ঘ) কাজের ধারা : (১) 500 mL আয়তনিক ফ্লাস্কটি নিয়ে এর মুখে একটি ফানেল বসাও।

(২) মূলনীতি অনুসারে গাঢ় HCl এসিডের 4.2 mL মেজারিং সিলিন্ডারে মেপে ফ্লাস্কের মুখে বসানো ফানেলের ভেতর ঢেলে দাও।

(৩) ওয়াস বোতল থেকে পাতিত পানি ফানেলের ওপর অল্প অল্প যোগ করে ফানেলে লেগে থাকা HCl কে ধুয়ে আয়তনিক ফ্লাস্কটিকে অর্ধপূর্ণ কর। এরপর ফ্লাস্কের মুখে গ্লাস স্টপার যুক্ত করে এসিড ও পানির মিশ্রণটিকে ঝাঁকিয়ে সমসত্ত্ব কর।



চিত্র ৩.৩ : পরীক্ষাগারে 0.1 M HCl দ্রবণ প্রস্তুতি।

(৪) এবার গ্লাস-স্টপার খুলে ফ্লাস্কের মুখে ফানেল বসিয়ে ওয়াস বোতল থেকে পানি যোগ করে ফ্লাস্কের গলায় দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। সবশেষে আবারও ফ্লাস্কে গ্লাস স্টপার লাগিয়ে ফ্লাস্কের এসিড মিশ্রণকে টিল্টিং বা কয়েকবার উল্টিয়ে সমসত্ত্ব কর। এভাবে প্রস্তুতকৃত HCl দ্রবণটি মোটামুটি 0.1 M ঘনমাত্রার দ্রবণ হলো।

দ্রষ্টব্য : গ্রুপভিত্তিক শিক্ষার্থীর ডেস্কে এ প্রস্তুত করা 0.1 M HCl দ্রবণ সংরক্ষণ কর। পরবর্তী ১২ নং পরীক্ষার জন্য এ 0.1 MHCl দ্রবণ ব্যবহার করা হবে।

শিক্ষার্থী নিজে কর : দ্রবণের ঘনমাত্রা লঘুকরণভিত্তিক : $V_1M_1 = V_2M_2$

সমস্যা - ৩.৩৫ : তুমি কী জান ? দ্রবণ তৈরির বেলায়, পানিতে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করতে হয়; কখনো গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্যে পানি যোগ করা যাবে না। 'Add conc. H_2SO_4 to water; but not reverse; কারণ গাঢ় H_2SO_4 হলো পানি-শোষী (hygroscopic) ; পানির সংস্পর্শে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়; ফলে গাঢ় H_2SO_4 ছিটকে গায়ে পড়তে পারে। বাণিজ্যিক গাঢ় H_2SO_4 হলো 18 M। 500 mL ফ্লাস্কে 0.1 M H_2SO_4 প্রস্তুত করতে কত mL গাঢ় H_2SO_4 প্রয়োজন হবে? [উ: 2.8 mL.]

সমস্যা-৩.৩৬(ক) : 100 mL 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণ থেকে কত mL ডেসিমোলার (0.1 M) দ্রবণ তৈরি করা যাবে? [উ: 500 mL]

সমস্যা-৩.৩৬(খ) : 500 mL 1.25 M/20 Na_2CO_3 এর দ্রবণের মধ্যে কতটুকু পানি মিশালে তা M/20 দ্রবণে পরিণত হবে? [উ: 125 mL]

সমস্যা-৩.৩৬(গ) : 250 cm^3 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণ থেকে কত আয়তনের ডেসিমোলার Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করা যাবে? [উ: 1250 mL]

সমস্যা-৩.৩৬(ঘ) : 100 mL 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণ তোমাকে দেয়া হলো। তুমি ঐ দ্রবণ দিয়ে মোট কত mL ডেসিমোলার দ্রবণ তৈরি করতে পারবে? [উ: 500 mL]

সমস্যা-৩.৩৭ (ক) : তোমার 300 mL আয়তনের 1M HCl প্রয়োজন। কিন্তু বোতলে আছে 6M HCl দ্রবণ। কী পরিমাণ ঐ বোতলের এসিডের সাথে কী পরিমাণ পানি মিশালে তোমার কাজ চলতে পারে? [উ: বোতলের 50 mL এসিডের সাথে 250 mL পানি মিশাতে হবে।]

সমস্যা-৩.৩৭ (খ) : একটি এসিডের আণবিক ভর 63। ঐ এসিডের 1.89 g পরিমাণকে 200 mL পানিতে দ্রবীভূত করা হলো। ঐ দ্রবণে কী পরিমাণে আরো পানি মিশালে তা 0.1 M দ্রবণ হবে? [উ: 100 mL]

সমস্যা-৩.৩৮ : 100 mL পানিতে 1.6 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হলো। ঐ দ্রবণকে কীভাবে ডেসিমোলার দ্রবণে পরিণত করা যাবে? [উ: 50 mLপানি যোগ করে।]

সমস্যা-৩.৩৯ : 1.5 M ঘনমাত্রার 250 mL HCl দ্রবণ তৈরি করতে 12 M HCl এর কত mL প্রয়োজন হবে? [উ: 31.25 mL]

সমস্যা-৩.৪০ (ক) : একটি 250 mL পরিমাপক ফ্লাস্কে 60 mL 0.5 M HCl দ্রবণ, 40 mL 2 M HCl দ্রবণ ও 20 mL 1 M HCl দ্রবণ নিয়ে শেষে এর মধ্যে পানি যোগ করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হলো। ঐ প্রস্তুত দ্রবণের মোলারিটি কত? [উ: 0.52 M]

সমস্যা-৩.৪০(খ): 40 mL 0.5M H_2SO_4 দ্রবণ, 35 mL H_2SO_4 দ্রবণ এবং 10 mL 1 M H_2SO_4 দ্রবণকে একত্রে মিশ্রিত করে। একটি পরিমপক ফ্লাস্কে পানি যোগ করে 250 mL করা হরো। মিশ্র এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? এ দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 আছে? [উ: 0.4M ; 9.8 g H_2SO_4]

সমস্যা-৩.৪০(গ) : একটি 250 mL ফ্লাস্কে 50 mL 0.5 M NaOH দ্রবণ, 100 mL 0.4 M NaOH দ্রবণ ও 40 mL 2.0 M NaOH দ্রবণ নিয়ে শেষে পানি যোগ করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হলো, ঐ প্রস্তুত NaOH দ্রবণের মোলারিটি কত? [উ: 0.58 M]

সমস্যা-৩.৪১ : 0.25 M HCl দ্রবণ এবং 0.4 M HNO_3 দ্রবণ কী অনুপাতে মিশ্রিত করলে ঐ এসিড মিশ্রণের ঘনমাত্রা 0.32M হবে? [উ: 8 : 7]

জেনে নাও : যে কোনো এসিড বা ক্ষার দ্রবণের আয়তন (V) কে দ্রবণের মোলারিটি (M) দ্বারা গুণ করলে গুণফল নির্দেশক আয়তন 1 M আয়ন তুল্য হয়।

যেমন, 60 mL 0.5 M HCl দ্রবণ = 60×0.5 mL 1 M HCl দ্রবণ = 30 mL 1 M HCl দ্রবণ

(৩.৪০ ক, খ, গ) নং সমস্যা সমাধানে এ সম্পর্ক প্রয়োগ করতে হবে।

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**
পরীক্ষা নং-১০
তারিখ : ..... **সময় : ১ পিরিয়ড**
পরীক্ষার নাম : গাঢ় H_2SO_4 এর নমুনা থেকে 0.1 M H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুতি

(ক) মূলনীতি : গাঢ় H_2SO_4 হলো একটি সেকেন্ডারি পদার্থ। বাণিজ্যিক গাঢ় H_2SO_4 হলো 18 M। 500 mL ফ্লাস্কে। 0.1 M H_2SO_4 দ্রবণ তৈরি করতে প্রয়োজনীয় এসিড নিতে হবে 2.8 mL। লঘুকরণের সমীকরণ মতে,

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

বা, $500\ mL \times 0.1\ M = V_2 \times 18\ M$

বা, $V_2 = \frac{500\ mL \times 0.1\ M}{18\ M} = 2.8\ mL$

এখানে,
V_1 = লঘু H_2SO_4 দ্রবণের আয়তন = 500 mL
M_1 = লঘু H_2SO_4 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা = 0.1 M
V_2 = গাঢ় H_2SO_4 নমুনার আয়তন
M_2 = গাঢ় H_2SO_4 নমুনার ঘনমাত্রা = 18 M

(খ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু : (১) গাঢ় H_2SO_4 (নমুনা এসিড), ২। পাতিত পানি।

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) আয়তনিক ফ্লাস্ক (500 mL); (২) মেজারিং সিলিন্ডার, ফানেল (৩) ওয়াস বোতল।

(ঘ) কাজের ধারা : (১) 500 mL আয়তনিক ফ্লাস্কের মুখে ফানেল বসাও। এর মধ্যে 300 mL পাতিত পানি ফানেলের মুখে ঢেলে দাও।

(২) মূলনীতি অনুসারে গাঢ় H_2SO_4 এসিডের 2.8 mL মেজারিং সিলিন্ডারে মেপে ফ্লাস্কের মুখে বসানো ফানেলের ভেতর ঢেলে ফ্লাস্কের পানিতে যোগ কর। [চিত্র ৩.৩]।

(৩) এবার ওয়াস বোতল থেকে ফানেলের মুখে পাতিত পানি ঢেলে ফ্লাস্কের গলায় দাগ পর্যন্ত পূর্ণ কর। সবশেষে ফ্লাস্কের মুখে গ্লাস স্টপার লাগিয়ে ফ্লাস্কের এসিড মিশ্রণকে কয়েকবার টিল্টিং বা উল্টিয়ে সমসত্ত্ব কর। এভাবে 0.1 M H_2SO_4 দ্রবণ তৈরি হলো।

৩.৮ এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু

Acid-Base Neutralisation Reactions & End Points

তোমরা নবম ও দশম শ্রেণিতে এসিড ও ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়াকালে পূর্ণ লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়ে থাকে, তা জেনেছ।

প্রশমন বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়ায় তুল্য মোল পরিমাণ এসিড তুল্য মোল পরিমাণ ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় উভয়ের ধর্ম বিনষ্ট করে নিরপেক্ষ বা প্রশম যৌগ লবণ ও পানি উৎপন্ন করে তাকে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া বলে। এক্ষেত্রে দ্রবণে এসিড প্রদত্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও ক্ষার প্রদত্ত হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) এর মধ্যে প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ায় পানি অণু (H_2O) সৃষ্টি হয়। অন্য আয়নগুলো দ্রবণে অপরিবর্তিত বা দর্শক আয়ন (spectator ion) রূপে থাকে।

$$HCl\ (aq) + NaOH\ (aq) \longrightarrow NaCl\ (aq) + H_2O\ (l)$$

1 মোল 1 মোল

$$H^+\ (aq) + Cl^-\ (aq) + Na^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \longrightarrow Na^+\ (aq) + Cl^-(aq) + H_2O\ (l)$$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

উপরিউক্ত প্রশমন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, জলীয় দ্রবণে 1 মোল HCl প্রদত্ত 1 মোল হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এর সাথে 1 মোল NaOH প্রদত্ত 1 মোল হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) বিক্রিয়া করে 1 মোল পানি অণু (H_2O) গঠন করে।

$$H^+(aq) + OH^-(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

সুতরাং আয়নিক তত্ত্বমতে, এক মোল H^+ আয়ন ও এক মোল OH^- আয়নের বিক্রিয়ায় এক মোল পানি (H_2O) উৎপন্ন হওয়ার বিক্রিয়াকে **প্রশমন বিক্রিয়া** বলে। **প্রশমন বিক্রিয়ার মিশ্র দ্রবণে নীল লিটমাস ও লাল লিটমাস উভয়ই** অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ এসিড ও ক্ষারের মিশ্র দ্রবণটি এসিড ও ক্ষার উভয়ের ধর্ম হারিয়ে নিরপেক্ষ দ্রবণ হয়েছে। সুতরাং এসিড ও ক্ষারের মিশ্রণে প্রশমন বিক্রিয়া ঘটেছে।

জেনে নাও : এসিড-ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়ার মূলকথা :

* প্রশমন বিক্রিয়ায় সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে মোল অনুপাতে এসিড ও ক্ষার পরস্পরকে প্রশমিত করে।

* এসিডের মোল সংখ্যা হতে সৃষ্ট H^+ আয়নের মোল সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা 6.022×10^{23} দ্বারা গুণ করলে এসিড দ্রবণে মোট H^+ আয়নের সংখ্যা বের কর।

* ক্ষারের মোল সংখ্যা হতে সৃষ্ট OH^- আয়নের মোল সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা 6.022×10^{23} দ্বারা গুণ করলে ক্ষার দ্রবণে মোট OH^- আয়নের সংখ্যা বের হয়।

তখন এসিডের মোল অনুপাতে সৃষ্ট H^+ আয়ন সংখ্যা = ক্ষারের মোল অনুপাতে সৃষ্ট OH^- আয়ন সংখ্যা হয়।

যেমন- $H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow 2H_2O(l) + 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

1mol অণু 2mol অণু 2mol অণু

2mol H^+ আয়ন 2mol OH^- আয়ন 2mol H_2O

প্রশমন বিন্দুর সংজ্ঞা : এসিড ক্ষার টাইট্রেশনের লেখচিত্রে হঠাৎ সর্বাধিক pH পরিবর্তন নির্দেশক রেখার যে বিন্দুতে এসিড-ক্ষার মিশ্রণে পূর্ণ প্রশমন ঘটেছে বলে ব্যবহৃত নির্দেশক বর্ণ পরিবর্তন দ্বারা বোঝায়, সে বিন্দুকে ঐ এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের প্রশমন-বিন্দু (end-point) বলে। যেমন, সবল এসিড (HCl এসিড) ও সবল ক্ষার (NaOH) দ্রবণের টাইট্রেশনের প্রশমন বিন্দুতে pH হলো 7।

প্রশমন বিন্দুর ব্যাখ্যা : এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের প্রশমন বিন্দু বা সমাপ্তি বিন্দু (end point) বলতে উপযুক্ত নির্দেশকের উপস্থিতিতে নির্দিষ্ট আয়তনের এসিড দ্রবণে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ (অথবা নির্দিষ্ট আয়তনের ক্ষার দ্রবণে প্রমাণ এসিড দ্রবণ) মিশ্রিত করার এমন এক অবস্থাকে বোঝায়, যে অবস্থায় এসিড প্রদত্ত সব H^+ আয়ন এবং ক্ষার প্রদত্ত সব OH^- আয়নের বিক্রিয়ায় পানি উৎপন্ন হওয়ার ফলে ঐ মিশ্র-দ্রবণের pH এর মান হঠাৎ সর্বাধিক পরিবর্তনের কারণে ব্যবহৃত নির্দেশকের বর্ণের হঠাৎ সুস্পষ্ট পরিবর্তন ঘটে এবং প্রশমন বিক্রিয়ার সমাপ্তি প্রকাশ পায়। যেমন, সবল এসিড (HCl এসিড) ও সবল ক্ষারের (NaOH দ্রবণের) প্রশমন বিন্দুতে pH হলো 7; সবল এসিড ও দুর্বল ক্ষারের প্রশমন বিন্দুতে pH হলো 5.27 এবং দুর্বল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন বিন্দুতে pH হলো 8.80।

তোমরা একাদশ শ্রেণিতে ৪র্থ অধ্যায়ে এসিড ও ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক থেকে জেনেছ সবল এসিড ও সবল ক্ষার জলীয় দ্রবণে পূর্ণভাবে আয়নিত হয় ; কিন্তু দ্রবণে দুর্বল এসিড ও দুর্বল ক্ষার আংশিকভাবে আয়নিত হয়। তাই এসিড ও ক্ষারের আয়নিকরণ মাত্রার ওপর নির্ভর করে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া চার শ্রেণিতে আলোচনা করা হয়। যেমন, (১) সবল এসিড- সবল ক্ষার, (২) দুর্বল এসিড-সবল ক্ষার, (৩) সবল এসিড-দুর্বল ক্ষার ও (৪) দুর্বল এসিড-দুর্বল ক্ষার-এর মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া। এ চার প্রকার প্রশমন বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু বা এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের

তুল্যতা-বিন্দু (equivalence point or end point) উপযুক্ত নির্দেশক ব্যবহার করে অথবা pH মিটার ব্যবহার করে জানা যায়। এ সম্বন্ধে এখন আলোচনা করা হবে।

(১) সবল এসিড-সবল ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু :

সবল এসিড ও সবল ক্ষার দ্রবণের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো HCl এসিড ও NaOH ক্ষার দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়া। এতে পানি ও NaCl এর জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে মূল বিক্রিয়া ঘটে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বা হাইড্রোনিয়াম আয়ন (H_3O^+) এবং হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) এর মধ্যে।

∴ প্রশমন বিক্রিয়াটি হলো—

$$HCl\,(aq) + NaOH\,(aq) \longrightarrow H_2O(l) + NaCl\,(aq)$$
$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

এক্ষেত্রে 1 mol HCl (aq) ও 1 mol NaOH (aq) একত্রে মিশালে প্রশমন বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন NaCl (aq) এর দ্রবণে H_3O^+ আয়ন ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রা হবে বিশুদ্ধ পানির আয়নীকরণে সৃষ্ট ঐ সব আয়নের ঘণমাত্রা। তখন, $[H_3O^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7}$ M। অপর কথায় HCl (aq) ও NaOH (aq) এর প্রশমন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা ডান দিকের প্রান্তে রয়েছে। সুতরাং সবল এসিড-সবল ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়ার বিপরীতে পানি বিয়োজন উভমুখী বিক্রিয়াটি জড়িত। তাই এ প্রশমন বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক, K_n ('n' প্রতীক neutralization) হবে পানির আয়নীকরণ ধ্রুবকের ব্যস্তানুপাতিক, $K_n = 1/K_w$

$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons 2H_2O(l)$$

$$K_n = \frac{1}{[H_3O^+]\,[OH^-]} = \frac{1}{K_w} = \frac{1}{1.0 \times 10^{-14}} = 1.0 \times 10^{14}$$

MCQ-3.9: দুর্বল এসিড ও সবল ক্ষারের টাইট্রেশনের উপযুক্ত নির্দেশক হলো-
(ক) লিটমাস (খ) মিথাইল অরেঞ্জ
(গ) মিথাইল রেড (ঘ) ফেনলফথ্যালিন

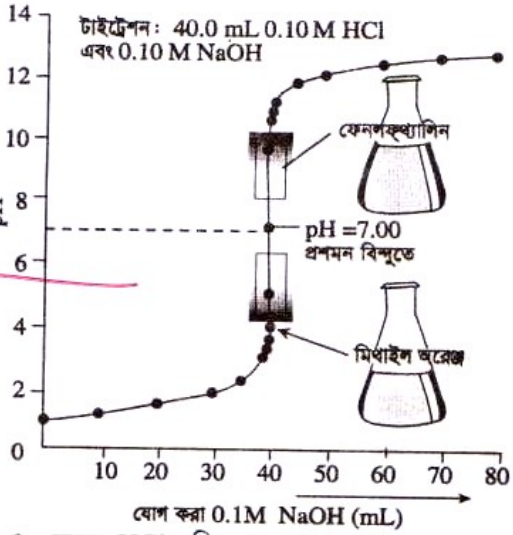
সবল এসিড-সবল ক্ষারের বেলায় K_n (1.0×10^{14}) এর মান অনেক বেশি হওয়ায়, এদের প্রশমন বিক্রিয়া 100% সমাপ্তি বোঝায়। এক্ষেত্রে উৎপন্ন লবণের ক্যাটায়ন (Na^+)ও অ্যানায়ন (Cl^-) এর এসিড ও ক্ষার ধর্ম না থাকায় সংশ্লিষ্ট

প্রশমন বিক্রিয়া শেষে প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণটির **pH = 7 হয়;** (বিশুদ্ধ পানির মতো)। নির্দেশকরূপে মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড অথবা ফেনলফথ্যালিন ব্যবহার করা যায়।

(২) দুর্বল এসিড- সবল ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু :

দুর্বল এসিড পানিতে আংশিক আয়নিত হয়। দুর্বল এসিড যেমন অ্যাসিটিক এসিড (CH_3CO_2H) ও সবল ক্ষার সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NaOH) এর মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়াটি এ শ্রেণির বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যাসিটেট (CH_3CO_2Na) দ্রবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি উভমুখী বিক্রিয়া।

যোগ করা: NaOH দ্রবণ	pH
00.00	1.00
10.00	1.22
20.00	1.48
30.00	1.85
39.50	3.20
39.75	3.50
39.90	3.90
39.95	4.20
39,99	4.90
40.00	7.00
40.01	9.10
40.05	9.80
40.10	10.10
40.25	10.50
40.50	10.79
41.00	11.09
45.00	11.76
50.00	12.05
60.00	12.30



চিত্র ৩.৪ : সবল HCl এসিড-সবল NaOH ক্ষারের প্রশমন লেখ ও প্রশমন বিন্দু।

$$CH_3CO_2H\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons H_2O(l) + CH_3CO_2^-\,(aq)$$

এক্ষেত্রে উৎপন্ন CH_3CO_2Na এবং বিক্রিয়ক NaOH পূর্ণভাবে আয়নিত থাকায় নিট আয়নিক সমীকরণে Na^+ আয়নগুলোকে দেখানো হয়নি। এখন এ প্রশমন বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_n এর মান, এমন দুটি বিক্রিয়ার জানা সাম্যধ্রুবকের গুণফল থেকে বের করব, যাতে ঐ দু' বিক্রিয়ার যোগফল এ প্রশমন বিক্রিয়ার নিট আয়নিক সমীকরণ হয়। এ নিট বিক্রিয়ায় বামদিকে CH_3CO_2H ও ডানদিকে $CH_3CO_2^-$ আয়ন থাকায় ঐ বিক্রিয়া দুটির একটি হবে CH_3CO_2H এর পানিতে বিয়োজন বিক্রিয়া।

$$CH_3CO_2H\,(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+\,(aq) + CH_3CO_2^-\,(aq) \quad K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons 2H_2O(l) \quad 1/K_w = 1.0 \times 10^{14}$$

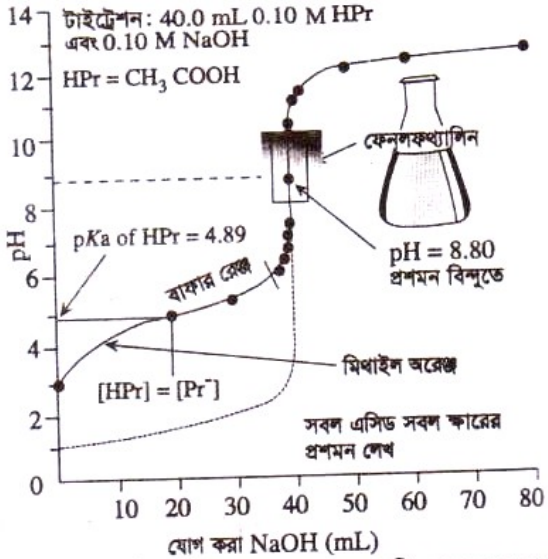
নিট বিক্রিয়া : $CH_3CO_2H\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons H_2O(l) + CH_3CO_2^-\,(aq)$; $K_n = K_a \times 1/K_w = 1.8 \times 10^9$

লক্ষ কর, ওপরের ২য় বিক্রিয়াটি পানির আয়নিকরণের বিপরীতভাবে দেখানো আছে; তাই $1/K_w$ এর মান 1.0×10^{14} ধরা হয়েছে। এক্ষেত্রে K_n (1.8×10^9) এর মানটি বেশ বড়। তবে সবল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়ার K_n এর চেয়ে ছোট। তাই এরূপ প্রশমন বিক্রিয়া **প্রায় সমাপ্তির কাছাকাছি থাকে**। এক্ষেত্রে OH^- আয়নের প্রবল প্রোটন আসক্তির কারণে দুর্বল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়া সাধারণ নিয়মে 100% সমাপ্তি গণ্য করা হয়। প্রশমনের পর Na^+ আয়নের কোনো অম্ল বা ক্ষার ধর্ম নেই; কিন্তু **$CH_3CO_2^-$ আয়ন দুর্বল ক্ষারক হওয়ায়, প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের pH > 7 হয়। প্রশমন বিন্দুর pH 8.8 এ থাকে।**

(৩) সবল এসিড-দুর্বল ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু :

সবল এসিড সম্পূর্ণ আয়নিত হয়। তাই সবল এসিডের প্রশমনের বেলায় H_3O^+ আয়ন দুর্বল ক্ষারকে প্রোটন স্থানান্তর করে। যেমন সবল HCl এসিড ও দুর্বল ক্ষারক অ্যামোনিয়া দ্রবণের নিট বিক্রিয়া হলো–

$$H_3O^+\,(aq) + NH_3\,(aq) \rightleftharpoons H_2O\,(l) + NH_4^+\,(aq)$$



চিত্র ৩.৫ : দুর্বল 0.1M CH_3COOH এসিড-সবল 0.1M NaOH ক্ষারের প্রশমন লেখ ও প্রশমন বিন্দু।

পূর্বের দুর্বল এসিড ও সবল ক্ষার দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়ার মতো এক্ষেত্রেও প্রশমন বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক K_n এর মান, এমন দুটি বিক্রিয়ার জানা সাম্যধ্রুবকের গুণফল থেকে বের করব, যাতে ঐ দু' বিক্রিয়ার যোগফল এ প্রশমন বিক্রিয়ার নিট আয়নিক সমীকরণ হয়। বিক্রিয়া দুটি হলো –

$$NH_3\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons NH_4^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \quad K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

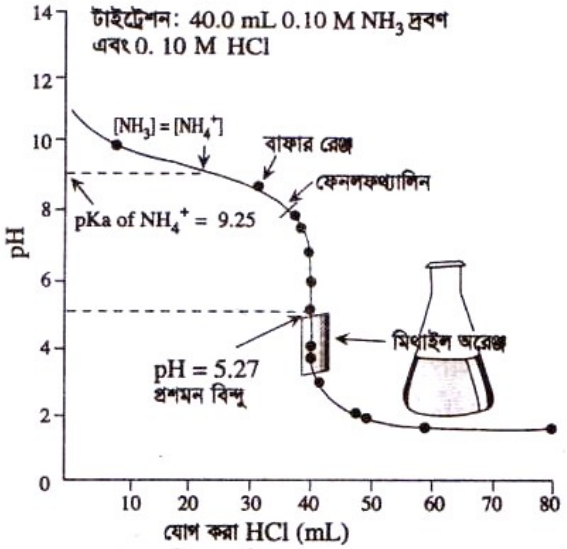
$$H_3O^+\,(aq) + OH^-\,(aq) \rightleftharpoons 2H_2O\,(l) \quad 1/K_w = 1.0 \times 10^{14}$$

নিট বিক্রিয়া : $H_3O^+\,(aq) + NH_3\,(aq) \rightleftharpoons H_2O\,(l) + NH_4^+\,(aq)$; $K_n = K_b \times 1/K_w = 1.8 \times 10^9$

এক্ষেত্রে K_n এর মান বেশ বড় এবং CH_3COOH ও NaOH এর প্রশমন সাম্যধ্রুবকের মানের সমান। এর কারণ CH_3COOH এর K_a এবং NH_3 এর K_b এর মান সমান। আবার H_3O^+ আয়ন সবল প্রোটন দাতা হওয়ায় সবল এসিড ও দুর্বল ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়াও সাধারণ নিয়মে 100% সমাপ্তি ধরা হয়। প্রশমন শেষে মিশ্র দ্রবণে HCl এসিডের Cl^- আয়নের কোনো অম্ল বা ক্ষার ধর্ম থাকে না. তবে NH_4^+ আয়ন দুর্বল এসিড হওয়ায়, প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের pH < 7 হয়। **প্রশমন বিন্দুর pH 5.27 হয়।**

(৪) দুর্বল এসিড-দুর্বল ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও প্রশমন বিন্দু : দুর্বল এসিড ও দুর্বল ক্ষার পানিতে আংশিকভাবে আয়নিত হয় এবং এদের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়ায় এসিড থেকে প্রোটন দুর্বল ক্ষারে স্থানান্তর ঘটে। দুর্বল অ্যাসিটিক এসিড ও দুর্বল ক্ষার অ্যামোনিয়া দ্রবণে প্রশমন বিক্রিয়ার নিট সমীকরণ হলো :

$$CH_3CO_2H(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + CH_3CO_2^-(aq)।$$



চিত্র ৩.৬ : সবল এসিড-দুর্বল ক্ষারের প্রশমন লেখ ও প্রশমন বিন্দু।

এক্ষেত্রে প্রশমন বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক K_n এর মান তিনটি বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক মানের গুণফল থেকে বের করা হবে। যেমন, (১) CH_3CO_2H এর আয়নিকরণ ধ্রুবক, (২) অ্যামোনিয়া ক্ষারকে প্রোটন সংযোজন ধ্রুবক, (৩) বিপরীত পানি-আয়নিকরণ ধ্রুবক মান।

$$CH_3CO_2H(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + CH_3CO_2^-(aq) \quad K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \quad K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$H_3O^+(aq) + OH^-(aq) \rightleftharpoons 2H_2O(l) \quad 1/K_w = 1.0 \times 10^{14}$$

নিট বিক্রিয়া: $CH_3CO_2H(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + CH_3CO_2^-(aq)$; $K_n = K_a \times K_b \times 1/K_w = 3.2 \times 10^4$

এক্ষেত্রে K_n এর মান পূর্বের তিন শ্রেণির প্রশমন বিক্রিয়ার K_n এর মান থেকে অনেক কম। তাই এ **দুর্বল এসিড-দুর্বল ক্ষারকের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া কখনো সাম্যাবস্থার ডানদিকে ঘটে না।** HCN এর জলীয় দ্রবণ ও NH_3 এর জলীয় দ্রবণের প্রশমনের K_n এর মান 1 থেকে ছোট হয়। এতে বোঝা যায় এদের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া 50% এর কম ঘটে।

$$HCN(aq) + NH_3(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + CN^-(aq) \quad K_n = 0.88$$

এ শ্রেণির প্রশমন বিক্রিয়া অতি ধীরে ধীরে ঘটে। তাই প্রশমন বিন্দু সঠিকভাবে পাওয়া যায় না। প্রশমনের শেষ পর্যায়েও pH এর তেমন কোনো পরিবর্তন হয় না। এজন্য দুর্বল এসিড ও দুর্বল ক্ষারের প্রশমন টাইট্রেশনে কোনো নির্দেশক কার্যকর হয় না।

সমাধানকৃত সমস্যা – ৩.৩৮ : প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ ও প্রশমন বিন্দুতে pH :

লঘু নাইট্রিক এসিড (HNO_3) ও মিথাইল অ্যামিন (CH_3NH_2) এর সমমোলার প্রশমন বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত নিট সমীকরণ লেখ। প্রশমন বিন্দুতে pH এর মান কত হবে?

দক্ষতা : প্রশমন বিক্রিয়ার এসিড ও ক্ষার সবল কী দুর্বল এর ওপর 'নিট আয়নিক সমীকরণ' নির্ভর করে। প্রশমন বিন্দুতে দ্রবণের p^H নির্ভর করে উপস্থিত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের এসিড ও ক্ষার ধর্মের ওপর।

সমাধান : HNO_3 হলো সবল এসিড ও CH_3NH_2 হলো দুর্বল ক্ষার। তাই এদের প্রশমন বিক্রিয়া প্রায় সমাপ্তির প্রান্তে থাকে। নিট আয়নিক সমীকরণ হলো –

$$H_3O^+ (aq) + CH_3NH_2 (aq) \rightleftharpoons H_2O (l) + CH_3NH_3^+ (aq)$$

প্রশমনের পর দ্রবণের $CH_3NH_3^+$ আয়ন হলো দুর্বল এসিড এবং NO_3^- আয়নের কোনো এসিড বা ক্ষার ধর্ম নেই। তাই প্রশমন বিন্দুতে pH < 7;

MCQ-3.10: সবল এসিড ও দুর্বল ক্ষারের টাইট্রেশনে প্রশমন বিন্দুতে pH হয়—
(ক) 7.0 (খ) 8.8 (গ) 5.27 (ঘ) 6.11

৩.৮.১ এসিড-ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়াভিত্তিক গণনা

Calculation based on Acid-Base Neutralisation

এসিড ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়ার একটি সাধারণ উদাহরণ হলো ক্ষারধর্মী Na_2CO_3 এর সাথে HCl এসিডের বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ হলো :

$$2HCl (aq) + Na_2CO_3 (aq) \longrightarrow 2NaCl (aq) + CO_2 (g) + H_2O(l)$$

2mol এসিড 1 mol ক্ষারক

ধরা যাক, 2mol HCl এসিডের দ্রবণের আয়তন V_A হলে তখন মোলারিটি হয় M_A এবং 1mol Na_2CO_3 ক্ষারকের দ্রবণের আয়তন V_B হলে তখন মোলারিটি হয় M_B। বিক্রিয়কের মোল সংখ্যা, দ্রবণের আয়তন ও মোলারিটি সম্পর্ক মতে লেখা হয় :

$$\frac{V_A \times M_A(HCl)}{V_B \times M_B(Na_2CO_3)} = \frac{2mol\ HCl}{1mol\ Na_2CO_3}\ ;\ \text{বা, } 1\times V_A\times M_A = 2\times V_B\times M_B$$

এ সম্পর্কটিকে সাধারণভাবে লেখা হয়: aA (এসিড) + bB (ক্ষারক) ⟶ উৎপাদ

$$\therefore \frac{V_A \times M_A(\text{এসিড})}{V_B \times M_B(\text{ক্ষারক})} = \frac{a(\text{এসিডের মোল সংখ্যা})}{b(\text{ক্ষারকের মোল সংখ্যা})}\ ;\ \text{বা, } \boxed{bV_A \times M_A = a \times V_B \times M_B}$$

[অনুচ্ছেদ - ৩.১৩,.পরীক্ষা নং এর শেষে টাইট্রেশন ডাটার গণনা দ্রষ্টব্য]

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৩৯ : কোনো কস্টিক সোডা দ্রবণে 20 mL কে প্রশমিত করার জন্য 0.5M H_2SO_4 এসিডের 20.5 mL প্রয়োজন। ঐ ক্ষার দ্রবণের মোলারিটি কত এবং তাতে প্রতি L আয়তনে কত গ্রাম কস্টিক সোডা আছে, তা নির্ণয় কর।

দক্ষতা : এক্ষেত্রে এসিড ক্ষারের পূর্ণ প্রশমন ঘটেছে। তাই প্রশমন বিক্রিয়ার সূত্র প্রযোজ্য হবে।

সমাধান : H_2SO_4 ও NaOH-এর মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$H_2SO_4 (aq) + 2NaOH (aq) \longrightarrow Na_2CO_4(aq) + 2H_2O (l)$$

1 mol 2 mol

সমীকরণ হতে এটি স্পষ্ট যে, 1 mol H_2SO_4 বিক্রিয়া করে 2mol NaOH এর সাথে।

অম্ল-ক্ষার প্রশমনের সূত্র মতে,

$aM_BV_B = bM_AV_A$

$\therefore MB = \frac{bM_AV_A}{aV_B}$

$= \frac{2 \times 0.5 \times 20.5}{1 \times 20}$

$= 1.025 mol\ L^{-1}$

এখানে

ক্ষারের দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_B = ?$

ক্ষারের দ্রবণের আয়তন, $V_B = 20mL$

দ্রবণে ক্ষারের মোল সংখ্যা, $b = 2$

অম্লের দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_A = 0.5 molL^{-1}$

অম্লের দ্রবণের আয়তন, $V_A = 20.5mL$

দ্রবণে অম্লের মোল সংখ্যা, $a = 1$

$\therefore$ NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা = 1.025M

আবার NaOH এর সংকেত ভর = 40

$\therefore$ 1 M NaOH এর 1L দ্রবণে NaOH দ্রবীভূত থাকে = 40g

$\therefore$ 1.025 M NaOH এর 1 L দ্রবণে NaOH থাকে = 40×1.025g

$= 41.0$g

উত্তর : NaOH এর দ্রবণের মোলারিটি = $1.025\ molL^{-1}$ এবং প্রতি L দ্রবণে NaOH আছে = 41g।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪০ : 500 mL আয়তনের H_2SO_4 দ্রবণে 49g H_2SO_4 দ্রবীভূত আছে। উক্ত দ্রবণের 50 mL পরিমাণকে 10% NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করতে কী পরিমাণ NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হবে?

দক্ষতা : প্রথমে এসিড ও ক্ষার দ্রবণের মোলারিটি নির্ণয় করতে হবে। এক্ষেত্রে প্রশমন বিক্রিয়ার সূত্র ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : প্রথমে H_2SO_4 দ্রবণ ও 10% NaOH দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করি।

(i) H_2SO_4 দ্রবণের লিটারে আয়তন = $\frac{500}{1000}$ L = 0.5L

দ্রবীভূত H_2SO_4 এর মোল সংখ্যা = $\frac{49g}{98g}$ = 0.5 mol

$\therefore$ H_2SO_4 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা, $M_1 = \frac{H_2SO_4 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} = \frac{0.5\ mol}{0.5L} = 1\ molL^{-1}$

(ii) 10% NaOH দ্রবণের বেলায় এর 100mL দ্রবণে 10g NaOH থাকে।

$\therefore$ লিটারে ঐ NaOH দ্রবণের আয়তন = $\frac{100}{1000}$ = 0.1L

দ্রবীভূত NaOH এর মোল সংখ্যা = $\frac{10g}{40g}$ = 0.25mol

$\therefore$ NaOH দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা, $M_2 = \frac{\text{NaOH এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} = \frac{0.25\ mol}{0.1L} = 2.5\ molL^{-1}$

H_2SO_4 ও NaOH এর পূর্ণ প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$H_2SO_4\ (aq) + 2NaOH\ (aq) \longrightarrow Na_2SO_4\ (aq) + 2H_2O\ (l)$

1 mol 2 mol

সমীকরণ মতে, পূর্ণ প্রশমনের বেলায়, 1 mol H_2SO_4 2 mol NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করেছে।

$\therefore \frac{V_1 \times M_1 (H_2SO_4)}{V_2 \times M_2 (NaOH)} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$

বা, $2 \times V_1 \times M_1 = 1 \times V_2 \times M_2$

বা, $2 \times 50\text{mL} \times 1 \text{ molL}^{-1} = 1 \times V_2 \times 2.5 \text{ molL}^{-1}$

এখানে, H_2SO_4 এর আয়তন, $V_1 = 50\text{mL}$

H_2SO_4 এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 1 \text{ molL}^{-1}$

NaOH দ্রবণের আয়তন, $V_2 = ?$

NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M_2 = 2.5 \text{ molL}^{-1}$

$\therefore V_2 = \frac{2 \times 50\text{mL} \times 1 \text{ molL}^{-1}}{1 \times 2.5 \text{ molL}^{-1}} = 40 \text{ mL}$

উত্তর : 40 mL NaOH দ্রবণ।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪১ : 25 mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10 mL 0.1 M HCl দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হলো কিন্তু পুর্ণ প্রশমনের জন্য 0.15 M HCl দ্রবণের আরো 400 mL প্রয়োজন হলো। NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা কত?

দক্ষতা : এক্ষেত্রে NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করার জন্য দুটি ভিন্ন মোলার ঘনমাত্রার HCl ব্যবহৃত হয়েছে। তাই প্রতিটি HCl দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত NaOH এর মোল সংখ্যা বের করতে হবে।

সমাধান : NaOH দ্রবণ ও HCl দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$\underset{1 \text{ mol}}{HCl\,(aq)} + \underset{1 \text{ mol}}{NaOH\,(aq)} \longrightarrow NaCl\,(aq) + H_2O\,(l)$$

সমীকরণ মতে, 1 mol HCl ≡ 1 mol NaOH

বা, 1000mL 1 M HCl দ্রবণ ≡ 1 mol NaOH

$\therefore$ 10mL 0.1M HCl দ্রবণ ≡ $\frac{1 \times 10 \times 0.1}{1000}$ mol NaOH ≡ $\boxed{0.001 \text{ mol NaOH}}$

আবার ২য় অবস্থায় পূর্ণ প্রশমনের বেলায়-

সমীকরণ মতে, 1 mol HCl ≡ 1 mol NaOH

বা, 1000mL 1 M HCl দ্রবণ ≡ 1 mol NaOH

$\therefore$ 400 mL 0.15M HCl দ্রবণ ≡ $\frac{1 \times 400 \times 0.15}{1000}$ mol NaOH ≡ $\boxed{0.06 \text{ mol NaOH}}$

$\therefore$ প্রশ্নমতে, 25 mL NaOH দ্রবণে বিশুদ্ধ NaOH আছে = (0.001 + 0.06)mol = 0.061 mol

$\therefore$ NaOH দ্রবণের মোলারিটি, $M = \frac{\text{NaOHএর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

বা, মোলারিটি, $M = \frac{0.061\text{mol}}{0.025\text{L}} = 2.44 \text{ molL}^{-1}$ [$\because$ 25mL = 0.025L]

$\therefore$ NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা = 2.44molL বা, 2.44 (M) **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪২ : 0.23g ভরের কোন এক অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 0.25L দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। এ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 57.5mL 0.1 M HCl প্রয়োজন হয়। ঐ ক্ষারটির গ্রাম-আণবিক ভর কত?

দক্ষতা : এক অম্লীয় ক্ষারক হলো একটি মাত্র OH মূলক যুক্ত ক্ষারককে (NaOH, KOH) বোঝায়। এক্ষেত্রে প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : এক অম্লীয় ক্ষারের অণুতে একটি মাত্র OH^- আয়ন থাকে এবং এটি এক মোল HCl কে পূর্ণ প্রশমিত করে। যেমন—

$$\underset{1\text{ mol}}{HCl\,(aq)} + \underset{1\text{ mol}}{OH^-(aq)} \longrightarrow H_2O\,(l) + Cl^-\,(aq)$$

1 mol HCl = 1000mL 1 M HCl দ্রবণ।

প্রশ্নমতে, 57.5mL 0.1M HCl ≡ 0.23g ক্ষার

$$\therefore \text{ 1000 mL 1 M HCl দ্রবণ} \equiv \frac{0.23 \times 1000}{57.5 \times 0.1}\text{ g} = 40\text{g ক্ষার} = 1\text{ mol ক্ষার}$$

উত্তর : ক্ষারটির গ্রাম-আণবিক ভর = 40g

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪৩ : 12g $CaCO_3$ কে HCl এসিডে দ্রবীভূত করলে যে পরিমাণ CO_2 গ্যাস নির্গত হয়, একে সম্পূর্ণরূপে Na_2CO_3 এ পরিণত করতে 650 mL কস্টিক সোডা দ্রবণের প্রয়োজন হয়। ক্ষারক দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে কত হবে?

দক্ষতা : দুটি সমীকরণ থেকে সংশ্লিষ্ট যৌগের মোল পরিমাণ হিসাবে গণনা করা হয়।

সমাধান : $CaCO_3$ এর সাথে HCl এর বিক্রিয়ায় CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন CO_2 গ্যাস ও NaOH দ্রবণের বিক্রিয়ায় Na_2CO_3 উৎপন্ন হয়। উভয় বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$\underset{100\text{g}}{CaCO_3\,(s)} + 2HCl\,(aq) \longrightarrow CaCl_2\,(aq) + H_2O\,(l) + \underset{1\text{ mol}}{CO_2\,(g)}$$

$$2\,NaOH\,(aq) + CO_2\,(g) \longrightarrow Na_2CO_3\,(aq) + H_2O\,(l)$$

2 mol 1 mol

প্রথম সমীকরণ মতে, 100g $CaCO_3$ থেকে উৎপন্ন হয় 1 mol CO_2 গ্যাস।

$$\therefore \text{ 12g } CaCO_3 \text{ থেকে উৎপন্ন হয় } \frac{1 \times 12}{100}\text{ mol } CO_2 \text{ গ্যাস।}$$

$$= \boxed{0.12\text{ mol } CO_2 \text{ গ্যাস}}$$

আবার দ্বিতীয় সমীকরণ মতে, 1 mol CO_2 গ্যাস ≡ 2 mol NaOH

$$0.12\text{ mol } CO_2 \text{ গ্যাস} \equiv 2 \times 0.12\text{ mol NaOH} = 0.24\text{mol NaOH}$$

প্রশ্নমতে, 650mL দ্রবণে 0.24 mol NaOH দ্রবীভূত আছে।

$$\therefore \text{ 1L বা, 1000 mL দ্রবণে } \frac{0.24 \times 1000}{650}\text{ mol NaOH দ্রবীভূত আছে।}$$

$$= 0.3692\text{ mol NaOH দ্রবীভূত আছে।}$$

∴ উত্তর : ক্ষারক দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা হবে = 0.37M (প্রায়)।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪৪ : 50 mL 0.3M দ্বিক্ষারীয় এসিডের দ্রবণে 200 mL 0.2M MOH ক্ষার দ্রবণ (M এর পা. ভর = 39) মিশ্রিত করা হলো। মিশ্রিত দ্রবণ পূর্ণ প্রশমিত হবে কি? মিশ্রণের প্রকৃতি pH গণনার মাধ্যমে বিশ্লেষণ কর। [সি. বো. ২০১৫]

দক্ষতা : বিক্রিয়ায় পূর্ণ প্রশমনের কথা বলা হয় নি। তাই প্রথমে প্রদত্ত এসিড দ্রবণ ও ক্ষার দ্রবণে থাকা দ্রবের মোল সংখ্যা বের করতে হবে। দ্বিতীয় এসিড-ক্ষারের প্রশক্ষণ বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে উভয়ের মোল সম্পর্ক ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : প্রশ্নমতে ক্ষারের M-এর পা. ভর = 39। তাই MOH হলো KOH দ্রবণ

দ্বিক্ষারীয় এসিডের 1000mL 0.3M দ্রবণে এসিড থাকে = 0.3 mol এসিড

$\therefore$ " " 50mL 0.3M দ্রবণে এসিড থাকে $= \frac{0.3 \times 50}{1000} = \boxed{0.015\text{mol}}$

আবার, KOH ক্ষারের 1000mL 0.2M দ্রবণে KOH থাকে = 0.2mol KOH

$\therefore$ KOH ক্ষারের 200mL 0.2M দ্রবণে KOH থাকে $= \frac{0.2 \times 200}{1000} = \boxed{0.04\text{ mol}}$

মনে করি, দ্বিক্ষারকীয় এসিডটি হলো H_2SO_4। সুতরাং H_2SO_4 ও KOH এর মধ্যে বিক্রিয়াটি হলো :

$H_2SO_4\,(aq) + 2KOH\,(aq) \longrightarrow K_2SO_4(aq) + 2H_2O\,(l)$

1 mol 2 mol

উপরের গণনা মতে, H_2SO_4 এর mol সংখ্যা কম আছে। তাই H_2SO_4 এর মোল সংখ্যা প্রথমে ব্যবহৃত হবে।

সমীকরণ মতে, 1 mol H_2SO_4 প্রশমিত করে = 2mol KOH

$\therefore$ 0.015 mol H_2SO_4 প্রশমিত করে $= (2 \times 0.015) = 0.03$ mol KOH

$\therefore$ প্রশ্নমতে, H_2SO_4 কে প্রশমনের পর মিশ্র দ্রবণে অতিরিক্ত KOH থাকে $= (0.04 - 0.03) = 0.01$mol

বর্তমানে এসিড-ক্ষার মিশ্র দ্রবণের মোট আয়তন $= (50 + 200)$ mL $= 250$ mL

$\therefore$ H_2SO_4 এর প্রশমনের পর অতিরিক্ত KOH এর ঘনমাত্রা $= \frac{\text{KOH এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

$= \frac{0.01}{0.250\text{L}} = 0.04(\text{M})$

$\therefore$ মিশ্র দ্রবণে KOH এর pH $= (14 - \text{pOH}) = 14 - (-\log [\text{OH}])$

$= 14 - (-\log 0.04) = (14 - 1.39)$

$= 12.61$

বিশ্লেষণ : মিশ্রিত এসিড ক্ষার দ্রবণ পূর্ণ প্রশমিত হয় নি। H_2SO_4 দ্রবণ KOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত হলেও অতিরিক্ত KOH মিশ্র দ্রবণে থেকে যাওয়ায় মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃতি হলো ক্ষারীয়। এ ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা হলো 0.04 (M) এবং pH মান হলো 12.61।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪৫ : 100 mL 0.5 M H_2SO_4 এসিডের মধ্যে 200mL 0.2g NaOH মিশ্রিত করা হলো। মিশ্রণের প্রকৃতি কীরূপ হবে এবং মিশ্র দ্রবণের pH মান গণনা কর। [কু. বো. ২০১৬]

দক্ষতা : প্রশ্ন মতে এসিড ও ক্ষার মিশ্রণটিতে পূর্ণ প্রশমনের কথা বলা হয় নি। তাই এসিড ও ক্ষার দ্রবণের প্রতি ক্ষেত্রে থাকা মোল সংখ্যা গণনা করতে হবে। পরে সমীকরণভিত্তিক মোল অনুপাত থেকে মিশ্র দ্রবণের প্রকৃতি জানা যাবে।

সমাধান : প্রদত্ত এসিড দ্রবণ ও ক্ষার দ্রবণে H_2SO_4 ও NaOH এর মোল সংখ্যা গণনা :

1000 mL 0.5M H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত আছে = 0.5 mol H_2SO_4

$\therefore$ 100 mL 0.5M H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত আছে $= \frac{0.5 \times 100}{1000} = \boxed{0.05 \text{ mol } H_2SO_4}$

আবার 200 mL দ্রবণে 0.2g NaOH দ্রবীভূত আছে $= \frac{0.2g}{\text{NaOH এর গ্রা. আ. ভর}} = \frac{0.2g}{40 g mol^{-1}}$

$= \boxed{0.005 \text{mol NaOH}}$

H_2SO_4 এসিড ও NaOH ক্ষার দ্রবণের প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো :

$$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \longrightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

1 mol 2 mol

উপরের বর্ণনা মতে NaOH কে প্রশমনের পর মিশ্র দ্রবণে অতিরিক্ত NaOH এর মোল সংখ্যা প্রথমে বিবেচিত হবে।

সমীকরণ মতে, 2 mol NaOH প্রশমিত করে = 1 mol H_2SO_4

$\therefore$ 0.005 mol NaOH প্রশমিত করে $= \frac{(1 \text{ mol} \times 0.005)}{2} = 0.0025 \text{ mol } H_2SO_4$

$\therefore$ প্রশ্নমতে, NaOH কে প্রশমনের পর মিশ্র দ্রবণে অতিরিক্ত H_2SO_4 থাকে $= (0.05 - 0.0025)$

$= 0.0475$ mol

বর্তমানে এসিড-ক্ষার মিশ্র দ্রবণের মোট আয়তন $= (100 + 200)mL = 300mL$

$\therefore$ NaOH এর প্রশমনের পর অতিরিক্ত H_2SO_4 এর ঘনমাত্রা $= \frac{H_2SO_4 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

$= \frac{0.0475 \text{ mol}}{0.300L} = 0.158 \text{ (M)}$

$\therefore$ মিশ্রণ দ্রবণে H_2SO_4 এর $pH = -\log[H^+] = -\log 0.158 = 0.80$

বিশ্লেষণ : মিশ্রিত এসিড-ক্ষার দ্রবণ পূর্ণ প্রশমিত হয়নি। NaOH দ্রবণটি H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত হলেও অতিরিক্ত H_2SO_4 মিশ্র দ্রবণে থেকে যাওয়ায় মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃতি হলো অম্লীয়। এ অম্লীয় দ্রবণের ঘনমাত্রা হলো 0.158M এবং pH মান হলো 0.80।

শিক্ষার্থী নিজে করঃ এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়াভিত্তিকঃ সমীকরণ মতে $\frac{V_1 \times M_1(\text{এসিড})}{V_2 \times M_2(\text{ক্ষার})} = \frac{\text{এসিডের মোল সংখ্যা}}{\text{ক্ষারকের মোল সংখ্যা}}$

সমস্যা - ৩.৪২ : নিচের এসিড ও ক্ষার যুগলের প্রশমন বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত নিট আয়নিক সমীকরণ লেখ। প্রশমন বিন্দুতে pH এর মান 7 এর কম না বেশি হবে? রসায়ন -১ম পত্রের পরিশিষ্ট- ক থেকে এসিড ও ক্ষারের K_a ও K_b জেনে নাও।

(ক) HNO_2 ও KOH ; (খ) HBr ও NH_3 (গ) $HClO_4$ ও KOH

সমস্যা-৩.৪৩(ক) : Na_2CO_3 এর 25mL দ্রবণকে প্রশমিত করতে 10.2mL. 0.05M H_2SO_4 প্রয়োজন হয়। ঐ Na_2CO_3 দ্রবণের মোলারিটি কত? [উঃ 0.0204M]

সমস্যা-৩.৪৩ (খ) : কস্টিক সোডার 20mL দ্রবণকে প্রশমিত করতে 20.5mL 0.5M H_2SO_4 প্রয়োজন হয়। ঐ ক্ষার দ্রবণের মোলারিটি এবং প্রতি লিটার দ্রবণে NaOH এর ভর গণনা কর। [উ: 1.025M; 41g]

সমস্যা-৩.৪৩(গ) : 750mLM/4 H_2SO_4 কে প্রশমিত করতে কত লিটার ডেসিমোলার কস্টিক সোডা প্রয়োজন হবে? [উ: 3.75 L]

সমস্যা-৩.৪৩(ঘ): কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের M/20 H_2SO_4 দ্বারা সমআয়তনের কত মোলার NaOH দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করা যাবে? [উ: 0.1 M]

সমস্যা-৩.৪৩(ঙ): 1L M/20 H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করতে 5% অনার্দ্র Na_2CO_3 দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হবে? [উ: 0.106 L]

সমস্যা-৩.৪৩(চ): 25 mL 1.0 M Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করতে 20 mL H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হয়। এসিডের ঘনমাত্রা কত? [উ: 1.25 M]

সমস্যা-৩.৪৪(ক) : 50 mL সেমিমোলার H_2SO_4 এবং 100mL ডেসিমোলার NaOH দ্রবণ মিশালে ঐ মিশ্রণটি অম্লীয় হবে না ক্ষারীয় হবে? মিশ্রণটির ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [উ: অম্লীয়; ঘনমাত্রা = 0.133M]

সমস্যা ৩.৪৪(খ) : 'A' পাত্রে 10 mL দ্রবণে 0.4g NaOH আছে এবং 'B' পাত্রে 25mL 0.05M HCl দ্রবণ আছে। উভয় পাত্রের দ্রবণকে মিশ্রিত করলে মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃতি কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [ব. বে. ২০১৫]

[উ: ক্ষারীয় ; 0.01 mol NaOH এর জন্য 0.01 mol HCl প্রয়োজন; কিন্তু HCl আছে 0.00125 mol

সমস্যা ৩.৪৪(গ) : 50mL 0.3M দ্বিক্ষারীয় অম্ল (যেমন H_2SO_4) এর দ্রবণ দ্বারা 200 mL 0.2M MOH দ্রবণ পূর্ণ প্রশমিত হবে কী? গাণিতিকভাবে তা বিশ্লেষণ কর। এক্ষেত্রে MOH এর M এর পা. ভর = 39। [সি. বো. ২০১৫]

[উ: MOH হলো KOH; মিশ্রিত দ্রবণ ক্ষারীয় হবে। কারণ এক্ষেত্রে 0.015 mol অম্লের জন্য 0.03 mol KOH দরকার; কিন্তু ক্ষার আছে 0.04 mol]

সমস্যা-৩.৪৫ : 30 mL HCl দ্রবণে 20mL 0.5M Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করার পর সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্য আরো 20mL 0.1M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ঐ এসিড দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.73M]

সমস্যা-৩.৪৬(ক) : 3.375g ভরের কোনো এক-অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত করে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হয়। ঐ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 67.5 mL 1 M HCl দ্রবণ প্রয়োজন হলো। ক্ষারটির আণবিক ভর বের কর। [উ: 50]

সমস্যা-৩.৪৬ (খ): 2.3g ভরের কোনো এক-অম্লীয় ক্ষারকে পানিতে দ্রবীভূত কওে 250 mL দ্রবণ তৈরি করা হলো। এ দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 0.575 L 0.1 M HCl প্রয়োজন হয়। ঐ ক্ষারটির 1.0 মোলার পরিমাণ নির্ণয় কর। [উ: 40 g]

সমস্যা-৩.৪৭(ক): 40 mL HCl দ্রবণকে প্রথমে 30 mL 0.5 M Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করা হলো। এ এসিড দ্রবণটিকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 25 mL 0.1M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। এসিড দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.8125 M]

সমস্যা-৩.৪৭(খ): 25 mL NaOH দ্রবণকে প্রথমে 10 mL 0.1 M HCl দ্বারা আংশিক প্রশতি করা হলো। কিন্তু প্রশমন সম্পূর্ণ করতে 0.15 M HCl এর আরও 8. mL প্রয়োজন হয়। এসিড দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.088 M]

সমস্যা-৩.৪৭(গ): 10 cm^3 Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রথমে 20 cm^3 0.1 M HCl দ্রবণ দ্বারা আংশিক প্রশমিত করা হলো। দ্রবণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে আরো 16 cm^3 0.15 M HCl দ্রবণ প্রয়োজন হলো। Na_2CO_3 দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.22 M]

সমস্যা-৩.৪৮: 1 g বিশুদ্ধ $CaCO_3$ কে 40 mL HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করা হলো। প্রাপ্ত দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে আরো 40 mL 0.5 M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হলো। প্রদত্ত HCl দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উ: 1.0M]

সমস্যা-৩.৪৯(ক): ভেজাল মিশ্রিত 3.762 g Na_2CO_3 কে পানিতে মিশ্রিত করে দ্রবণের আয়তন 500 mL করা হলো। এ দ্রবণের 20 mL পরিমাণকে 0.1 M HCl দ্বারা পূর্ণ প্রশমিত করতে 19.24 mL HCl প্রয়োজন হয়। Na_2CO_3 এর মধ্যে ভেজালের শতকরা পরিমাণ বের কর। [উ: 32.23 %]

সমস্যা-৩.৪৯(খ) : 1.0g Na_2CO_3 কে পানিতে দ্রবীভূত করে 500 mL করা হলো। এ দ্রবণ থেকে 50 mL নিয়ে টাইট্রেশন করে প্রশমনের শেষ বিন্দুতে পৌছাতে 0.1 M HCl দ্রবণের 10 mL প্রয়োজন হলে ঐ Na_2CO_3 এ ভেজালের শতকরা পরিমাণ বের কর। [উ: 47%]

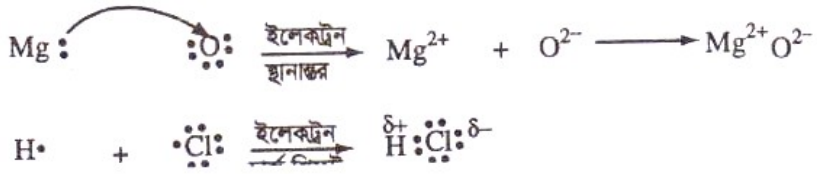
সমস্যা-৩.৫০ (ক) : এক টুকরা Mg ধাতুকে 20mL 0.1M HCl-এ দ্রবীভূত করা হলো। দ্রবণের অবশিষ্ট HCl কে প্রশমিত করতে 7.5mL 0.2M NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। Mg টুকরার ভর কত? [উ: 0.006g]

সমস্যা-৩.৫০ (খ) : 200 mL 0.1M অক্সালিক এসিডের দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমিত করতে 150 mL NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হয়। NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm একক নির্ণয় কর। [উ: 10666.6] [চ. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৫০ (গ) : উপরোক্ত NaOH দ্রবণকে অক্সালিক এসিড দ্বারা টাইট্রেট করতে কোন্ নির্দেশকটি উপযোগী হবে তা যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৫]

৩.৯ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Oxidation-Reduction Reactions)

আমরা জানি, জারণ-বিজারণ বা রিডক্স (Redox) বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তর ঘটে। জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে আয়নিক যৌগ গঠনে, সব দহন বিক্রিয়ায়, ব্যাটারিতে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করার বিক্রিয়ায়, ধাতু নিষ্কাশন বিক্রিয়ায়, দেহের কোষে শক্তি উৎপাদনকালে এরূপ আরো অনেক বিক্রিয়া আমরা জানতে পারব যাতে রিডক্স বিক্রিয়া ঘটে। রসায়নে রিডক্স বিক্রিয়ার গুরুত্ব অনেক বেশি। যেমন আয়নিক যৌগে ইলেকট্রন স্থানান্তর সম্পূর্ণভাবে ঘটলেও সমযোজী যৌগে যেমন HCl অণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তর আংশিকভাবেও ঘটে। ইলেকট্রন স্থানান্তর বলতে আমরা এখন থেকে বুঝবো বিক্রিয়কের একটি পরমাণু থেকে অপর বিক্রিয়কের পরমাণুতে ইলেকট্রনের **নিট স্থানান্তর** (net movement)। আবার ইলেকট্রন স্থানান্তরের দিক হলো এক বিক্রিয়কের কম ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু থেকে অপর বিক্রিয়কের বেশি ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণুর দিকে। এ তথ্যগুলো নিচের দুটি বিক্রিয়ার বেলায় খাটে কী না দেখ :



* MgO গঠনে ইলেকট্রন চার্জ শিফট সম্পূর্ণভাবে ঘটেছে বলে এটি হলো ইলেকট্রন স্থানান্তর এবং সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে পূর্ণ ধনাত্মক ও পূর্ণ ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন সৃষ্টি করেছে।

* HCl এর বেলায় তুলনামূলক কম ইলেকট্রন চার্জ শিফট ঘটেছে। তাই আংশিক ধনাত্মক (δ^+) ও আংশিক ঋণাত্মক (δ^-) চার্জ সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে সৃষ্টি হয়েছে।

* রসায়নবিদেরা রিডক্স বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর বোঝানোর জন্যে কিছু 'পদ' (term) ব্যবহার করেছেন। যেমন জারণ হলো ইলেকট্রন 'ত্যাগ' বা বর্জন (loss)

* বিজারণ হলো ইলেকট্রন গ্রহণ বা অর্জন (gain)।

MgO গঠনকালে Mg পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগের ফলে জারণ ঘটে এবং O পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণে বিজারণ ঘটে।

জারণ (Mg কর্তৃক ইলেকট্রন বর্জন) : $Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$

বিজারণ (O_2 কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণ) : $\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \longrightarrow O^{2-}$

এক্ষেত্রে অক্সিজেন (O_2) দ্বারা Mg জারিত হয়েছে; তাই O_2 হলো জারক (oxidant) বা অক্সিডাইজিং (oxidising) এজেন্ট। একইভাবে Mg দ্বারা O_2 বিজারিত হয়েছে, তাই Mg হলো বিজারক (reductant) বা রিডিউসিং (reducing) এজেন্ট। এতে বোঝা গেল,

(১) ইলেকট্রন বর্জন ও ইলেকট্রন গ্রহণ যথাক্রমে বিজারক ও জারক পদার্থের মধ্যে একই সাথে ঘটে। এছাড়া,

(২) বিজারক ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয় এবং জারক ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়।

এখন আমরা **জারণ, বিজারণ, জারক পদার্থ, বিজারক পদার্থ**—এ চারটি পদের সংজ্ঞা জানবো।

জারণের সংজ্ঞা : যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন বর্জন বা ত্যাগ করে, তাকে জারণ বিক্রিয়া বলে। ইলেকট্রন বর্জনের ফলে পরমাণু, অণু বা আয়ন জারিত হয়। যেমন,

(১) পরমাণুর ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা জারণ : (i) $Na \longrightarrow Na^+ + e^-$

(ii) $Ca \longrightarrow Ca^{2+} + 2e^-$

(২) অণুর ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা জারণ : (i) $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

(ii) $H_2O_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^- + O_2$

(৩) ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা জারণ : (i) $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$

(ii) $Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^-$

(৪) অ্যানায়নের ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা জারণ : (i) $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

(ii) $2S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_4^{2-} + 2e^-$
থায়োসালফেট টেট্রাথায়োনেট

বিজারণের সংজ্ঞা : যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরমাণু, অণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তাকে বিজারন বিক্রিয়া বলে। ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে পরমাণু, অণু বা আয়ন বিজারিত হয়। যেমন.

(১) পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে বিজারণ : (i) $Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$

(ii) $O + 2e^- \longrightarrow O^{2-}$

(২) অণুর ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে বিজারণ : (i) $I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$

(ii) $H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow 2H_2O$

(৩) ক্যাটায়নের ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে বিজারণ : (i) $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

(ii) $Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$

(৪) অ্যানায়নের ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে বিজারণ : (i) $MnO_4^- + 5e^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

(ii) $Cr_2O_7^{2-} + 6e^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

জারক পদার্থের সংজ্ঞা : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় যে পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিজে বিজারিত হয় এবং অপর বিক্রিয়ক পদার্থকে জারিত করে, তাকে জারক পদার্থ বলে। জারক পদার্থ হলো ইলেকট্রন-গ্রহীতা। যে পদার্থের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা যত বেশি সে পদার্থ তত বেশি সবল জারক পদার্থ হয়।

তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বৃদ্ধির সাথে হ্যালোজেন মৌলগুলোর জারণ ক্ষমতা নিম্নোক্ত ক্রমে বৃদ্ধি পায় :

$$I_2 < Br_2 < Cl_2 < F_2।$$

কয়েকটি জারক পদার্থের উদাহরণ :

(১) গ্যাসীয় জারক পদার্থ : ফ্লোরিন (F_2), ক্লোরিন, অক্সিজেন, ওজোন, সালফার ডাইঅক্সাইড (SO_2), নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2)।

(২) তরল জারক পদার্থ : তরল ব্রোমিন, হাইড্রোজেন পর অক্সাইড (H_2O_2), নাইট্রিক এসিড, গাঢ় H_2SO_4 এসিড ইত্যাদি।

(৩) কঠিন জারক পদার্থ : আয়োডিন, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$), ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড (MnO_2), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) ইত্যাদি।

* সারণি-৩.১ এ দেয়া কিছু জারক পদার্থের বিক্রিয়াকালে জারণ সংখ্যা পরিবর্তন বুঝে নাও।

বিজারক পদার্থের সংজ্ঞা : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় যে পদার্থ ইলেকট্রন ত্যাগ বা বর্জন করে নিজে জারিত হয় এবং অপর বিক্রিয়ক পদার্থকে বিজারিত করে, তাকে বিজারক পদার্থ বলে। বিজারক পদার্থ হলো ইলেকট্রন দাতা। যে পদার্থের ইলেকট্রন বর্জনের প্রবণতা যত বেশি, সে পদার্থ তত বেশি সবল বিজারক পদার্থ হয়।

পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 এর ক্ষার ধাতুগুলোর আয়নিকরণ শক্তি হ্রাসের সাথে তাদের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। তাই ক্ষার ধাতুগুলো তীব্র বিজারক এবং এদের বিজারণ ক্ষমতা বৃদ্ধির ক্রম হলো : $Li < Na < K < Rb < Cs$।

কয়েকটি বিজারক পদার্থের উদাহরণ :

(১) গ্যাসীয় বিজারক পদার্থ : H_2, CO, H_2S, SO_2।

(২) তরল বিজারক পদার্থ : নাইট্রাস এসিড (HNO_2), সালফিউরাস এসিড (H_2SO_3), হাইড্রোব্রোমিক এসিড (HBr), হাইড্রিয়োডিক এসিড (HI)।

(৩) কঠিন বিজারক পদার্থ : অধিকাংশ ধাতু, কার্বন, ফেরাস লবণ ($FeSO_4$, $FeCl_2$), স্ট্যানাস ক্লোরাইড ($SnCl_2$), মারকিউরাস ক্লোরাইড (Hg_2Cl_2), অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4.2H_2O$), সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)

* সারণি-৩.১ এ দেয়া কিছু বিজারক পদার্থের বিক্রিয়াকালে জারণ সংখ্যা পরিবর্তন বুঝে নাও।

জেনে নাও :

* ইলেকট্রন বর্জন প্রক্রিয়াকে জারণ বলে। যে পদার্থ ইলেকট্রন বর্জন করে তাকে বিজারক বলে।

* ইলেকট্রন গ্রহণ প্রক্রিয়াকে বিজারণ বলে। যে পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে জারক বলে।

* জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া এ সাথে ঘটে; একটি ছাড়া অপরটি ঘটে না। জারণ-বিজারণকে রিডক্স বিক্রিয়া বলে।

* বিজারক নিজের ইলেকট্রন জারকের উদ্দেশ্যে তখনই ত্যাগ করবে; যখন জারক নিজে বিজারকের সংস্পর্শে থাকবে।

* সমযোজী যৌগের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে জারণ বিজারণ ব্যাখ্যা করা যায় না। এক্ষেত্রে ইলেকট্রনের চার্জ-শিফ্‌টের মাধ্যমে সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে ইলেকট্রন আসক্তির কম-বেশি অনুসারে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ($\delta+$) ও আংশিক ঋণাত্মক চার্জ ($\delta-$) দেখানো হয়। এজন্য বর্তমানে জারণ বিজারণ বিক্রিয়া বা রিডক্স (redox) বিক্রিয়াকে **'নতুন নিয়ম জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে'** ব্যাখ্যা করা হয়।

৩.৯.১ জারণ-সংখ্যা ও রিডক্স বিক্রিয়া

Oxidation number & Redox reaction

বর্তমানে রসায়নবিদেরা 'জারণ-সংখ্যা' O.N (Oxidation Number) নামক 'পদ' ব্যবহার করে যৌগ অণুতে কোন্ পরমাণু ইলেকট্রন-চার্জ ত্যাগ করে এবং কোন্ পরমাণু সেই ইলেকট্রন-চার্জ গ্রহণ করে তা জানার সুনির্দিষ্ট নিয়ম করেছেন।

* **যে পরমাণু যতটি ইলেকট্রন চার্জ পূর্ণ বা আংশিকভাবে ত্যাগ করে বা হারায় (loss) ততটি পূর্ণ ধনাত্মক চার্জ** যেমন +1, + 2, +3 সে পরমাণুতে দেখানো হয়। অপরদিকে,

* **যে পরমাণু ঐ ইলেকট্রন চার্জ গ্রহণ বা লাভ করে (gain) ততটি পূর্ণ ঋণাত্মক চার্জ** যেমন, –1, –2, –3 সে পরমাণুতে দেখানো হয়।

জারণ-সংখ্যা : বিক্রিয়াকালে, পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ অথবা গ্রহণের ফলে পরমাণুতে সৃষ্ট ধনাত্মক চার্জ বা ঋণাত্মক চার্জের সংখ্যাকে ঐ মৌলের জারণ সংখ্যা বা জারণ অবস্থা বলে। যেমন Na^+ আয়নের বেলায় Na পরমাণুর O•N = +1 হয়, O^{2-} আয়নের বেলায় O-পরমাণুর O•N = – 2 হয়।

নিচে জারণ-সংখ্যা (O.N) নির্ণয়ের সাধারণ নিয়মগুলো উল্লেখ করা হলো :

১। মৌলিক অবস্থায় যেমন Na, O_2, Cl_2, P_4, S_8 ইত্যাদিতে পরমাণুর জারণ অবস্থা বা জারণসংখ্যা O.N = 0

২। এক পরমাণুবিশিষ্ট আয়নের O.N আয়নের চার্জের সমান। যেমন, Na^+ এর O.N = +1, Cl^- এর O.N = – 1, Mg^{2+} এর O.N = + 2

৩। সমযোজী যৌগে যে মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বেশি সেটির জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক এবং অপরটির জারণ সংখ্যা যোজনী অনুসারে ধনাত্মক হয়। যেমন HCl যৌগে H এর জারণ সংখ্যা + 1 এবং Cl এর জারণ সংখ্যা – 1 হয়।

৪। যৌগের নিরপেক্ষ বা আধানবিহীন অণুতে উপস্থিত সব কয়টি পরমাণুর জারণ সংখ্যার যোগফল শূন্য হয়। কিন্তু আয়নে উপস্থিত সব পরমাণুর জারণ সংখ্যার যোগফল আয়নের চার্জের সমান।

৫। পর্যায় সারণির গ্রুপভিত্তিক মৌলের O.N এর নিয়মাবলি :

(ক) গ্রুপ- IA (1) এর বেলায় : O.N = + 1 সব ধাতুর যৌগে।

(খ) গ্রুপ- 2A (2) এর বেলায় : O.N = + 2 সব ধাতুর যৌগে।

(গ) গ্রুপ - 3A (3) এর Al বেলায় : O.N = + 3 সব Al যৌগে।

(ঘ) H এর ধাতব যৌগে : O.N = – 1 সব ধাতব হাইড্রাইডে।

H এর অধাতব যৌগে : O.N = + 1 সব অধাতুর H যৌগে।

(ঙ) O এর যৌগের বেলায় : O.N = –1 সব পার অক্সাইডে।

: O.N = – 2 সব সাধারণ অক্সাইডে (F বাদে)।

: O.N = –1/2 সব সুপার অক্সাইডে (KO_2)।

(চ) F এর যৌগের বেলায় : O.N = – 1 সব ফ্লোরাইড যৌগে।

(ছ) গ্রুপ -7A (17) এর মৌলে: O.N =–1 সব ধাতব ও অধাতব যৌগে (O বাদে)।

MCQ-3.11 : নিচের কোন যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর O.N. শূন্য হয়েছে?

(ক) Fe_3O_4 (খ) $CHCl_3$

(গ) CH_2Cl_2 (ঘ) CH_2O_2

MCQ-3.12 : নিচের কোন যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজনী ও O.N. এর সংখ্যা সমান হয়েছে?

(ক) CH_2Cl_2 (খ) CCl_4

(গ) C_2H_6 (ঘ) CH_2O_2

(জ) আন্তঃহ্যালোজেন যৌগসমূহ যেমন ICl, BrCl, IBr, BrF প্রভৃতি যৌগে অধিকতর তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের জারণ সংখ্যা –1 এবং অন্যটির জারণ সংখ্যা + 1। ICl_3, IB_3, IF_3, প্রভৃতি যৌগে Cl, Br, F এর জারণ সংখ্যা –1; কিন্তু I এর জারণ সংখ্যা + 3 (সর্বমোট শূন্য)।

(ঝ) পর্যায় সারণির p ব্লকের অধিকাংশ অধাতব মৌল যৌগ গঠনে দুই বা ততোধিক জারণ-অবস্থা প্রদর্শন করে। এ সব ক্ষেত্রে পরিবর্তনশীল জারণ সংখ্যা যুক্ত পরমাণুর সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন জারণ-সংখ্যা থাকে।

(১) মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে এ সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করা যায়।

(২) মৌলের পরমাণুর সর্বশেষ কক্ষপথে বা যোজ্যতাস্তরে যতগুলো ইলেকট্রন থাকে, সেই সংখ্যাই হলো মৌলটির পরমাণুর সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা। অপরদিকে অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যাই হলো ঐ মৌলের পরমাণুর সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা। যেমন, N এর সর্বনিম্ন জারণ-সংখ্যা NH_3 অণুতে –3 এবং সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা HNO_3 অণুতে + 5 হয়। N(7) এর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :

$$N(7) \longrightarrow 1s^2 \boxed{2s^2\ 2p_x^1\ 2p_y^1\ 2p_z^1}$$

∴ N-এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা হবে :

যোজ্যতা স্তরের মোট ইলেকট্রন সংখ্যা :

$2s^2 \longrightarrow$ 2টি
$2p_x^1 \longrightarrow$ 1টি
$2p_y^1 \longrightarrow$ 1টি
$2p_z^1 \longrightarrow$ 1টি

∴ N এর সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা হবে + 5

মোট ইলেকট্রন = 5টি

∴ N এর সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা হবে :

যোজ্যতা স্তরের মোট বিজোড় সংখ্যা :

$2p_x^1 \longrightarrow$ 1টি
$2p_y^1 \longrightarrow$ 1টি
$2p_z^1 \longrightarrow$ 1টি

∴ N এর সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা হবে –3

মোট ইলেকট্রন = 3টি

অনুরূপভাবে, S এর ইলেকট্রন বিন্যাস, S(16) $\longrightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 \boxed{3s^2 3p_x^2\ 3p_y^1\ 3p_z^1}$

S এর যোগ্যতা স্তরে মোট ইলেকট্রন = 6টি, ∴ H_2SO_4 যৌগে S এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 6

S এর যোজ্যতা স্তরে বিজোড় ইলেকট্রন = 2টি ∴ H_2S যৌগে S এর সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা –2

অনুরূপভাবে, Cl এর ইলেকট্রন বিন্যাস, Cl (17) $\longrightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 \boxed{3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^1}$

Cl এর যোজ্যতা স্তরে মোট ইলেকট্রন = 7টি, ∴ $HClO_4$ যৌগে Cl এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 7

Cl এর যোজ্যতা স্তরে বিজোড় ইলেকট্রন = 1টি, ∴ HCl যৌগে Cl এর সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যা – 1

* উল্লেখ্য Cl এর জারণ সংখ্যা পরিবর্তনশীল হলে ও F এর জারণ সংখ্যা স্থির এবং তা –1 হয়। এর কারণ হলো-

Cl হলো ৩য় পর্যায়ভুক্ত মৌল; এর 3d অরবিটাল খালি আছে। উচ্চ তাপে উদ্দীপিত অবস্থায় অধিক সক্রিয় অক্সিজেন পরমাণুর সাথে বিক্রিয়াকালে Cl এর যুগ্ম ইলেকট্রন বিজোড় হয়ে 3d অরবিটালে স্থানান্তরিত হলে Cl-এর বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা বেড়ে যায়। তখন অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব হয়।

এরূপে পর্যায়ক্রমে $3p_y^2$, $3p_x^2$ ও $3s^2$ ইলেকট্রনযুগল ভেঙ্গে ইলেকট্রন $3d_{xy}^1$, $3d_{yz}^1$, $3d_{zx}^1$ অরবিটালে স্থানান্তরিত হলে Cl-এর যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হয় : $3s^1\ 3p_x^1\ 3p_y^1\ 3p_z^1 3d_{xy}^1 3d_{yz}^1 3d_{zx}^1$

তখন ক্লোরিন পরমাণু 7টি বিজোড় ইলেকট্রন ব্যবহার করে অন্য পরমাণুর সাথে 7টি সমযোজী বন্ধন করতে পারে। যেমন $HClO_4$ যৌগে Cl-এর জারণ সংখ্যা হয়েছে + 7।

অপরদিকে F পরমাণুর যোজ্যতা স্তর দ্বিতীয় শক্তিস্তর হওয়ায় এবং ২য় শক্তিস্তরে কোনো খালি d অরবিটাল না থাকায় F পরমাণুর অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব হয় না এবং একমাত্র জারণ সংখ্যা –1 ছাড়া অন্য কোনো জারণ সংখ্যা F এর জন্য সম্ভব নয়।

(ঞ) কোনো মৌলের সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা পর্যায় সারণিতে ঐ মৌলের গ্রুপ সংখ্যা অপেক্ষা কখনো বেশি হতে পারে না।

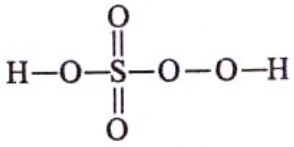
জেনে নাও : জারণ-সংখ্যা নির্ণয়ে কয়েকটি ব্যতিক্রম :

(1) H_2SO_5 অণুতে S এর জারণ সংখ্যা :

প্রচলিত নিয়ম মতে, H_2SO_5 (পার অক্সোসালফিউরিক এসিড) এর অণুতে S এর জারণ-সংখ্যা + 8 হওয়া উচিত।

$[\overset{+1}{H_2}\ \overset{x-2}{SO_5};\ x + 2 - 10 = 0;\ \therefore x = +8]$

কিন্তু S এর সর্ববহিস্থ কক্ষপথে 6টি ইলেকট্রন আছে। তাই S এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 6 এর বেশি হওয়া সম্ভব নয়। এখন H_2SO_5-এর গাঠনিক সংকেতের সাহায্য নেয়া দরকার। H_2SO_5 এর গাঠনিক সংকেত থেকে বোঝা যায় H_2SO_5 অণুতে S এর জারণ সংখ্যা হয়েছে বাস্তবপক্ষে + 6। এক্ষেত্রে একটি পারঅক্সাইড বন্ধনে দুটি O পরমাণুর জন্য 2(–1) ধরতে হবে।



তখন H_2SO_5 অণুতে S এর জারণ সংখ্যা = x (মনে করি)

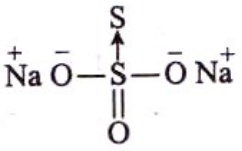
$\therefore 2x(+1) + x + 2x(-1) + 3\times(-2) = 0,\ \therefore x = +6$

(H এর জন্য) (O – O বন্ধনের 2টি O এর জন্য) অপর 3টি O এর জন্য

$\therefore H_2SO_5$ অণুতে S এর প্রকৃত জারণ সংখ্যা = + 6

(2) $Na_2S_2O_3$ অণুতে S এর জারণ সংখ্যা :

প্রচলিত নিয়ম মতে, $Na_2S_2O_3$ অণুতে S এর জারণসংখ্যা + 2 হওয়া উচিত।



$\overset{+1}{Na_2}\ \overset{x}{S_2}\ \overset{-2}{O_3};\quad 2(+1) + 2x + 3(-2) = 0;\quad \therefore x = +2$

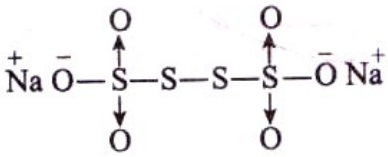
কিন্তু $Na_2S_2O_3$ এর সাথে লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় $Na_2S_2O_3$ এর অণুস্থিত 2টি S পরমাণু মধ্যে একটি S রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অপরটি SO_2 অণুতে জারিত হয়। সুতরাং $Na_2S_2O_3$ অণুর 2টি S পরমাণুর প্রকৃতি ভিন্ন বোঝায়। কাজেই এদের জারণ সংখ্যা একই রকম হতে পারে না। এবার $Na_2S_2O_3$ অণুর গাঠনিক সংকেত জানা দরকার। গাঠনিক সংকেতে 2টি S পরমাণুর জারণ সংখ্যা ভিন্ন। এক্ষেত্রে দুটি S পরমাণুর মধ্যে একটি সন্নিবেশ বন্ধন রয়েছে; তাই ইলেকট্রন-যুগল গ্রহণকারী S পরমাণুর জারণ সংখ্যা – 2 ধরা হয়। এখন অপর S পরমাণুর জারণ সংখ্যা x ধরা হলে, তবে—

$2\times(+1) + 1\times x + 1\times(-2) + 3\times(-2) = 0,\ \therefore x = +6$

(2টি Na এর জন্য) (সন্নিবেশ বন্ধনের S এর জন্য) (3টি O এর জন্য)

$\therefore Na_2S_2O_3$ এর অণুতে দুটি S পরমাণুর মধ্যে একটির জারণ সংখ্যা –2 এবং অপরটির জারণ সংখ্যা = + 6

(৩) $Na_2S_4O_6$ অণুতে S এর জারণ সংখ্যা : প্রচলিত নিয়ম মতে, $Na_2S_4O_6$ (সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট) এর অণুতে S এর জারণ সংখ্যা + 2.5 হয়। কিন্তু $Na_2S_4O_6$ এর গাঠনিক সংকেত থেকে বোঝা যায় যে দুটি S পরমাণু পরস্পরের সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ আছে; তাদের জারণ সংখ্যা 0 (শূন্য) হয়। অবশিষ্ট দুটি S পরমাণুর প্রতিটির জারণ সংখ্যা x হলে, তখন—



$2\times(+1) + 2\times x + 2\times 0 + 6\times(-2) = 0 \quad \therefore 2x + 2 - 12 = 0$

(2টি Na এর জন্য) (2টি S এর জন্য) (S-S এবং বন্ধনের জন্য) (6টি O এর জন্য) $\therefore x = +5$

$\therefore Na_2S_4O_6$ অণুতে প্রকৃতপক্ষে যে দুটি S পরমাণু পরস্পরের সাথে সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ আছে তাদের জারণ সংখ্যা শূন্য এবং অপর দুটি S পরমাণুর প্রতিটি জারণ সংখ্যা = + 5।

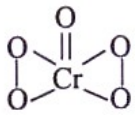
(৪) CrO_5 এর অণুতে Cr এর জারণ সংখ্যা :

প্রচলিত নিয়ম মতে, CrO_5 (পারক্রোমিক অক্সাইড) এর অণুতে Cr এর জারণ সংখ্যা + 10 হয়। কিন্তু পর্যায় সারণিতে Cr এর গ্রুপ সংখ্যা হলো 6, যা এর ইলেকট্রন বিন্যাস যেমন Cr এর 3d অরবিটালে 5টি ও 4sটি অরবিটালে 1টি মিলে মোট 6টি ইলেকট্রনের সংখ্যা বোঝায়। সুতরাং Cr এর জারণ সংখ্যা কখনো + 6 এর বেশি হওয়া সম্ভব নয়। এখন CrO_5 এর গাঠনিক সংকেত বিবেচনা করা যাক। এর গাঠনিক সংকেতে 4টি O পরমাণু দুটি পারঅক্সাইড (– O – O–) বন্ধনে যুক্ত আছে। গাঠনিক সংকেত থেকে বোঝা যায় CrO_5 এর অণুতে Cr এর প্রকৃত জারণ সংখ্যা + 6।

প্রতিটি পারঅক্সাইড মূলক (– O– O–) এর প্রতিটি O এর জারণ সংখ্যা – 1 ধরে এবং Cr এর জারণ সংখ্যা x ধরে পাই–

$$x + 4 \times (-1) + 1 \times (-2) = 0;\ \therefore x - 4 - 2 = 0,\ \therefore x = +6$$

2টি O–O বন্ধনের 4টি O এর জন্য (1টি O এর জন্য)



$\therefore$ CrO_5 এর অণুতে প্রকৃতপক্ষে Cr এর জারণ সংখ্যা = + 6

(৫) Fe_3O_4 অণুতে Fe এর জারণ সংখ্যা :

প্রচলিত নিয়মে Fe_3O_4 এ Fe-এর জারণ সংখ্যা হয় $+\frac{8}{3}$। [যেমন, $3x + 4(-2) = 0;\ 3x = 8;\ x = +\frac{8}{3}$]

এক্ষেত্রে Fe এর জারণ সংখ্যার মান Fe_3O_4 যৌগের অণুতে থাকা FeO ও Fe_2O_3 এর ক্ষেত্রে Fe এর দুটি জারণ সংখ্যার গড় মান বোঝাচ্ছে। Fe_3O_4 হলো Fe এর একটি যৌগিক অক্সাইড ($FeO + Fe_2O_3 = Fe_3O_4$)

প্রকৃতপক্ষে FeO এর বেলায় Fe এর জারণ সংখ্যা +2 এবং Fe_2O_3 এর বেলায় Fe এর জারণ সংখ্যা + 3।

জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে। যেমন,

(1) মৌলের যোজনী হলো অপর মৌলের সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতা; মৌলের যোজনী নির্ণয়ের H-স্কেল ও O-স্কেল আছে; [রসায়ন ১ম পত্র, সারণি-৩.৩ দেখো]।

(2) যোজনীর ধনাত্মকতা বা ঋণাত্মকতা নেই, শুধু সংখ্যামান আছে; যেমন H, Cl এর যোজনী 1, O এর যোজনী 2;

(3) মৌলের যোজনী সব সময় পূর্ণসংখ্যা হয়; কিন্তু জারণ সংখ্যা ভগ্নাংশ ও শূন্য হতে পারে; যেমন Fe_3O_4 যৌগে Fe এর O.N = 2.66 ধরা হয়। কিন্তু $Fe_3O_4 = (FeO + Fe_2O_3)$ ধরে Fe এর যোজনী 2, 3 ধরা হয়। CH_2Cl_2 যৌগে C-এর যোজনী 4 হয়; কিন্তু O. N = 0 হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা - ৩.৪৬ : মৌলের O.N নির্ণয় :

নিচের যৌগসমূহে প্রত্যেক মৌলের পরমাণুর জারণ- সংখ্যা (O.N) নির্ণয় কর।

(ক) ZnS (খ) AlH_3 (গ) $S_2O_3^{2-}$ (ঘ) $Na_2Cr_2O_7$ (ঙ) Ca(OCl)Cl

দক্ষতা : জারণ-সংখ্যা (O.N.) নির্ণয়ের সাধারণ নিয়ম অনুসরণ করা হবে। যৌগের বেলায় সব পরমাণুর O.N এর যোগফল = 0 হবে। পলিএটমিক আয়নের বেলায় সব পরমাণুর O.N এর যোগফল আয়নের চার্জ সংখ্যার সমান।

সমাধান : (ক) ZnS যৌগে সালফাইড আয়ন, S^{2-} এ সালফার (S) পরমাণুর O.N = – 2 ; তাই Zn এর O.N = + 2। যৌগটিতে পরমাণুর জারণ সংখ্যা $\overset{+2-2}{ZnS}$

(খ) AlH_3 যৌগে H পরমাণু Al ধাতুর সাথে যুক্ত থাকায় এর O.N = –1 তাই Al এর O. N. = + 3। যৌগটিতে পরমাণুর জারণ সংখ্যা $\overset{+3\ -\ 1\times 3}{AlH_3}$

(গ) $S_2O_3^{2-}$ আয়নে 3 টি O পরমাণু মিলে O.N. = – 6 হওয়ায় 2 টি S পরমাণুর O.N. + 4 মিলে যোগফল –2 হবে, যা আয়নের নিট চার্জের সমান। অর্থাৎ $(2S^{+2})$, $(3O^{-2})$ মিলে 2 (+2) + 3 (–2) = – 2 (নিট চার্জ)। আয়নটিতে বিভিন্ন পরমাণুর জারণ সংখ্যা $\left[\overset{+2\times 2\ -\ 2\times 3}{S_2\ \ O_3}\right]^{2-}$

(ঘ) $Na_2Cr_2O_7$ যৌগে Na পরমাণু + 1 এবং O পরমাণু -2 জারণ অবস্থায় আছে। তাই যৌগ অণুতে মোট চার্জ শূন্য করার জন্য প্রতিটি Cr পরমাণুর O.N. = + 6 হবে। অর্থাৎ $(2Na^+)$, $(2Cr^{+6})$, $(7O^{2-})$ মিলে 2 (+ 1) + 2 (+ 6) + 7 (– 2) = 0 (নিট চার্জ)। যৌগটিতে বিভিন্ন পরমাণুর জারণ সংখ্যা $\overset{+1\times 2+6\times 2-2\times 7}{Na_2Cr_2O_7}$

(ঙ) Ca(OCl)Cl একটি আয়নিক যৌগ। এক্ষেত্রে Ca^{2+} আয়নের সাথে দুটি ঋণাত্মক আয়ন যেমন ClO^- আয়ন ও Cl^- আয়ন যুক্ত আছে। ClO^- আয়নের বেলায় Cl এর চেয়ে O অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক; তাই Cl এর জারণ সংখ্যা x হলে, তখন $x - 2 = -1$; $\therefore x = +1$ হয়। সুতরাং ClO^- আয়নে Cl এর জারণ সংখ্যা + 1, Cl^- আয়ন Cl এর

[illegible] এবং Ca^{2+} আয়নে Ca এর জারণ সংখ্যা + 2।

Part-01: সনাতন মতবাদে বিভিন্ন জারক ও বিজারকের উদাহরণ:

জারক	বিজারক	জারক ও বিজারক
সকল অধাতু, হ্যালোজেন (F_2, Cl_2, Br_2, I_2), O_3, O_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, পার অক্সাইড, পার-অক্সিএসিড ও তাদের লবণ (KCl, KNO_3), ডাইঅক্সাইড (MnO_2, PbO_2), H_2O_2 এবং ইক যৌগ সমূহ। ($FeCl_3$, $SnCl_4$), ($KMnO_4$ + KOH) ও ($K_2Cr_2O_7$ + H_2SO_4) এদের মিশ্রণ, অ্যাকোয়া রিজিয়া, পার অক্সাইড, পার অক্সি এসিড ও তাদের লবণ।	ক্ষার ধাতু, মৃৎক্ষার ধাতুসমূহ, $Na_2C_2O_4$, $Na_2S_2O_3$, H_2, C, CO, H_2S, HI, HBr, আস যৌগসমূহ (FeO, $FeCl_2$, $SnCl_2$), ($Zn + H_2SO_4$) এর মিশ্রণ, নিম্নতর অক্সি এসিড ও তাদের লবণ।	NO, HNO_2 SO_2, H_2O_2, O_3

৩.৯.২ রিডক্স (Redox) বিক্রিয়ায় জারক ও বিজারক শনাক্তকরণ

Identifying Oxidizing and Reducing Agents in Redox reaction

কোনো বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক এবং উৎপাদ পদার্থের বিভিন্ন পরমাণুর জারণ সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটলে তখন বিক্রিয়াটি রিডক্স বিক্রিয়া হবে। বিক্রিয়া শেষে উৎপাদের বেলায় বিক্রিয়কের সংশ্লিষ্ট পরমাণুর জারণ সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটলে বিক্রিয়কটি বিজারক এবং জারণ সংখ্যার হ্রাস ঘটলে বিক্রিয়কটি জারক হবে। নিচের বিক্রিয়াটিতে এ সব তথ্য খাটে কী না দেখবো :

$$PbO\ (s) + CO\ (g) \longrightarrow Pb\ (s) + CO_2\ (g)$$

বিক্রিয়ক ও উৎপাদে পরমাণুগুলোতে জারণ সংখ্যা নির্দিষ্ট করে পাই :

$$\overset{+2\ -\ 2}{PbO}\ (s) + \overset{+2\ -\ 2}{CO}\ (g) \longrightarrow \overset{0}{Pb}\ (s) + \overset{+4\ -\ 2\times 2}{CO_2}\ (g)$$

Pb পরমাণুর জারণসংখ্যা +2 থেকে হ্রাস পেয়ে শূন্য (0) হয়েছে। তাই PbO বিজারিত হয়েছে। সুতরাং PbO হলো জারক। C পরমাণুর জারণ সংখ্যা + 2 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে + 4 হয়েছে। তাই CO এর জারণ ঘটেছে। সুতরাং CO হলো বিজারক। অতএব, সমগ্র বিক্রিয়াটি হলো রিডক্স বিক্রিয়া। এক্ষেত্রে Pb^{2+} আয়ন 2টি ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে অর্থাৎ এতে অক্সাইড আয়ন (O^{2-}) থেকে দুটি ইলেকট্রনের Pb^{2+} আয়নে পূর্ণ স্থানান্তর ঘটেছে। অপরদিকে উৎপন্ন CO_2 সমযোজী

অণুতে নতুন যুক্ত O পরমাণুতে আংশিকভাবে দুটি ইলেকট্রনের চার্জ শিফট ঘটেছে। সুতরাং রিডক্স বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে। এ বিক্রিয়া থেকে বিজারক ও জারক পদার্থের বৈশিষ্ট্যসমূহ জেনে নাও।

বিজারক	জারক
বিজারণ ঘটায়,	জারণ ঘটায়,
এক বা একাধিক ইলেকট্রন হারায়,	এক বা একাধিক ইলেকট্রন লাভ করে,
নিজের জারণ ঘটে,	নিজের বিজারণ ঘটে,
সংশ্লিষ্ট পরমাণুর O.N. বৃদ্ধি পায়।	সংশ্লিষ্ট পরমাণুর O.N. হ্রাস পায়।

শিক্ষার্থী নিজে কর : জারক ও বিজারক শনাক্তকরণভিত্তিক :

সমস্যা- ৩.৫৯ : নিচের বিক্রিয়াসমূহে জারক ও বিজারক এবং জারিত ও বিজারিত পদার্থ শনাক্ত কর।

(ক) $SnO\,(s) + 2C\,(s) \longrightarrow Sn\,(s) + 2CO\,(g)$

(খ) $5CO\,(g) + I_2O_5\,(s) \longrightarrow I_2\,(s) + 5CO_2\,(g)$

(গ) $2C_2H_6\,(g) + 7O_2\,(g) \longrightarrow 4CO_2\,(g) + 6\,H_2O\,(g)$

*** জেনে নাও : জারণ সংখ্যা ও একই পদার্থের জারক ও বিজারকরূপে আচরণ :**

যেসব মৌলের পরমাণুর একাধিক জারণ সংখ্যা থাকে, তাদের যৌগগুলা অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক উভয়রূপে আচরণ করতে পারে। তখন তাদের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে। যেমন,

* সর্বনিম্ন জারণ সংখ্যার যৌগ কেবল বিজারকরূপে বিক্রয়া করে বিক্রিয়া শেষে নিজে জারিত হয়ে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি করে।

* সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যার যৌগ কেবল জারকরূপে ক্রিয়া করে বিক্রিয়া শেষে নিজে বিজারিত হয়ে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা হ্রাস করে।

যেমন, (১) H_2S হলো বিজারক, গাঢ় H_2SO_4 হলো জারক, কিন্তু SO_2 হলো অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক উভয়ই।

ব্যাখ্যা : (i) H_2S বিজারক রূপে ক্রিয়া করে। আমরা জানি S এর জারণ সংখ্যা + 6, + 4, 0 ও – 2।

H_2S যৌগ S এর জারণ সংখ্যা – 2 আছে এবং এটি হলো S এর সর্ব নিম্ন জারণ সংখ্যা। তাই S এর জারণ সংখ্যা আর হ্রাস পাওয়ার সুযোগ নেই; কেবল বৃদ্ধি করার সুযোগ আছে। তখন H_2S এর সালফাইড আয়ন (S^{2-}) বিক্রিয়া কালে জারক পদার্থকে ইলেকট্রন দান করে নিজে জারিত হয়ে জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি করতে পারে।

$$3\overset{-2}{H_2S} + 2\overset{+6}{HN}O_3\,(\text{লঘু}) \longrightarrow 2\overset{+2}{NO} + 3\overset{0}{S} + 4H_2O$$

(ii) গাঢ় H_2SO_4 জারক রূপে ক্রিয়া করে। H_2SO_4 অণুতে S এর সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা + 6 হয়েছে। তাই S এর জারণ সংখ্যা হ্রাস করতে H_2SO_4 অণুকে জারকরূপে ইলেকট্রন গ্রহণ করতে হবে। তখন S এর জারণ সংখ্যা + 6 থেকে হ্রাস পেয়ে + 4, 0 (শূন্য), অথবা, – 2 হতে পারে।

$$2HBr + H_2SO_4\,(\text{গাঢ়}) \longrightarrow Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2HI + H_2SO_4\,(\text{গাঢ়}) \longrightarrow I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

(iii) SO_2 অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক উভয় রূপে ক্রিয়া করে। কারণ SO_2 অণুতে S এর জারণ সংখ্যা + 4 হয়েছে। তাই জারকরূপে SO_2 বিজারক প্রদত্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিজে বিজারিত হয়ে S জারণ সংখ্যা + 4 থেকে হ্রাস করে (0) শূন্য করতে পারে।

$$\overset{+4}{S}O_2 + 4HI \longrightarrow 2H_2O + 2I_2 + \overset{0}{S}$$

আবার বিজারকরূপে SO_2 জলীয় দ্রবণে $FeCl_3$ কে বিজারিত করে নিজে জারিত হয়ে S এর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি করে H_2SO_4 অণু গঠন করতে পারে।

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2FeCl_3 + 2H_2O \longrightarrow 2FeCl_2 + 2HCl + H_2\overset{+6}{S}O_4$$

(2) তদ্রূপ, FeO অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে। আমরা জানি Fe এর জারণ সংখ্যা 0, + 2, + 3 হতে পারে। বর্তমান FeO অণুতে Fe এর জারণ সংখ্যা + 2 আছে। সুতরাং FeO জারকরূপে ক্রিয়া করলে নিজে বিজারিত হয়ে Fe এ পরিণত হবে অর্থাৎ জারণ সংখ্যা 0 (শূন্য) হবে। আবার FeO বিজারকরূপে ক্রিয়া করলে নিজে জারিত হয়ে জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে + 3 হবে অর্থাৎ Fe_2O_3 অণুতে পরিণত হবে। যেমন–

FeO জারকরূপে : $\overset{+2}{Fe}O + C \xrightarrow{1200°C} \overset{0}{Fe} + CO$

FeO বিজারকরূপে : $2\overset{+2}{Fe}O + O_2 \xrightarrow{\Delta} \overset{+3}{Fe_2O_3}$

৩.৯.২ জারণ সংখ্যা ও বিশেষ রিডক্স বিক্রিয়া
Oxidation Number & Special Redox Recations

রিডক্স বিক্রিয়ায় বিজারকের কেন্দ্রীয় পরমাণুটির জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং জারকের কেন্দ্রীয় পরমাণুটির জারণসংখ্যা হ্রাস পায়। বিজারক ও জারক পদার্থের অন্যান্য পরমাণুর জারণ সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে। এটি রিডক্স বিক্রিয়ার স্বাভাবিক নিয়ম। এখন আমরা নিম্নোক্ত তিন ধরনের রিডক্স বিক্রিয়ায় কিছু ব্যতিক্রম দেখবো এবং এসব বিক্রিয়ার নামও ভিন্ন দেওয়া হয়েছে। যেমন,

(১) স্বতঃজারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Auto-Redox Recation)

সংজ্ঞা : যে বিক্রিয়ায় কোনো বিক্রিয়ক পদার্থের অণুস্থিত কোনো মৌলের পরমাণু জারিত হয় এবং একই সাথে ঐ একই অণুস্থিত অপর মৌলের পরমাণু বিজারিত হয়,তখন সে বিক্রিয়াকে স্বতঃজারণ-বিজারণ বিক্রিয়া বলে। যেমন, পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) এর তাপীয় বিযোজনে পটাসিয়াম নাইট্রাইট (KNO_2) ও O_2 উৎপন্ন হয়।

$$2\overset{+5-2}{K}NO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} 2\overset{+3}{K}NO_2 + \overset{0}{O_2}$$

এ বিক্রিয়ায় KNO_3 যৌগের N পরমাণুর বিজারণ ঘটেছে এবং একই সাথে KNO_3 অণুস্থিত O পরমাণু (জারণ সংখ্যা –2) জারিত হয়ে O_2 অণুতে (জারণ সংখ্যা 0) পরিণত হয়েছে। তাই এ বিক্রিয়াটি একটি স্বতঃজারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার উদাহরণ। তদ্রূপ–

$$2Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

(২) অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া (Disproportionation Reaction)

সংজ্ঞা : যে বিক্রিয়ায় কোনো বিক্রিয়কের অণুস্থিত নির্দিষ্ট মৌলের কিছু পরমাণু জারিত হয়ে উচ্চ জারণ সংখ্যায় এবং অবশিষ্ট পরমাণু বিজারিত হয়ে নিম্ন জারণ-সংখ্যা যুক্ত ভিন্ন উৎপাদে পরিণত হয়, সে বিক্রিয়াকে অসামঞ্জস্যতা বা ডিস্‌প্রোপরসনেশন বিক্রিয়া বলে। যেমন,

উত্তপ্ত ও গাঢ় NaOH দ্রবণের সাথে Cl_2 এর বিক্রিয়ায় NaCl ও $NaClO_3$ যৌগ উৎপন্ন হয়ে থাকে :

$$3\overset{0}{Cl_2} + 6NaOH \xrightarrow{\Delta} 5\overset{-1}{NaCl} + \overset{+5}{NaClO_3} + 3H_2O$$

এ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ Cl_2 এর 0(শূন্য) জারণ সংখ্যার 6টি Cl পরমাণুর মধ্যে 5টি Cl পরমাণু বিজারিত হয়ে –1 জারণ-সংখ্যা যুক্ত NaCl উৎপন্ন করেছে এবং 1টি Cl পরমাণু জারিত হয়ে + 5 জারণ সংখ্যা যুক্ত সোডিয়াম ক্লোরেট ($NaClO_3$) যৌগে পরিণত হয়েছে। তাই এ বিক্রিয়াটি একটি অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া।

(৩) সামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া (Com-proportionation Reaction)

সংজ্ঞা : যে বিক্রিয়ায় দুই বিক্রিয়ক পদার্থের অণুর মধ্যে থাকা ভিন্ন জারণ অবস্থার একটি নির্দিষ্ট মৌলের এমন একটি উৎপাদ উৎপন্ন হয়; যার মধ্যে উভয় বিক্রিয়কের ঐ নির্দিষ্ট মৌলটি রিডক্স বিক্রিয়ার ফলে মধ্যবর্তী কোনো একটি জারণ অবস্থা লাভ করে, সে বিক্রিয়াকে সামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া বলে। এ সামঞ্জস্যতা বিক্রিয়াটি হলো অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়ার বিপরীত। যেমন,

(i) $2\overset{-2}{H_2S} + \overset{+4}{SO_2} \longrightarrow 2H_2O + 3\overset{0}{S}$

এ বিক্রিয়ায় H_2S অণুতে S এর জারণ অবস্থা – 2 এবং SO_2 অণুতে S এর জারণ অবস্থা + 4 আছে। কিন্তু উভয় বিক্রিয়ক থেকে সৃষ্ট উৎপাদ পদার্থ S এ জারণ অবস্থা একই রয়েছে। তাই এটি একটি সামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া।

(ii) তদ্রূপ, HCl মিশ্রিত $KBrO_3$ ও KBr এর মধ্যে বিক্রিয়ায় Br_2 ও KCl উৎপন্ন হয়।

$$\overset{+5}{KBrO_3} + 5\overset{-1}{KBr} + 6HCl \longrightarrow 6KCl + 3\overset{0}{Br_2} + 3H_2O$$

(৪) বিরঞ্জন বিক্রিয়া : (Bleaching Reaction)

সংজ্ঞা : যে সব জারক ও বিজারক জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার মাধ্যমে উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ রঙিন পদার্থকে বিবর্ণ করে তাদেরকে বিরঞ্জক বা Bleaching agent বলে। এরপ বিক্রিয়াকে বিরঞ্জন বা ব্লিচিং বিক্রিয়া বলে। পানির উপস্থিতিতে Cl_2, SO_2 ও H_2O_2 বিরঞ্জকরূপে ক্রিয়া করে। Cl_2 সবল বিরঞ্জক হওয়ায় মোটা আঁশ বা সুতার তৈরি গেঞ্জি ও কাপড়ের ব্লিচিং কাজে Cl_2 পানি ব্যবহৃত হয়। অপরদিকে SO_2 ও H_2O_2 মৃদু বিরঞ্জক। উল, সিল্ক ও সুক্ষ্ম সূতার বস্তুকেও কাগজের মন্ডকে বিরঞ্জন কাজে SO_2 ব্যবহৃত হয়।

$Cl_2 + H_2O \longrightarrow 2HCl + [O]$; রঙিন বস্তু + $[O] \longrightarrow$ জারিত বর্ণহীন বস্তু

$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + 2[H]$; রঙিন বস্তু + $[H] \longrightarrow$ বিজারিত বর্ণহীন বস্তু

তদ্রূপ, H_2O_2 দ্বারা উল, সিল্ক ও মাথার কালো চুলকে বিরঞ্জিত করা যায়। বর্তমানে মহিলাদের বিউটি পার্লারে মাথার কালো চুলকে সোনালি করার কাজে ব্যবহৃত ক্রিমে H_2O_2 মিশ্রিত থাকে।

৩.১০ জারণ-বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া (Redox Half-Reactions)

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া দুটি অংশে বিভক্ত। যেমন বিজারক যে ইলেকট্রন ত্যাগ করে, জারক তা গ্রহণ করে। বিজারক কর্তৃক ইলেকট্রন ত্যাগের ফলে এর সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণুটি জারিত হয়, একে **জারণ অর্ধবিক্রিয়া** বলে। অপরদিকে জারক কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে এর সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণুটি বিজারিত হয়, একে **বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া** বলে। যেমন সোডিয়াম পরমাণু ও ক্লোরিন পরমাণুর বিক্রিয়াকালে Na পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এ জারিত হয়, এটি জারণ অর্ধবিক্রিয়া। Cl পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) এ বিজারিত হয়, এটি বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া। যেমন–

$$Na \longrightarrow Na^+ + e^- \quad \text{[জারণ অর্ধবিক্রিয়া]}$$

$$Cl + e^- \longrightarrow Cl^- \quad \text{[বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া]}$$

যোগ করে, $Na + Cl \longrightarrow Na^+Cl^-$ [জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া]

MCQ-3.13 : Ca(OCl)Cl যৌগে Cl এর O.N. কত?
(ক) –1, –1 (খ) +1, –1
(গ) +1, –2 (ঘ) –1, +12

জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়াসহকারে রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ সমতা সাধন করা সহজ। **জারণ-বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া** পদ্ধতিকে **আয়ন-ইলেকট্রন** পদ্ধতিও বলা হয়। এ পদ্ধতিতে প্রথমে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার বিজারক ও জারক চিহ্নিত করা হয়। সারণি ৩.১ মতে বিজারক ও জারক পদার্থে সংশ্লিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যা এবং পরিবর্তিত জারণ সংখ্যা জেনে নিতে হয়।

১ম ধাপ : বিজারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন অনুসারে **জারণ অর্ধবিক্রিয়ার** সমীকরণের ডানদিকে জারিত আয়ন + ইলেকট্রন সংখ্যা লেখা হয়। এরপর জারকের **বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ার** সমীকরণের বামদিকে জারকের আয়ন (বা মৌলিক অণু) + ইলেকট্রন সংখ্যা লিখে, শেষে ডানদিকে জারকের বিজারিত অবস্থা লেখা হয়। এর সাথে বিজারক ও জারক পদার্থের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন অনুসারে সঠিক ইলেকট্রন সংখ্যা গণনা করে নেয়া হয়।

২য় ধাপ : প্রতিটি অর্ধ বিক্রিয়ায় **পরমাণু সংখ্যা ও চার্জ সংখ্যার সমতা সাধন।**

পরমাণু সমতাকরণে O ও H এর আগে অন্য পরমাণু সংখ্যার সমতা করে, এরপর O পরমাণুর এবং শেষে H পরমাণুর সমতা করা হয়। এক্ষেত্রে জারণ অর্ধবিক্রিয়ায় উৎপাদ যৌগে অধিক O পরমাণু থাকলে সমীকরণে বাম দিকে বিক্রিয়ক হিসেবে H_2O যোগ করা হয়। বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ায় জারকের O পরমাণু H_2O গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক H^+ আয়ন সমীকরণের বাম দিকে যোগ করতে হয়।

উভয় অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণে ইলেকট্রন ত্যাগও ইলেকট্রন গ্রহণ সংখ্যার সমতা করার জন্য প্রয়োজন হলে সমীকরণ দুটিকে সঠিকভাবে 2, 3, 5, 6 ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা গুণ করা হয়।

৩য় ধাপ : এখন অর্ধবিক্রিয়ার সমীকরণ দুটিকে যোগ করে জারণ-বিজারণের **আয়নিক সমীকরণ** পাওয়া যাবে। তখন উভয় দিকের ইলেকট্রনসমূহ ও অন্য উপাদান সমতা রক্ষা করে বাদ যাবে।

৪র্থ ধাপ : সবশেষে 'দর্শক আয়ন' যোগ করে **আণবিক সমীকরণ** গঠন। আয়নিক সমীকরণের উভয়দিকে প্রয়োজনীয় সংখ্যক 'দর্শক-আয়ন' (বিক্রিয়াকালে অপরিবর্তিত আয়ন) সমূহ যোগ করে জারণ-বিজারণের পূর্ণাঙ্গ আণবিক সমীকরণ পাওয়া যাবে। শেষবারের মতো সমীকরণের **উভয় দিকে পরমাণু সংখ্যা সমতা** রয়েছে কীনা নিশ্চিত করতে হবে।

সারণি ৩.১ : জারণ-বিজারণে কয়েকটি জারক ও বিজারকের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন

জারক	জারক পদার্থের আয়নে সংশ্লিষ্ট মৌলের প্রাথমিক জারণ সংখ্যা	গ্রহণ করা e – সংখ্যা	পরিবর্তিত (O.N)	বিক্রিয়া শেষে অবস্থা
১। $KMnO_4$ (অম্লীয়)	MnO_4^- এ Mn এর জারণ সংখ্যা + 7	+ $5e^-$	+ 2	Mn^{2+}
$KMnO_4$ (ক্ষারীয়)	MnO_4^- এ Mn-এর জারণ সংখ্যা + 7	+ $3e^-$	+ 4	MnO_2
* cÖkg gva¨‡g GKB|				
২। $K_2Cr_2O_7$ (অম্লীয়)	$Cr_2O_7^{2-}$ এ Cr এর জারণ সংখ্যা+ 6×2	$+3e^- \times 2$	$+ 3 \times 2$	$2 \times Cr^{3+}$
৩। $FeCl_3$, Fe^{3+} আয়ন	Fe^{3+} এ Fe এর জারণ সংখ্যা + 3	+ e^-	+ 2	Fe^{2+}
৪। $CuSO_4$, Cu^{2+} আয়ন	Cu^{2+}এ Cu-এর জারণ সংখ্যা+ 2	+ e^-	+ 1	Cu^+
৫। $Cl_2/Br_2/I_2$	X_2 এ Cl/Br/I এর জারণ সংখ্যা 0	+ e^-	– 1	$Cl^-/Br^-/I^-$
৬। H_2O_2 বা O_2^{2-} আয়ন	O_2^{2-}এ 2O-এর প্রতিটির জারণ সংখ্যা–1	+ 2 e^-	– 2	$2O^{2-}$

বিজারক	বিজারক পদার্থের আয়নে সংশ্লিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যা (O.N)	ত্যাগ করা e – সংখ্যা	পরিবর্তিত (O.N)	বিক্রিয়া শেষে অবস্থা
১। $H_2C_2O_4$ বা, $C_2O_4^{2-}$:	$C_2O_4^{2-}$ এ C-এর জারণ সংখ্যা + 3×2	$-e^- \times 2$	$+ 4 \times 2$	$2CO_2$
(অম্লীয় মাধ্যমে)				
ক্ষারীয় মাধ্যমে :	$C_2O_4^{2-}$ এ C এর জারণ সংখ্যা +3× 2	$-e^- \times 2$	$+ 4 \times 2$	$2CO_3^{2-}$
২। $FeSO_4$ বা, Fe^{2+}	Fe^{2+} এ Fe এর জারণ সংখ্যা +2	$-e^-$	+ 3	Fe^{3+}
৩। $SnCl_2$ বা, Sn^{2+}	Sn^{2+} এ Sn এর জারণ সংখ্যা +2	$-2e^-$	+ 4	Sn^{4+}
৪। KI বা, I^- আয়ন অম্লীয়	I^- এ 1 এর জারণ সংখ্যা – 1	$-e^-$	0	I_2
মাধ্যম (ক্ষারীয় মাধ্যম)	I^- এ 1 এর জারণ সংখ্যা – 1	$-6e^-$	+5	$1O_3^-$
৫। SO_2	SO_2 এ S এর জারণ সংখ্যা + 4	$-2e^-$	+6	SO_4^{2-}
৬। H_2S বা, S^{2-} আয়ন	S^{2-} এ S এর জারণ সংখ্যা – 2	$-2e^-$	0	S
H_2S বা, S^{2-} আয়ন	S^{2-} এ S এর জারণ সংখ্যা – 2	$-8e^-$	+ 6	SO_4^{2-}
৭। $Na_2S_2O_3$ বা, $S_2O_3^{2-}$ থায়োসালফেট	$2S_2O_3^{2-}$ এ জারণ সংখ্যা + 8 (4S)	$-2e^-$	+ 10 (4S)	$S_4O_6^{2-}$ (টেট্রাথায়োনেট)
৮। H_2O_2 বা, O_2^{2-} আয়ন	O_2^{2-} এ O এর জারণ সংখ্যা - 1 × 2	$-2e^-$	0	O_2

*** বিশেষ দ্রষ্টব্য :** ক্ষারীয় ও প্রশম মাধ্যমে $KMnO_4$ এর বিজারিত অবস্থা একই হয়ে MnO_2 অধঃক্ষিপ্ত হয়। কারণ ক্ষারীয় মাধ্যমে প্রথমে উৎপন্ন K_2MnO_4 বিজারকের উপস্থিতিতে পুনরায় পানির সাথে বিক্রিয়ায় MnO_2, KOH ও 2[O] উৎপন্ন করে। [Ref. Advanced Inorganic chemistry : Page–823 : Tuli, Basu, Madan]

ক্ষারীয় মাধ্যমে : $2KMnO_4 + 2KOH \longrightarrow 2K_2MnO_4 + H_2O + [O]$

$2K_2MnO_4 + 2H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 4KOH + 2[O]$

যোগ করে, $2KMnO_4 + H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 2KOH + 3[O]$

এটিই প্রশম মাধ্যমে $KMnO_4$ এর বিক্রিয়া এবং বিক্রিয়া শেষে উৎপাদ KOH বিক্রিয়া মাধ্যমকে ক্ষারীয় করে।

** এখন অম্লীয় দ্রবণে রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ সমতাকরণ এবং ক্ষারীয় দ্রবণে রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ সমতাকরণ দুটি সমাধানকৃত সমস্যা -৩.৪৭ ও ৩.৪৮ দ্বারা বোঝানো হলো।

সমাধানকৃত সমস্যা- ৩.৪৭ : অম্লীয় দ্রবণে রিডক্স সমীকরণ সমতাকরণ :

যখন অম্লীয় দ্রবণে রিডক্স বিক্রিয়া ঘটে, তখন সমতাকরণে H^+ আয়ন ও H_2O সংশ্লিষ্ট থাকে। অম্লীয় দ্রবণে ডাইক্রোমেট আয়ন ($Cr_2O_7^{2-}$) জারক ও আয়রন (II) আয়ন বিজারকের মধ্যে রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ সমতা সাধন করা হলো। এক্ষেত্রে ডাইক্রোমেট আয়ন বিজারিত হয়ে Cr (VI) থেকে Cr (III) আয়নে এবং আয়রন (II) আয়ন জারিত হয়ে আয়রন (III) আয়নে পরিণত হয়। নিম্নোক্ত ধাপে তা দেখানো হলো –

১ম ধাপ : জারণ অর্ধবিক্রিয়া : $Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$

বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া : $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq)$

২য় ধাপ : পরমাণু সংখ্যা ও চার্জ সংখ্যার সমতাকরণ। $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নের 7 টি O পরমাণু সহযোগে 7টি H_2O তৈরি হতে 14 টি H^+ আয়ন বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ায় যোগ হবে। চার্জ সংখ্যা এবং ইলেকট্রন গ্রহণ ও বর্জন সংখ্যা সমান করার জন্য জারণ অর্ধ বিক্রিয়াকে 6 দিয়ে গুণ করতে হবে।

$6Fe^{2+}(aq) \longrightarrow 6Fe^{3+}(aq) + 6e^-$

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

৩য় ধাপ : দুটি অর্ধবিক্রিয়াকে যোগ করে রিডক্স বিক্রিয়ার **আয়নিক সমীকরণ** পাওয়া যাবে। তখন উভয় দিকের ইলেকট্রন সংখ্যা বাদ পড়বে।

$6Fe^{2+}(aq) \longrightarrow 6Fe^{3+}(aq) + 6e^-$

$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

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

MCQ-3.14 : ক্ষারীয় MnO_4^- আয়ন ও $C_2O_4^{2-}$ আয়নের রিডক্স বিক্রিয়ায় উভয়ের মোলার অনুপাত কত?

(ক) 2 ঃ 3 (খ) 3 ঃ 2

(গ) 1 ঃ 3 (ঘ) 2 ঃ 1

৪র্থ ধাপ : দর্শক আয়ন যোগ করে রিডক্স বিক্রিয়ার **আণবিক সমীকরণ** পাওয়া যাবে। ডাইক্রোমেট লবণ $K_2Cr_2O_7$ রূপে এবং অম্লরূপে লঘু 1M H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়। তাই দর্শক আয়নরূপে K^+ ও SO_4^{2-} আয়ন উভয়দিকে প্রয়োজন মতো যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাই–

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

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪৮ : ক্ষারীয় দ্রবণে রিডক্স সমীকরণ সমতাকরণ :

যখন ক্ষারীয় দ্রবণে রিডক্স বিক্রিয়া ঘটে; তখন সমতাকরণে OH^- আয়ন ও H_2O সংশ্লিষ্ট থাকে। (এর আগে দেখছ অম্লীয় দ্রবণে H^+ আয়ন ও H_2O থাকে।) ক্ষারীয় দ্রবণে পারম্যাঙ্গানেট আয়ন (MnO_4^-) জারক ও অক্সালেট আয়ন ($C_2O_4^{2-}$) বিজারকের মধ্যে রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ সমতা সাধন করব। MnO_4^- আয়নের দ্রবণ পাপল বা বেগুনি-লাল

বর্ণ হয়, তাই এ শক্তিশালী জারকের রিডক্স টাইট্রেশনে নিজেই নির্দেশকরূপে কাজ করে। রিডক্স বিক্রিয়ায় $NaMnO_4$ ও $Na_2C_2O_4$ এর ক্ষারীয় দ্রবণে অক্সালেট জারিত হয়ে কার্বনেট (CO_3^{2-}) আয়নে এবং MnO_4^- আয়ন বিজারিত হয়ে প্রথমে MnO_4^{2-} আয়ন এবং পরে কঠিন ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইডে (MnO_2) পরিণত হয়। নিম্নোক্ত ধাপে তা দেখানো হলো। এক্ষেত্রে 'ক্ষার (OH^-) আয়ন যোগ' ধাপ নামে একটি ধাপ বাড়বে।

১ম ধাপ : জারণ অর্ধবিক্রিয়া : $C_2O_4^{2-}(aq) \longrightarrow 2CO_3^{2-}(aq) + 2e^-$

বিজারণ বিক্রিয়া : $MnO_4^-(aq) + 3e^- \longrightarrow MnO_2(s)$

২য় ধাপ : পরমাণু সংখ্যা ও চার্জ সংখ্যার সমতাকরণ। $C_2O_4^{2-}$ আয়নে 4টি O পরমাণু আছে; কিন্তু এর জারিত অবস্থা $2CO_3^{2-}$ আয়নে 6টি O পরমাণু থাকায় বাম পার্শ্বে $2H_2O$ যোগ হবে। MnO_4^- আয়নের 4টি O পরমাণুর বিপরীতে MnO_2 অণুতে 2টি O পরমাণু থাকায় ডানদিকে $2H_2O$ যোগ করা হলো। H পরমাণুর সমতা করার জন্য জারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের ডানে ও বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণের বামে প্রতিক্ষেত্রে $4H^+$ আয়ন যোগ করা হলো, উভয় অর্ধবিক্রিয়ায় চার্জ সংখ্যা ঠিক আছে।

$$C_2O_4^{2-} + 2H_2O \longrightarrow 2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e^-$$

$$MnO_4 + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$$

তবে উভয় অর্ধবিক্রিয়ায় ইলেকট্রন ত্যাগ ও ইলেকট্রন গ্রহণ সংখ্যার সমতা করার জন্য জারণ অর্ধবিক্রিয়াকে 3 দ্বারা এবং বিজারণ অর্ধবিক্রিয়াকে 2 দ্বারা গুণ করতে হবে।

৩য় ধাপ : এখন দুটি অর্ধ-বিক্রিয়াকে যথাক্রমে 3 এবং 2 দ্বারা গুণ করে যোগ করতে হবে। তখন উভয় দিকে ইলেকট্রন সংখ্যা ও সমসংখ্যক H_2O ও H^+ আয়ন বাদ যাবে।

$$3C_2O_4^{2-} + 6H_2O \longrightarrow 6CO_3^{2-} + 12H^+ + 6e^-$$

$$2MnO_4^- + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 2MnO_2 + 4H_2O$$

যোগ করে $3C_2O_4^{2-} + 2H_2O + 2MnO_4^- \longrightarrow 2MnO_2 + 6CO_3^{2-} + 4H^+$

৪র্থ ধাপ : ক্ষারীয় মাধ্যম বজায় রাখার জন্য এবং ডানদিকের $4H^+$ আয়নকে প্রশমিত করতে উভয় দিকে $4OH^-$ আয়ন যোগ করা হলো। উৎপন্ন $4H_2O$ অণু থেকে বাম দিকের 2টি H_2O অণু বাদ যাবে।

$$3C_2O_4^{2-} + 2H_2O + 2MnO_4^- + 4\bar{O}H \longrightarrow 2MnO_2 + 6CO_3^{2-} + 4H^+ + 4OH^-$$

$$\text{Or, } 3C_2O_4^{2-} + 2H_2O + 2MnO_4^- + 4\bar{O}H \longrightarrow 2MnO_2 + 6CO_3^{2-} + 4H_2O$$

এখন প্রত্যেকটি উপাদানের ভৌত অবস্থাসহকারে **আয়নিক সমীকরণ** হবে–

$$3C_2O_4^{2-}(aq) + 2MnO_4^-(aq) + 4\bar{O}H(aq) \longrightarrow 2MnO_2(s) + 6CO_3^{2-}(aq) + 2H_2O(l)$$

৫ম ধাপ : দর্শক আয়নরূপে Na^+ আয়ন উভয় দিকে প্রয়োজন মতো যোগ করে **আণবিক সমীকরণ** পাই,

$3Na_2C_2O_4\,(aq) + 2NaMnO_4(aq) + 4NaOH\,(aq) \longrightarrow 2MnO_2\,(s) + 6Na_2CO_3\,(aq) + 2H_2O(l)$

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.৪৯ : নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটিকে অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ :

$$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

সমাধান : প্রদত্ত রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$Fe^{2+} + MnO_4^- + H^+ \longrightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+} + H_2O$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো Fe^{2+} আয়ন এবং জারক হলো অম্লীয় MnO_4^- আয়ন। সুতরাং নিম্নরূপ জারণ ও বিজারণ ঘটে:

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$ ... ... (1)

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান করার জন্য (1) নং সমীকরণকে 5 দিয়ে গুণ করে উভয় সমীকরণকে যোগ করে পাই :

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

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

কিন্তু $Fe_2(SO_4)_3$ অণুতে 2টি Fe^{3+}আয়ন আছে, তাই ওপরের সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করে জোড় সংখ্যা করলে পাই–

$$10Fe^{2+} + 2MnO_4^- + 16H^+ \longrightarrow 10Fe^{3+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

এ সমতাকৃত আয়নিক সমীকরণে দর্শক আয়নরূপে K^+ ও SO_4^{2-} আয়ন যোগ করে পাই

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

এ সমীকরণের বাম ও ডানদিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়নের সংখ্যা সমান করে আণবিক সমীকরণ পাই-

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

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫০ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $KMnO_4$ এর সাথে অক্সালিক এসিড ($H_2C_2O_4$) এর রিডক্স বিক্রিয়াটি অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ :

$$H_2C_2O_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

সমাধান : প্রদত্ত রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$C_2O_4^{2-} + MnO_4^- + H^+ \longrightarrow CO_2 + Mn^{2+} + H_2O$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো অক্সালেট আয়ন ($C_2O_4^{2-}$) এবং জারক হলো অম্লীয় MnO_4^- আয়ন। এদের মধ্যে নিম্নরূপ জারণ বিজারণ ঘটে :

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e^-$ ... ... (1)

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান করার জন্য (1)নং সমীকরণকে 5 দিয়ে এবং (2) নং সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করে যোগ করলে পাই—

$$5C_2O_4^{2-} \longrightarrow 10CO_2 + 10e^-$$

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

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

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণে দর্শক আয়নরূপে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়ন যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাই-

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

এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়নের সংখ্যা সমান করে সমতাযুক্ত আণবিক সমীকরণ পাই–

$$5H_2C_2O_4 + 2KMnO4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 10CO_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫১ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $KMnO_4$ এর সাথে H_2O_2 (হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড) এর রিডক্স বিক্রিয়াটি অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ :

$$H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow O_2 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$$

সমাধান : প্রদত্ত রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$O_2^{2-} + MnO_4^- + H^+ \longrightarrow O_2 + Mn^{2+} + H_2O$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো পার অক্সাইড আয়ন (O_2^{2-}) এবং জারক হলো অম্লীয় MnO_4^- আয়ন। এদের মধ্যে নিম্নরূপ জারণ বিজারণ ঘটে :

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $O_2^{2-} \longrightarrow O_2 + 2e^-$ ... ... (1)

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন সংখ্যা সমান করার জন্য (1) নং সমীকরণকে 5 দিয়ে এবং (2) নং সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করে যোগ করলে পাই–

$$5O_2^{2-} \longrightarrow 5O_2 + 10e^-$$

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

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

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণে দর্শক আয়নরূপে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়ন যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাই–

$$5H_2O_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 5O_2 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়নের সংখ্যা সমান করে সমতাযুক্ত আণবিক সমীকরণ পাই–

$$5H_2O_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 5O_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫২ : লঘু H_2SO_4 এসিড মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ এর সাথে $FeSO_4$ এর জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটি অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

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

সমাধান : প্রদত্ত রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো Fe^{2+} আয়ন এবং জারক হলো অম্লীয় $Cr_2O_7^{2-}$ (ডাইক্রোমেট) আয়ন। উভয়ের মধ্যে নিম্নরূপ জারণ বিজারণ ঘটে :

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^- \ldots \ldots \ldots (1)$

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন সংখ্যা সমান করার জন্য (1) নং সমীকরণকে 6 দিয়ে গুণ করে উভয় সমীকরণকে যোগ করে পাই–

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

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

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণে দর্শক আয়নরূপে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়ন যোগ করে পাই-

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

এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়নের সংখ্যা সমান করে সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণ পাই-

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

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৩ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $K_2Cr_2O_7$ এর সাথে KI লবণের জারণ বিজারণ বিক্রিয়াটি অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

$$2KI + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow I_2 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

সমাধান : প্রদত্ত রিডক্স বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$2I^- + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow I_2 + 2Cr^{3+} + H_2O$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো আয়োডাইড আয়ন (I^-) এবং জারক হলো অম্লীয় ডাইক্রোমেট আয়ন ($Cr_2O_7^{2-}$)। উভয়ের মধ্যে নিম্নরূপ জারণ ও বিজারণ ঘটে :

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^- \ldots \ldots \ldots (1)$

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন সংখ্যা সমান করার জন্য (1) নং সমীকরণকে 3 দিয়ে গুণ করে উভয় সমীকরণকে যোগ করে পাই—

$$6I^- \longrightarrow 3I_2 + 6e^-$$
$$Cr_2O_7^{-2} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

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

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণে দর্শক আয়নরূপে K^+ আয়ন ও SO_4^{-2} আয়ন যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাই–

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

এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে K^+ আয়ন ও SO_4^{-2} আয়নের সংখ্যা সমান করে সমতাযুক্ত আণবিক সমীকরণ পাই–

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

*** জেনে নাও :** আয়োডাইড লবণ (KI) থেকে I_2 উৎপন্ন করা যায় কেবল অম্লীয় মাধ্যমে। ক্ষার মাধ্যমে I_2 জারিত হয়ে আয়োডেট লবণ (KIO_3) তৈরি করে। লঘু H_2SO_4 এর পরিবর্তে লঘু HCl ব্যবহার করলে $14H^+$ আয়নের জন্য 14HCl অণু প্রয়োজন হবে। সমীকরণটি হবে নিম্নরূপ :

$$6KI + K_2Cr_2O_7 + 14HCl \longrightarrow 3I_2 + 2CrCl_3 + 8KCl + 7H_2O$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৪ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত $Na_2Cr_2O_7$ এর সাথে সোডিয়াম অক্সালেট ($Na_2C_2O_4$) এর রিডক্স বিক্রিয়াটি অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

$$Na_2C_2O_4 + Na_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + Cr_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + H_2O$$

সমাধান : প্রদত্ত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$C_2O_4^{2-} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow 2CO_2 + 2Cr^{3+} + H_2O$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো অক্সালেট আয়ন ($C_2O_4^{2-}$) এবং জারক হলো অম্লীয় ডাইক্রোমেট আয়ন ($Cr_2O_7^{2-}$)। উভয়ের মধ্যে জারণ বিজারণের অর্ধ-বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : $C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e^-$ ... ... (1)

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান করার জন্য (1) নং সমীকরণকে 3 দিয়ে গুণ করে উভয় সমীকরণকে যোগ করে পাই—

$$3C_2O_4^{2-} \longrightarrow 6CO_2 + 6e^-$$
$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

যোগ করে, $3C_2O_4^{2-} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6CO_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণে দর্শক আয়নরূপে Na^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়ন যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাই-

$$3Na_2C_2O_4 + Na_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \longrightarrow 6CO_2 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$

এ সমীকরণের বাম ও ডান দিকে Na^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়নের সংখ্যা সমান করে সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণ পাই–

$$3Na_2C_2O_4 + Na_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \longrightarrow 6CO_2 + Cr_2(SO_4)_3 + 4Na_2SO_4 + 7H_2O$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৫ : সোডিয়াম থায়োসালফেট ও আয়োডিনের জারণ বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ :

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

সমাধান : প্রদত্ত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো থায়োসালফেট আয়ন ($S_2O_3^{2-}$) এবং জারক হলো আয়োডিন (I_2) উভয়ের মধ্যে জারণ বিজারণকালে দুটি থায়োসালফেট আয়ন দুটি ইলেকট্রন বর্জন করে টেট্রাথোয়ানেট ($S_4O_6^{2-}$) আয়নে পরিণত হয়। আয়োডিন ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করে আয়োডাইড (I^-) আয়নে পরিণত হয়। তাদের মধ্যে জারণ বিজারণের অর্ধ বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :

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

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

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন বর্জন ও গ্রহণ করার সংখ্যা উভয় দিকে সমান আছে। তাই উভয় সমীকরণ যোগ করে আয়নিক সমীকরণ পাই।

$$2S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$$
$$I_2 + 2e^- \longrightarrow 2I^-$$

যোগ করে, $2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণ উভয় দিকে দর্শক আয়নরূপে Na^+ আয়ন যোগ করে আণবিক সমীকরণ পাই-

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৬ : পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) ও কপার সালফেট ($CuSO_4$) এর মধ্যে জারণ বিজারণ বিক্রিয়াটি অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

$$4KI + 2CuSO_4 \longrightarrow I_2 + Cu_2I_2 + 2K_2SO_4$$

সমাধান : প্রদত্ত জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণটি হলো :

$$2I^- + 2Cu^{2+} \longrightarrow I_2 + Cu_2^{2+}$$

এক্ষেত্রে বিজারক হলো আয়োডাইড আয়ন (I^-) এবং জারক হলো কপার (II) আয়ন (Cu^{2+})। উভয়ের মধ্যে জারণ বিজারণের অর্ধবিক্রিয়া নিম্নরূপ :

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

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

জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন বর্জন ও গ্রহণ করার সংখ্যা উভয় দিকে সমান আছে। তাই উভয় সমীকরণ যোগ করে সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণ পাই-

$$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$$
$$2Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Cu^+$$

যোগ করে, $2I^- + 2Cu^{2+} \longrightarrow I_2 + 2Cu^+$

এ সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণে উভয়দিকে দর্শক আয়নরূপে K^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়ন যোগ করে সমতাযুক্ত আণবিক সমীকরণ পাই :

$$4KI + 2CuSO_4 \longrightarrow I_2 + Cu_2I_2 + 2K_2SO_4$$

দ্রষ্টব্য : Cu_2I_2 হলো CuI এর একটি ডাইমার অণু। প্রকৃতপক্ষে Cu_2^{2+} হলো $2Cu^+$ আয়নের যুক্ত অবস্থা।

শিক্ষার্থী নিজে কর : রিডক্স অর্ধ বিক্রিয়াভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৫২ : অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও KI দ্রবণের রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

সমস্যা-৩.৫৩ : ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণ ও KI দ্রবণের রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

দ্রষ্টব্য : এক্ষেত্রে অম্লীয় মাধ্যমের মতো I_2 হবে না, ক্ষারীয় মাধ্যমে IO_3^- হবে।

সমস্যা-৩.৫৪ : কপার সালফেট ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

সমস্যা-৩.৫৫ : সোডিয়াম থায়োসালফেট ও আয়োডিনের রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে লেখ।

সমস্যা-৩.৫৬ : অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও H_2S দ্রবণের রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়াসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৫৭ : অম্লীয় $Na_2Cr_2O_7$ ও SO_2 এর রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধ বিক্রিয়াসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৫৮ : অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ ও KI এর রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধ বিক্রিয়াসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৫৯ : অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ ও $FeCl_2$ এর রিডক্স বিক্রিয়া অর্থ-বিক্রিয়াসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৬০ : অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ ও H_2O_2 এর রিডক্স বিক্রিয়া অর্থ-বিক্রিয়াসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৬১ : অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ও অক্সালিক এসিডের রিডক্স বিক্রিয়া অর্ধবিক্রিয়াসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৬২ : আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতা বিধান কর :

$$MnO_2 + HCl \longrightarrow Mn^{2+} + Cl_2 + H_2O$$

সমস্যা-৩.৬৩ : আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতা বিধান কর :

$$MnO_4^- + C_2O_4^{2-} + H^+ \longrightarrow ? + ? + ?$$

সমস্যা-৩.৬৪ : আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতা বিধান কর :

$$Cr_2O_7^{2-} + I^- + H^+ \longrightarrow ? + ? + ?$$

৩.১০.১ জারণ-বিজারণভিত্তিক রাসায়নিক গণনা

Calculation based on Redox Reactions

গণনার ধাপগুলো :

(১) প্রথমে জারণ-বিজারণের সমতাযুক্ত সমীকরণ লিখতে হয়।

(২) শেষে জারক ও বিজারকের মোল সংখ্যার মধ্যে তুল্যতা সম্পর্ক লিখতে হয়।

(৩) সবশেষে প্রশ্নমতে ভরভিত্তিক গণনা অথবা দ্রবণ হলে আয়তন ও মোলার ঘনমাত্রাভিত্তিক সম্পর্ক ব্যবহার করতে হয়। নিচের সমাধানকৃত সমস্যাগুলো থেকে তা সহজে বোঝা যাবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৭ : 5g অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণ জারিত করতে কত গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হবে:

সমাধান : ফেরাস দ্রবণকে অম্লীয় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা জারিত করার বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 15H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

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

$\therefore$ 6mol $FeSO_4 \equiv$ 1 mol $K_2Cr_2O_7$

আবার $FeSO_4$ এর আণবিক ভর = $(55.85 + 32 + 64) = 151.85$

$K_2Cr_2O_7$ এর আণবিক ভর = $(39.1 \times 2 + 52 \times 2 + 16 \times 2) = 294.2$

$\therefore$ সমীকরণ মতে, 6×151.85g $FeSO_4 \equiv 294.2$g $K_2Cr_2O_7$

$\therefore$ 1g পরিমাণ $FeSO_4 \equiv \frac{294.2}{6 \times 151.85}$ g $K_2Cr_2O_7$

$\therefore$ 5 g পরিমাণ $FeSO_4 \equiv \frac{294.2 \times 5}{6 \times 151.58}$ g $K_2Cr_2O_7 \equiv 1.6145$g $K_2Cr_2O_7$ **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৮ : এক টুকরা লোহার তারকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 0.03 M $KMnO_4$ দ্রবণের 27.5mL প্রয়োজন হয়। লোহার তারটির ভর কত?

সমাধান : লোহার তারকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করলে $FeSO_4$ ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Fe(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + H_2(g)$$

ফেরাস দ্রবণকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :

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

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, 1 mol MnO_4^- আয়ন $\equiv$ 5 mol Fe^{2+} আয়ন

বা, 1 mol $KMnO_4 \equiv$ 5mol Fe

$\therefore$ 1000mL 1M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 55.85$g Fe

$\therefore$ 27.5 mL 0.03 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 55.85 \times 27.5 \times 0.03}{1000}$ g Fe = 0.2304g Fe (প্রায়) **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫৯ : 0.36g তারের এক টুকরা অবিশুদ্ধ লোহাকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করতে 0.025 M $KMnO_4$ দ্রবণের 48.5 mL প্রয়োজন হয়। লোহার টুকরাটিতে ভেজাল পদার্থের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : লোহাকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করলে $FeSO_4$ দ্রবণ উৎপন্ন হয়। $FeSO_4$ দ্রবণকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :

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

সমীকরণ মতে, 1 mol $KMnO_4 \equiv$ 5 mol Fe

বা, 1000 mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times 55.85$g Fe

$\therefore$ 48.5 mL 0.025 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 55.85 \times 48.5 \times 0.025\text{g Fe}}{1000} \equiv 0.3386$ g Fe (প্রায়)

$\therefore$ প্রদত্ত অবিশুদ্ধ লোহার টুকরায় ভেজাল আছে = (0.36 – 0.3386)g = 0.0214g

প্রশ্নমতে, 0.36g অবিশুদ্ধ লোহাতে ভেজাল আছে = 0.0214g

$\therefore$ 100g অবিশুদ্ধ ঐ লোহাতে ভেজাল আছে = $\frac{0.0214 \times 100}{0.36}$ g = 5.94g

উত্তর : ভেজাল পদার্থের পরিমাণ = 5.94% প্রায়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬০ : ফেরিক সালফেট ভেজাল মিশ্রিত 2g আর্দ্র ফেরাস সালফেট ($FeSO_4.7H_2O$) কে অম্লীয় মাধ্যমে জারিত করতে 6mL আয়তনের 0.02 মোলার $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন। প্রদত্ত ফেরাস লবণে প্রকৃত ফেরাস সালফেটের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : ফেরাস লবণকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :

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

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, 1 mol MnO_4^- আয়ন ≡ 5 mol Fe^{2+} আয়ন

বা, 1 mol $KMnO_4$ ≡ 5mol $FeSO_4.7H_2O$

∴ 1000mL আয়তনের 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 5 mol $FeSO_4.7H_2O$

∴ 6mL আয়তনের 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv \frac{5 \times 6 \times 0.02}{1000}$ mol $FeSO_4.7H_2O$

$\equiv 0.0006$ mol $FeSO_4.7H_2O$

আবার $FeSO_4.7H_2O$ এর সংকেত ভর = $(55.85 + 32 + 64 + 7 \times 18)$

$= (151.85 + 126) = 277.85$

সুতরাং 0.0006 mol $FeSO_4.7H_2O$ $= 0.0006 \times 277.85$g $FeSO_4.7H_2O$

$= 0.16671$g $FeSO_4.7H_2O$ **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬১ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 19.8 mL আয়তনের 0.02M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25 mL আয়তনের কোন আয়রন (II) সালফেট দ্রবণকে পূর্ণভাবে জারিত করা যায়। ঐ আয়রন (II) সালফেট দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : আয়রন (II) সালফেটকে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করার আয়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :

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

সমীকরণ মতে, 1mol MnO_4^- আয়ন দ্বারা 5 mol Fe^{2+} আয়ন জারিত হয়।

∴ 1mol $KMnO_4$ ≡ 5mol $FeSO_4$। যেহেতু উভয় বিক্রিয়ক দ্রবণে আছে।

$\therefore \frac{V_1 \times M_1 (KMnO_4)}{V_2 \times M_2 (FeSO_4)} = \frac{1 \text{ mol}}{5 \text{ mol}}$

বা, $5 \times V_1 \times M_1 = 1 \times V_2 \times M_2$

বা, $5 \times 19.8 \times 0.02 = 25 \times M_2$

বা, $M_2 = \frac{5 \times 19.8 \times 0.02}{25} = 0.0792M$

প্রশ্নমতে

$KMnO_4$ এর আয়তন, $V_1 = 19.8$mL

$KMnO_4$ এর ঘনমাত্রা, $M_1 = 0.02M$

$FeSO_4$ এর আয়তন, $V_2 = 25$ mL

$FeSO_4$ এর ঘনমাত্রা, $M_2 = ?$

উত্তর : পরীক্ষাধীন $FeSO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা = 0.0792 $molL^{-1}$ বা, 0.0792M

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬২ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 15mL আয়তনের 0.3 $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25mL আয়তনের হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের কোন নমুনাকে জারিত করা যায়। ঐ নমুনায় H_2O_2 এর মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : প্রশ্নমতে, বিজারক হলো পারঅক্সাইড আয়ন (O_2^{2-}) এবং জারক হলো অম্লীয় পারম্যাঙ্গানেট আয়ন (MnO_4^-)। তাদের মধ্যে জারণ-বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$O_2^{2-} \longrightarrow O_2 + 2e^- \quad \ldots \times 5$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \ldots \times 2$$

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

বা, $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O_2 + 8H_2O$

উপরিউক্ত সমীকরণ মতে, 2 mol $KMnO_4$ ≡ 5 mol H_2O_2

$$\therefore \frac{V_1 \times M_1\ (KMnO_4 \text{ দ্রবণ})}{V_2 \times M_2\ (H_2O_2 \text{ দ্রবণ})} = \frac{2\text{mol } KMnO_4}{5\text{mol } H_2O_2}$$

বা, $\frac{15 \times 0.3}{25 \times M_2} = \frac{2}{5}$

$$\therefore M_2 = \frac{15 \times 0.3 \times 5}{25 \times 2} = 0.45$$

প্রশ্নমতে,

$KMnO_4$ এর আয়তন, V_1 = 15 mL

$KMnO_4$ এর ঘনমাত্রা, M_1 = 0.3M

H_2O_2 এর আয়তন, V_2 = 25mL

H_2O_2 এর ঘনমাত্রা, M_2 = ?

∴ H_2O_2 দ্রবণের ঘনমাত্রা হলো 0.45molL^{-1} বা, 0.45M **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬৩ : H_2O_2 এর কোন নমুনা দ্রবণের 25 mL পরিমাণকে টাইট্রেশন করতে 10 mL 0.1 M সোডিয়াম থায়োসালফেট প্রয়োজন হয়। ঐ H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে প্রকৃত H_2O_2 এর ভর নির্ণয় কর।

সমাধান : H_2O_2 এর পরিমাণ নির্ণয় আয়োডোমেট্রিক পদ্ধতিতে করা হয়। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2I^- \longrightarrow I_2 + 2H_2O$$

$$2S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

∴ $2Na_2S_2O_3 \equiv I_2 \equiv H_2O_2$

∴ 1000 mL 2 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ ≡ 1 mol H_2O_2 ≡ 34gH_2O_2

∴ 1000 mL 1 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ ≡ 17gH_2O_2

∴ প্রদত্ত 10 mL 0.1M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ ≡ $\frac{17\times 0.1 \times 10}{1000}$ g H_2O_2 = 0.017g H_2O_2 **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬৪ : 1.5g লৌহ আকরিককে লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করে 100mL করা হলো। ঐ দ্রবণের 25 mL-কে টাইট্রেশন করতে 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণের 22.5 mL প্রয়োজন হয়। ঐ আকরিকে Fe (II) এর পরিমাণ কত?

সমাধান : লৌহ আকরিক ও লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় $FeSO_4$ উৎপন্ন হয়। Fe^{2+} আয়ন ও অম্লীয় MnO_4^- এর জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^- \ldots\ldots \times 5$$

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

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

5 mol 1mol

সমীকরণ মতে, 1 mol $KMnO_4 \equiv 5\text{mol } Fe^{2+}$

বা, 1000mL 1 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 5×55.85g Fe^{2+}

∴ 22.5 mL 0.02 M $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ $\frac{5 \times 55.85 \times 22.5 \times 0.02}{1000 \times 1}$ g Fe^{2+} ≡ 0.1256625g Fe^{2+}

প্রশ্নমতে, 25mL প্রস্তুত দ্রবণে Fe(II) আয়ন আছে 0.1256625g

$\therefore$ 100 mL প্রস্তুত দ্রবণে Fe(II) আয়ন আছে $\frac{0.1256625 \times 100}{25} = 0.50265g$

উত্তর : 0.50265g Fe (II) আয়ন।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬৫ : 0.41g চুনাপাথর থেকে CaC_2O_4 অধঃক্ষিপ্ত করা হলো। সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপ আলাদা করে পরে ভালোভাবে ধৌত করে H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করা হলো। CaC_2O_4 এর এ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করতে 35mL 0.04 M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন। ঐ চুনাপাথরে CaO এর শতকরা পরিমাণ হিসাব কর।

সমাধান : সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ নিম্নরূপ :

$$\underset{1\text{ mol}}{CaCO_3\,(s)} + \underset{\text{অক্সালিক এসিড}}{H_2C_2O_4\,(aq)} \longrightarrow \underset{1\text{ mol}}{CaC_2O_4\,(s)} + CO_2(g) + H_2O\,(l) \quad \ldots\ \ldots\ \ldots\ (1)$$

$$\underset{1\text{ mol}}{CaC_2O_4\,(s)} + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow \underset{1\text{mol}}{H_2C_2O_4\,(aq)} + CaSO_4\,(s) \quad \ldots\ \ldots\ \ldots\ (2)$$

$$\underset{2\text{ mol}}{2KMnO_4} + \underset{5\text{ mol}}{5H_2C_2O_4} + 3H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O \quad \ldots\ \ldots\ (3)$$

সমীকরণ (1), (2) ও (3) এর পারস্পরিক সম্পর্ক মতে পাই-

$$1\text{ mol } CaCO_3 \equiv 1\text{mol } CaC_2O_4 = 1\text{ mol } H_2C_2O_4 = \frac{2}{5}\text{ mol } KMnO_4$$

বা, $5\text{ mol } CaCO_3 \equiv 5\text{mol } CaC_2O_4 \equiv 5\text{mol } H_2C_2O_4 \equiv 2\text{mol } KMnO_4$

$\therefore$ $2\text{ mol } KMnO_4 \equiv 5\text{mol } CaCO_3$

বা, 1000 mL 2M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 5 \times (40 + 12 + 16 \times 3)g\ CaCO_3$

$\therefore$ 35 mL 0.04M $KMnO_4$ দ্রবণ $+ \frac{5 \times 100 \times 35 \times 0.04}{1000 \times 2}\text{ g } CaCO_3 \equiv 0.35g\ CaCO_3$

আবার, $\underset{100g}{CaCO_3} \xrightarrow{\Delta} \underset{56g}{CaO} + CO_2$

সমীকরণ মতে, 100g $CaCO_3$ থেকে 56g CaO উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ 0.35g $CaCO_3$ থেকে $\frac{56 \times 0.35}{100}$ g CaO উৎপন্ন হয়। = 0.196g CaO

প্রদত্ত 0.41g চুনাপাথরে CaO আছে 0.196g

$\therefore$ 100g চুনাপাথরে CaO আছে $= \frac{0.196 \times 100}{0.41}\text{ g} = 47.8g$ (প্রায়)।

উত্তর : 47.8% CaO

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৬৬ : 50mL $CuSO_4$ দ্রবণে অতিরিক্ত KI যোগ করে বিমুক্ত আয়োডিনকে টাইট্রেশন করতে 0.15M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের 35mL প্রয়োজন হলে উক্ত কপার সালফেট দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$2Cu^{2+}(aq) + 4I^-(aq) \longrightarrow Cu_2I_2(s) + \boxed{I_2(aq)} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$2S_2O_3^{2-}(aq) + \boxed{I_2(aq)} \longrightarrow S_4O_6^{2-}(sq) + 2I^-(aq) \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

সমীকরণ (1) ও (2) হতে আমরা পাই, $2Na_2S_2O_3 \equiv I_2 \equiv 2Cu^{2+}$ আয়ন।

$\therefore$ 1000 mL 2 M $Na_2S_2O_4$ দ্রবণ $\equiv 2 \times 63.54g Cu^{2+}$ আয়ন

$\therefore$ 35mL 0.15 M $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv \dfrac{2 \times 63.54 \times 35 \times 0.15}{1000 \times 2}$ g Cu^{2+} আয়ন

$\equiv 0.333585g\ Cu^{2+}$ আয়ন

উত্তর : প্রদত্ত দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ 0.3336g (প্রায়)

৩.১১। নির্দেশক (Indicators)

তোমাদের কারো কি এ দুটি অভিজ্ঞতা আছে? যেমন, (১) কারো সাদা কাপড়ে বাটা হলুদের পানি পড়েছে। এর হলুদ বর্ণ ধুয়ে ফেলতে সাবান দিয়েছো। এখন কাপড়ের হলুদ বর্ণ কী রকম হবে? নিশ্চয় বাদামি লাল বর্ণ। (২) চাকুতে জবা ফুলের রস লাগিয়ে সে চাকু দিয়ে লেবু কেটে দেখেছো। কাটা লেবুর অংশ নিশ্চয় লাল বর্ণ হয়। তোমরা চিন্তা করে দেখো, জবাফুলের রসে থাকা রাসায়নিক পদার্থ নিজের বর্ণ-পরিবর্তন করে লেবুর রসে এসিড আছে নির্দেশ করল। হলুদের রসে যে রাসায়নিক পদার্থ আছে তা নিজের বর্ণ পরিবর্তন করে সাবানে ক্ষার আছে নির্দেশ করল। রসায়নের ভাষায় উদ্ভিজ্জ উভয় রাসায়নিক পদার্থের নাম হলো **নির্দেশক**।

নির্দেশকসমূহ মূলত দুই শ্রেণিভুক্ত। যেমন-

(১) এসিড ক্ষার নির্দেশক ও (২) জারণ-বিজারণ নির্দেশক।

এসিড-ক্ষার নির্দেশক : এসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু বা তুল্যতা বিন্দু জানার জন্য যে সব জৈব যৌগ ব্যবহৃত হয়, এদেরকে এসিড ক্ষার নির্দেশক বলে। নির্দেশক এসিড মাধ্যমে এক ধরনের বর্ণ এবং ক্ষার মাধ্যমে অন্য ধরনের বর্ণ দেখায়। এসিড-ক্ষার নির্দেশকগুলো রাসায়নিকভাবে দুর্বল জৈব ক্ষার অথবা দুর্বল জৈব এসিড হয়ে থাকে। যেমন মিথাইল অরেঞ্জ এসিড মাধ্যমে (pH 3.1—4.4) লাল বর্ণ এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে হলুদ বর্ণ দেখায়। ফেনলফথ্যালিন নির্দেশক এসিড মাধ্যমে বর্ণহীন এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে (pH 8.2 – 9.8) লালচে বেগুনি বর্ণ হয়।

নির্দেশকের বৈশিষ্ট্য :

(১) প্রকৃতপক্ষে সব নির্দেশকই একই pH এ বর্ণ পরিবর্তন করে না।

(২) প্রতিটি নির্দেশকের একটি pH সীমানা আছে, যেখানে দু'প্রকার বর্ণের সংমিশ্রণ দেখা যায়।

(৩) pH এর মান সীমানা থেকে কম হলে নির্দেশক শুধুমাত্র অম্লীয় বর্ণ এবং pH এর মান এ সীমানা থেকে বেশি হলে নির্দেশক শুধুমাত্র ক্ষারীয় বর্ণ দেখায়।

(৪) প্রতিটি নির্দেশক সামান্য pH পরিসরে বর্ণ পরিবর্তন করে।

(৫) তাই কোনো নির্দিষ্ট অম্ল-ক্ষারক যুগলের টাইট্রেশনের জন্য এমন একটি নির্দিষ্ট নির্দেশক নির্বাচন করা প্রয়োজন, যার বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসরের মধ্যে এ টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুর pH অবস্থিত হয়।

নির্দিষ্ট টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক : কোনো টাইট্রেশনের তুল্যতা বিন্দুতে অর্থাৎ pH পরিসরে যে নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হয়, তা ঐ টাইট্রেশনের জন্য উপযুক্ত নির্দেশক। নিচে সারণি ৩.২-এ কয়েকটি নির্দেশকের নাম ও pH পরিসরভিত্তিক বর্ণ পরিবর্তন উল্লেখ করা হয়েছে।

কোনো টাইট্রেশনে কোনো পদার্থকে নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করার প্রধান বৈশিষ্ট্যপূর্ণ শর্তসমূহ নিম্নরূপ:

(১) নির্দেশকের বর্ণ যথেষ্ট স্থায়ী ও উজ্জ্বল হতে হবে এবং অম্লীয় মাধ্যম ও ক্ষারীয় মাধ্যমের বর্ণের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য থাকতে হবে। এরা বিপরীত বর্ণের হলে সবচেয়ে ভালো হয়।

(২) নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হতে হবে। অর্থাৎ H^+ আয়নের যে ঘনমাত্রার মধ্যে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তিত হয় তার পরিসর স্বল্প হতে হবে।

(৩) সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দুতে বা টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দুতে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তিত হতে হবে।

সারণি ৩.২ : কিছু গুরুত্বপূর্ণ এসিড ক্ষার নির্দেশক

নির্দেশকের নাম	অম্লীয় মাধ্যমে বর্ণ	ক্ষারীয় মাধ্যমে বর্ণ	বর্ণ পরিবর্তনে pH পরিসর
১. ফেনলফথ্যালিন	বর্ণহীন	লালচে বেগুনি	8.2 ~ 9.8
২. ক্রিসল রেড	হলুদ	লাল	7.2 ~ 8.8
৩. ফেনল রেড	হলুদ	লাল	6.8 ~ 8.4
৪. ব্রোমোথাইমল ব্লু	হলুদ	নীল	6.0 ~ 7.6
৫. লিটমাস	লাল	নীল	6.0 ~ 8.0
৬. মিথাইল রেড	লাল	হলুদ	4.2 ~ 6.3
৭. মিথাইল অরেঞ্জ	লাল	হলুদ	3.1 ~ 4.4

৩.১১.১। বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ে নির্দেশকের ভূমিকা

Roles of Indicators to identify the end-point of Reactions

উপযুক্ত নির্দেশক : (১) কোনো নির্দেশক এসিড-ক্ষার **প্রশমন বিক্রিয়ার প্রশমন-বিন্দু কীরূপে** এবং (২) **নির্দেশকের 2pH পরিসরে কীরূপে বর্ণ পরিবর্তন ঘটে,** তা ব্যাখ্যা করা হলো। এসিড-ক্ষার নির্দেশক সাধারণত দুর্বল জৈব এসিড ও দুর্বল ক্ষার হয়ে থাকে। দুর্বল জৈব এসিড নির্দেশক (HIn) অণু জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে অনুবন্ধী ক্ষারক (In^-) উৎপন্ন করে। অবিয়োজিত অণু HIn ও এর অনুবন্ধী ক্ষারক In^- আয়নের বর্ণ ভিন্ন হয়। যেমন লিটমাসের বেলায় **HIn এর বর্ণ লাল** এবং এর অনুবন্ধী ক্ষারক In^- **আয়নের বর্ণ নীল** হয়।

$$HIn + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In^- \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

অম্ল (লাল) — অনুবন্ধী ক্ষারক (নীল)

(i) অম্লীয় দ্রবণে (অর্থাৎ HCl দ্রবণে যেখানে অধিক H^+ আয়ন থাকে), উপরিউক্ত নির্দেশকের আয়নীকরণ সমীকরণটির সাম্যের অবস্থান বামদিকে থাকে। তখন নির্দেশকের প্রায় সবটাই অবিয়োজিত অণু HIn হিসেবে থাকবে এবং দ্রবণের বর্ণ হবে লাল অর্থাৎ **অম্লীয় মাধ্যমে লিটমাসের বর্ণ লাল।**

(ii) আবার ক্ষারীয় দ্রবণে (অর্থাৎ NaOH দ্রবণে যেখানে অধিক OH^- আয়ন থাকে), লিটমাস দ্রবণ যোগ করলে ঐ দ্রবণের H_3O^+ আয়নসমূহ OH^- আয়ন দ্বারা প্রশমিত হয়ে পানি অণু হওয়ার ($H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$) কারণে সাম্যের অবস্থান ডানদিকে সরে যায়। তখন HIn অণুসমূহ OH^- আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে In^- আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং দ্রবণের বর্ণটি অনুবন্ধী ক্ষারক (In^-) এর বর্ণযুক্ত নীল বর্ণ হয়। অর্থাৎ ক্ষারীয় মাধ্যমে লিটমাসের বর্ণ নীল হয়।।

$$HIn + OH^- \rightleftharpoons H_2O + In^- \text{ (নীল)}$$

উপরিউক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে বিয়োজন ধ্রুবক K_{In} হবে নিম্নরূপ :

$$K_{In} = \frac{[H_3O^+] \times [In^-]}{[HIn]} \text{ ; বা, } [H_3O^+] = K_{In} \frac{[HIn]}{[In^-]}$$

MCQ-3.15: NaOH দ্রবণ ও CH_3COOH এর টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক কোন্‌টি?
(ক) মিথাইল অরেঞ্জ (খ) মিথাইল রেড
(গ) ফেনলফথ্যালিন (ঘ) লিটমাস

যখন [HIn] = [In^-] হয়, তখন সাম্যাবস্থায় উপরের সমীকরণ হতে আমরা পাই নিম্নরূপ :

$$[H_3O^+] = K_{In} \times \frac{[HIn]}{[In-]} \text{ ; } [H_3O^+] = K_{In} \text{ এবং } pH = pK_{in}$$

যখন $[HIn]/[In^-] \geq 10/1$ হয়, তখন দ্রবণের বর্ণটি লিটমাসের বেলায় লাল হয়। আবার যদি $[HIn]/[In^-] \leq 1/10$ হয়, তখন দ্রবণের বর্ণটি লিটমাসের বেলায় নীল হয়। অতএব, হাইড্রোজেন আয়নের পরিবর্তনের পরিসর, $[H_3O^+] = K_{In} \times \frac{10}{1}$ থেকে $\times \frac{1}{10}$ হলে লিটমাসের বর্ণ লাল থেকে পরিবর্তিত হয়ে নীল হয়। তখন দ্রবণের pH এর পরিসর হয় $pH = (pK_{In} + 1)$ থেকে $(pK_{In} - 1)$ অর্থাৎ প্রায় 2 pH একক পরিসরে লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন ঘটে থাকে।

৩.১২ ব্যবহারিক : রঙিন উদ্ভিদের রস ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিন্দু নির্ণয়

To Determine Acid-Base Neutralisation Point with Coloured Plant Juice

রঙিন উদ্ভিদের রসে দুর্বল জৈব এসিড অথবা জৈব ক্ষার থাকে। এসব রঙিন রাসায়নিক পদার্থ বিপরীত ক্ষারীয় ও অম্লীয় মাধ্যমে আয়নিত হয়ে ভিন্ন বর্ণ সৃষ্টি করে। তাই উদ্ভিদের রস যেমন হলুদের পানি ও জবা ফুলের রস নির্দেশকরূপে ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করা যায়।

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**
পরীক্ষা নং - ১১
তারিখ : .....
সময় : ১ পিরিয়ড
পরীক্ষার নাম : রঙিন উদ্ভিদ-রস ব্যবহার করে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিন্দু নির্ণয় :

(ক) মূলনীতি : সবল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন বিন্দু p^H 7 এ থাকে। তাই যে কোনো নির্দেশক ব্যবহার করে প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করা সহজ। আমরা জানি, 1 mol HCl এসিডকে 1 mol NaOH পূর্ণ প্রশমিত করে এবং রঙিন উদ্ভিদ হলুদের রস হলো একটি এসিড-ক্ষার নির্দেশক; এটি ক্ষারীয় মাধ্যমে বাদামি লাল এবং অম্লীয় মাধ্যমে হাল্‌কা হলুদ বর্ণ হয়। তখন 20mL 0.1 M NaOH দ্রবণে যোগ করা নির্দেশক ধর্মবিশিষ্ট হলুদের বাদামি লাল বর্ণটিকে হালকা হলুদ বর্ণে পরিণত করতে 20 mL 0.1 M HCl দ্রবণ প্রয়োজন হবে।

$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

1 mol 1 mol

সমীকরণ মতে, 1 mol HCl +1 mol NaOH

1000 mL 0.1M HCl দ্রবণ + 1000 mL 0.1M NaOH দ্রবণ

20 mL 0.1 M HCl দ্রবণ + 20 mL 0.1M NaOH দ্রবণ

MCQ-3.16 : মিথাইল অরেঞ্জ-এর বর্ণ পরিবর্তনের pH রেঞ্জ কত? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) 8.2–9.8 (খ) 4.2–6.3

(গ) 3.1–4.4 (ঘ) 6.0–7.6

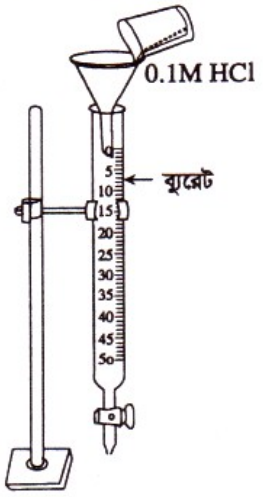
(খ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু : (১) HCl দ্রবণ (0.1 M) , (২) NaOH দ্রবণ (0.1M) (৩) হলুদের পানি

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) কনিকেল ফ্লাস্ক, (২) ব্যুরেট, (৩) পিপেট, (৪) বিকার, (৪) ফানেল, (৬) স্ট্যান্ড ও ক্ল্যাম্প।

(ঘ) কাজের ধারা : (১) চিত্র ৩.৭ অনুসারে ব্যুরেটে 0.1M HCl দ্রবণ পূর্ণ কর।

(২) কনিকেল ফ্লাস্কে 20 mL 0.1 M NaOH দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে নাও। এর মধ্যে 3–4 ফোঁটা হলুদের দ্রবণ যোগ কর। মিশ্রণটি বাদামি লাল বর্ণ হয়েছে।

(৩) এখন কনিকেল ফ্লাস্কটিকে এক টুকরা সাদা কাগজের ওপর রাখ। এবার ব্যুরেট থেকে 0.1 M HCl দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে 18 mL পর্যন্ত যোগ কর। কনিকেল ফ্লাস্কে বাদামি লাল বর্ণ পরিবর্তন হচ্ছে কীনা লক্ষ কর। সতর্কতার সাথে ফোঁটায় ফোঁটায় আরো HCl দ্রবণ যোগ করে মিশ্রণের বাদামি লাল বর্ণ হালকা হলুদ বর্ণ হলে HCl যোগ করা বন্ধ কর।



চিত্র ৩.৭ : ব্যুরেট পূর্ণ করা।

(৪) এবার ব্যবহৃত HCl এর দ্রবণের আয়তন ব্যুরেট থেকে জেনে নাও। মূলনীতি অনুসারে 20mL 0.1 M HCl ব্যবহারের পর ব্যবহৃত নির্দেশকটির বর্ণ পরিবর্তন হওয়ার কথা। কিন্তু ব্যবহৃত 0.1M HCl দ্রবণ ও 0.1 M NaOH দ্রবণের মোলারিটি সঠিক না থাকলে তখন ব্যবহৃত HCl এর আয়তন 20 mL এর চেয়ে কম বেশি হবে।

সিদ্ধান্ত : এ পরীক্ষা দ্বারা রঙিন উদ্ভিদ রস এসিড-ক্ষার প্রশমন বিন্দু নির্ণয়ে নির্দেশকরূপে ভূমিকা রেখেছে।

৩.১৩ টাইট্রেশন দ্বারা অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণে এসিড/ক্ষারের পরিমাণ নির্ণয়

To determine Molarity of an Acid or Base by Titration

আগের অনুচ্ছেদ ৩.১২ এ তোমরা রঙিন উদ্ভিদ রস ব্যবহার করে এসিড-ক্ষারের প্রশমন বিন্দু নির্ণয়ের জন্য কনিকেল ফ্লাস্কে 20 mL 0.1 M NaOH নিয়ে ব্যুরেট থেকে 0.1 M HCl দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন পর্যন্ত HCl দ্রবণ যোগ করেছ। এ সামগ্রিক কাজটিই হলো এসিড-ক্ষার টাইট্রেশন এবং প্রশমন বিন্দুতে তুল্য মোল ক্ষারের সাথে তুল্য মোল এসিড পূর্ণ বিক্রিয়া করেছে। অর্থাৎ

OH^- আয়ন এর মোল সংখ্যা (ফ্লাস্কে নেয়া) + H^+ আয়ন এর মোল সংখ্যা (ব্যুরেট থেকে দেয়া)

তোমরা এখন টাইট্রেশনের নিম্নরূপ সংজ্ঞা দিতে পার :

টাইট্রেশন : নির্দেশকের উপস্থিতিতে কোনো বিক্রিয়কের প্রমাণ দ্রবণ বা জানা ঘনমাত্রার দ্রবণ দ্বারা অপর অজানা ঘনমাত্রার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলে ।

* টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় তিনটি রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয়। যেমন–

(১) প্রমাণ দ্রবণ, (২) অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণ ও (৩) নির্দেশক

* টাইট্রেশন কাজে তিনটি কাচ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। যেমন,

(২) ব্যুরেট, (২) কনিকেল ফ্লাস্ক ও (৩) পিপেট।

টাইট্রেশন সংশ্লিষ্ট কতকগুলো 'পদ' (terms) :

(১) টাইট্র্যান্ট বা টাইটার (Titrant or Titre) : টাইট্রেশনে ব্যবহৃত প্রমাণ দ্রবণ বা জ্ঞাত ঘনমাত্রার দ্রবণটিকে টাইট্র্যান্ট বা টাইটার বলে। টাইট্রেশনের সময় এটিকে সাধারণত ব্যুরেটে নেয়া হয়।

[তবে ক্ষারধর্মী প্রমাণ দ্রবণ যথাসম্ভব ব্যুরেটে না নেয়ায় ভালো। কারণ ক্ষারধর্মী যৌগ ব্যুরেটের সিলিকেটের সাথে বিক্রিয়া করে ব্যুরেটের ক্যালিব্রেশন বা দাগগুলো নষ্ট করতে পারে।]

(২) টাইট্রেট বা টাইট্যান্ড (Titrate or Titrand) : টাইট্রেশনে ব্যবহৃত অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণটিকে অর্থাৎ যে দ্রবণের টাইট্রেশন করা হয়, তাকে টইট্রেট বা টাইট্র্যান্ড বলে। এটিকে সাধারণত কনিকেল ফ্লাক্সে নেয়া হয়।

তবে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ Na_2CO_3 দ্রবণকে কনিকেল প্লাক্সে নেয়া হয়।

(৩) টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু বা প্রশমন বিন্দু (End Point) : টাইট্রেশনের যে অবস্থায় সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটির পরিমাণগত সমাপ্তি ঘটে এবং ব্যবহৃত নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন ঘটে তাকে ঐ টাইট্রেশনের সমাপ্তি ক্ষণ বা সমাপ্তি বিন্দু বা প্রশমন বিন্দু বলা হয়। এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনের লেখচিত্রে তা নির্দিষ্ট pH মান যুক্ত একটি বিন্দু হয়। যেমন সবল এসিড ও সবল ক্ষারের প্রশমন বিন্দুতে লেখচিত্রটিতে pH মান 7 হয়।

(৪) প্রমাণ দ্রবণ (Standard salution) : যে দ্রবণের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকে, তাকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ। কারণ এর এক লিটার দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ যেমন 0.1 মোল Na_2CO_3 বা 10.6g Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হয়েছে, তা জানা আছে।

প্রমাণ দ্রবণের প্রকারভেদ : প্রমাণ দ্রবণ দুই প্রকার হতে পারে।

(১) প্রাইমারি বা মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ ও (২) সেকেন্ডারি বা গৌণ প্রমাণ দ্রবণ।

প্রাইমারি বা মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ : প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ থেকে প্রস্তুত দ্রবণকে প্রাইমারি বা মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ বলে। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের দ্রবণ হলো–

(i) অনার্দ্র Na_2CO_3 এর 0.1M দ্রবণ

(ii) অক্সালিক এসিড ($C_2H_2O_4.2H_2O$) এর 0.1M দ্রবণ

(iii) 0.1M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ইত্যাদি।

সেকেন্ডারি বা গৌণ প্রমাণ দ্রবণ : সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ থেকে প্রস্তুত যে দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রাইমারি বা মুখ্য প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করে প্রকৃত ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়, তাকে সেকেন্ডারি বা গৌণ প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন HCl এসিডের তৈরি মোটামুটি 0.12M দ্রবণকে 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে নির্ণীত ঘনমাত্রা হয় 0.105M HCl। এটি হলো HCl এর গৌণ প্রমাণ দ্রবণ। একইভাবে 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণ তৈরি করে এটির সঠিক ঘনমাত্রা প্রমাণ 0.025 M অক্সালিক এসিড দ্বারা নির্ণয় করা হয়। [পরীক্ষা নং-১৩ দ্রষ্টব্য]।

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**

পরীক্ষা নং - ১২ **সময় : ১ পিরিয়ড**

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা নমুনা HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় :

(ক) মূলনীতি : Na_2CO_3 ও HCl এর প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :

$$2HCl\ (aq) + Na_2CO_3\ (aq) \longrightarrow 2NaCl\ (aq) + CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$$

বা, $2H^+\ (aq) + CO_3^{2-}\ (aq) \longrightarrow CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$

2 mol 1 mol

টাইট্রেশনের বেলায়, প্রশমন বিক্রিয়া শেষে প্রশমন বিন্দুতে আমরা পাই,

CO_3^{2-} এর মোল সংখ্যা (ফ্লাস্কে) + H^+ এর মোল সংখ্যা (ব্যুরেট থেকে দেয়া)

MCQ-3.17 : অম্লক্ষার টাইট্রেশনে প্রয়োজন হয়—

(i) প্রমাণ এসিড দ্রবণ

(ii) NaOH দ্রবণ

(iii) নির্দেশক

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii

(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(খ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু : (১) 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ, (পরীক্ষা নং -৮ এ তৈরি করা প্রমাণ 0.1MNa_2CO_3 দ্রবণ)

(২) 0.1M HCl দ্রবণ, (পরীক্ষা নং -৯ এ তৈরি করা 0.1 M HCl দ্রবণ)

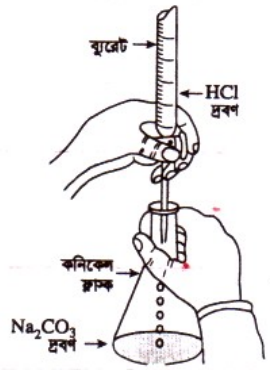
(৩) **নির্দেশক :** মিথাইল অরেঞ্জ (সবল HCl এসিডের জন্য)

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) কনিকেল ফ্লাস্ক, (২) ব্যুরেট, (৩) পিপেট, (৪) ক্ল্যাম্পসহ স্ট্যান্ড।

(ঘ) কাজের ধারা : (১) পরীক্ষা নং ৯-এ প্রস্তুত করা 0.1 M HCl দ্রবণ (সেকেন্ডারি এসিড দ্রবণ) অথবা নমুনা HCl দ্রবণ দ্বারা ব্যুরেটটি পূর্ণ কর এবং স্ট্যান্ডের সাথে ক্ল্যাম্প দ্বারা খাড়াভাবে আটকিয়ে নাও।

(২) পরীক্ষা নং –৮ এ প্রস্তুত করা 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণ (প্রমাণ দ্রবণ) এর আয়তনিক ফ্লাস্ক থেকে পিপেট দ্বারা 10 mL দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নাও। কনিকেল ফ্লাস্কের দ্রবণে 1–2 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ যোগ কর। তখন দ্রবণের **বর্ণ হলুদ** হয়।

(৩) কনিকেল ফ্লাস্কের তলায় একটি সাদা কাগজ টুকরা রাখ। ব্যুরেটে HCl এসিড দ্রবণের পাঠ নিয়ে ডাটার ছকে '১ম পাঠ'-এ রেকর্ড কর। চিত্রমতে বাম হাতে ব্যুরেটের স্টপ কক ঘুরিয়ে ব্যুরেটের HCl দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ কর এবং ডান হাতে কনিকেল ফ্লাস্কের মিশ্রণকে ঘূর্ণি-আবর্তে (swirled) মিশাও। যখন মিশ্রণটির মাঝখানে HCl এর ফোঁটা পড়ার সাথে মিথাইল অরেঞ্জের এসিড মাধ্যমের **কমলা বর্ণ দেখা** দেয়, কিন্তু মিশ্রণটি ঘুরালে কমলা বর্ণ দূর হয়, তখন প্রশমন বিক্রিয়াটি প্রায় সমাপ্তির পথে বোঝায়। শেষে 2–1 ফোঁটা এসিড দ্রবণ যোগ করলে **সম্পূর্ণ মিশ্রণটি কমলা বর্ণ** হয়। এটিই **টাইট্রেশনের শেষ বিন্দু**। এখন ব্যুরেটে এসিড দ্রবণের পাঠ নিয়ে ডাটার ছকে '২য় পাঠ'-এ রেকর্ড কর।



চিত্র ৩.৮ : HCl এসিড ও Na_2CO_3 দ্রবণ টাইট্রেশন

(৪) এরূপে তিনটি টাইট্রেশন কর। ডাটার ছকে ব্যবহৃত এসিড আয়তনের গড় আয়তন বের করে রেকর্ড কর।

(ঙ) টাইট্রেশন ডাটা : প্রস্তুতকৃত HCl দ্রবণকে প্রমাণ Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা প্রশমন

ব্যবহৃত প্রাইমারি Na_2CO_3 প্রমাণ দ্রবণের শক্তিমাত্রা = 1.02 (0.1 M) = 0.102 M

ক্রমিক নং	গৃহীত Na_2CO_3 দ্রবণ ; mL	ব্যুরেটে HCl দ্রবণ		ব্যবহৃত HCl mL (২য় পাঠ-১ম পাঠ)	ব্যবহৃত HCl এর গড় আয়তন; mL
		১ম পাঠ, mL	২য় পাঠ, mL		
১।	10	0.1	20.2	20.1	20.1
২।	10	20.2	40.3	20.1	
৩।	10	0.0	20.1	20.1	

(চ) প্রস্তুতকৃত HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা গণনা : সংশ্লিষ্ট প্রশমন বিক্রিয়াটি হলো –

$2HCl\ (aq) + Na_2CO_3\ (aq) \longrightarrow 2NaCl\ (aq) + CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$

পূর্ণ প্রশমনের বেলায়, $\frac{V_1 \times M_1}{V_2 \times M_2} = \frac{2 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol } Na_2CO_3}$; এখানে, $V_1 = 20.1$ mL HCl দ্রবণ

বা, $1 \times V_1 \times M_1 = 2 \times V_2 \times M_2$ $M_1 = ?$

বা, $1 \times 20.1 \times M_1 = 2 \times 10 \times 0.102$ M $V_2 = 10$ mL Na_2CO_3 দ্রবণ

বা, $M_1 = \frac{2 \times 10 \times 0.102 \text{ M}}{20.1} = 0.1015$ M $M_2 = 0.102$(M)

নমুনা HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা = 0.1015 M

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**

পরীক্ষা নং-১২ (ক) সময় : ১ পিরিয়ড

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : 0.05M অক্সালিক এসিড দ্রবণ দ্বারা নমুনা NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়

(ক) মূলনীতি : সমীকরণভিত্তিতে [নিচে সমীকরণ দেয়া আছে]।

(খ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু: (১) নমুনা NaOH দ্রবণ, (২) অক্সালিক এসিড, (৩) ফেনলফথ্যালিন।

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) ব্যুরেট, (২) কনিকেল ফ্লাস্ক, (৩) পিপেট, (৪) ক্ল্যাম্প-স্ট্যান্ড।

(ঘ) কাজের ধারা:

(১) নমুনা ক্ষার দ্রবণ (NaOH) এর প্রকৃত মোলারিটি নির্ণয়ের জন্য প্রমাণ দ্রবণ হিসেবে 0.05M অক্সালিক এসিড ব্যবহার করতে হবে। পরীক্ষা নং-৮-এর মতো ওজন পদ্ধতিতে অক্সালিক এসিডের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি কর। অক্সালিক এসিড $(COO)_2 .2H_2O$ এর মোলার ভর = 126g

(২) দুর্বল এসিড-সবল ক্ষারের টাইট্রেশনের মতো কনিকেল ফ্লাস্কে 10 mL অক্সালিক এসিড দ্রবণ নাও। এ দ্রবণে 1–2 ফোঁটা ফেনলফথ্যালিন যোগ কর। মিশ্রণটি বর্ণহীন থাকবে।

(৩) ব্যুরেটে NaOH দ্রবণ নিয়ে টাইট্রেশন কর। প্রশমন বিন্দুতে মিশ্রণটি **হালকা গোলাপি** হবে।

(৪) টাইট্রেশন ডাটা : পরীক্ষা নং ১২ এর (ঙ) টাইট্রেশন ডাটা মতে টাইট্রেশন ডাটা রেকর্ড কর।

(৫) গণনার সমীকরণ :

$2\ NaOH + HOOC - COOH \longrightarrow Na\text{-}OOC - COO\text{-}Na + 2H_2O.$

2mol 1 mol

ব্যবহারিক (Practical)

৩.১৪ জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন দ্বারা দ্রবণে ধাতব আয়নের পরিমাণ নির্ণয়

To determine Metal ion in Solution by Redox Titration

এসিড-ক্ষার টাইট্রেশনে আমরা প্রমাণ ক্ষার দ্রবণ দ্বারা এসিডের ঘনমাত্রা অথবা প্রমাণ এসিড দ্রবণ দ্বারা ক্ষার দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় পদ্ধতি শিখেছি। একইভাবে রিডক্স টাইট্রেশনে জারক পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা দ্রবণে বিজারক পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় অথবা বিজারক পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা দ্রবণে জারক পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। এ রিডক্স টাইট্রেশনের বিশেষ গুরুত্ব রয়েছে। যেমন পানীয় জলে আয়রনের পরিমাণ নির্ণয়, রক্তে Ca^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয়, ফল ও সবজিতে ভিটামিন -C এর পরিমাণ নির্ধারণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

আমরা জানি, রিডক্স বিক্রিয়ায় বিজারক যতটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়, জারক পদার্থ ততটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়। তাই সমতাযুক্ত রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক জারক ও বিজারকের মধ্যে তাদের মোলের সংখ্যানুপাতে (stoichiometric) জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংখ্যানুপাতিক সূত্র মতে আমরা পাই,

x জারক + y বিজারক ⟶ উৎপাদ; এখানে x ও y হলো যথাক্রমে জারক ও বিজারক পদার্থের মোল সংখ্যা।

বা, $$\frac{V_1 \times M_1 \text{ (জারক)}}{V_2 \times M_2 \text{ (বিজারক)}} = \frac{x \text{ (জারকের মোল সংখ্যা)}}{y \text{ (বিজারকের মোল সংখ্যা)}}$$

জারক ও বিজারক পদার্থ দুটির দ্রবণের মধ্যে একটির ঘনমাত্রা জানা থাকে; এ দ্রবণটিকে **প্রমাণ দ্রবণ** বলে। এ প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে অপর দ্রবণের ঘনমাত্রা অথবা নির্দিষ্ট ধাতব আয়নের পরিমাণ বের করা হয়।

রিডক্স টাইট্রেশনে জারক হিসেবে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) এর 0.02 M দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। তবে এটি সেকেন্ডারি পদার্থ হওয়ায় এর দ্রবণকে বিজারক অক্সালিক এসিডের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা প্রমিতকরণ করে সঠিক মোলারিটি নির্ণয় করা হয়।

সেকেন্ডারি পদার্থ হওয়া সত্ত্বেও $KMnO_4$ ব্যবহারে সুবিধা হলো $KMnO_4$ দ্বারা টাইট্রেশনে কোনো নির্দেশকের প্রয়োজন হয় না। কেননা এর বর্ণ অত্যন্ত তীব্র এবং 100 mL পানিতে 0.1 mL 0.02 M $KMnO_4$ যোগ করলে এর সুস্পষ্ট হাল্কা পিঙ্ক বা গোলাপি বর্ণ দেখা যায়।

প্রমিত $KMnO_4$ দ্রবণ দিয়ে পানীয় জলে Fe^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের সমীকরণ ও গণনা :

1 M H_2SO_4 মিশ্রিত $KMnO_4$ দ্রবণে পারম্যাঙ্গানেট আয়ন জারকরূপে ও বিজারক Fe^{2+} আয়নের মধ্যে নিম্নরূপ রিডক্স বিক্রিয়া ঘটে।

$$2MnO_4^- + 10\,Fe^{2+} + 16H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 10Fe^{3+} + 8\,H_2O$$

সমীকরণ মতে, 2mol $KMnO_4 \equiv$ 10 mol Fe^{2+} আয়ন

$\therefore$ 1000 mL 2M $KMnO_4$ দ্রবণ $\equiv 10 \times 55.85$g Fe^{2+} আয়ন

$$\therefore 1 \text{ mL } 0.02\text{M } KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{10 \times 55.85 \times 0.02}{1000 \times 2} \text{ g } Fe^{2+} \text{ আয়ন}$$

$$= 5.585 \times 10^{-3}\text{g } Fe^{2+} \text{ আয়ন}$$

এরূপে টাইট্রেশনে ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের মোট আয়তন থেকে পানিতে মোট Fe^{2+} আয়নের পরিমাণ গণনা করা হয়।

MCQ-3.18 : টাইট্রেশন কাজে ব্যবহৃত কাচ যন্ত্র হলো-
(i) ব্যুরেট (ii) কনিকেল ফ্লাস্ক
(iii) মেজারিং সিলিন্ডার
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৩.১৪.১। আয়োডিনযুক্ত জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন: আয়োডিমিতি ও আয়োডোমিতি

Redox Titration involving iodine Iodimetry and Iodometry

আয়োডিমিতি : সরাসরি প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণের সাহায্যে সোডিয়াম থায়োসালফেট, সালফাইট, আর্সেনাইট ইত্যাদি বিজারক পদার্থের টাইট্রেশন করার মাধ্যমে এদের পরিমাণ নির্ধারণ করার পদ্ধতিকে **আয়োডিমিতি** (iodimetry) বলা হয়। এক্ষেত্রে প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণকে ব্যুরেটে নেয়া হয়। এরূপ ক্ষেত্রে বিক্রিয়া নিম্নরূপে ঘটে।

$$\underset{\text{সোডিয়াম থায়োসালফেট}}{2Na_2S_2O_3} + I_2 \longrightarrow \underset{\text{সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট}}{Na_2S_4O_6} + 2NaI$$

এদের মধ্যে সংঘটিত অর্ধবিক্রিয়া দুটি হলো : $2S_2O_3^{2-}(aq) \longrightarrow S_4O_6^{2-}(aq) + 2e^-$

$$I_2(aq) + 2e^- \longrightarrow 2I^-(aq)$$

আয়োডোমিতি : কোন জারক পদার্থের দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়নের সাথে আয়োডাইড লবণ (যেমন (KI) এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়োডিনকে প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে মুক্ত আয়োডিনের পরিমাণ নির্ধারণের পদ্ধতিকে আয়োডোমিতি (iodometry) বলা হয়।

এক্ষেত্রে প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণকে ব্যুরেটে নেয়া হয়। এ প্রক্রিয়ায় নির্ধারিত আয়াডিনের পরিমাণ থেকে ব্যবহৃত জারক পদার্থ যেমন $CuSO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$ ইত্যাদির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যেমন,

কাজের ধারা : নির্দিষ্ট পরিমাণ জারক পদার্থ (যেমন $CuSO_4$ এর Cu^{2+} আয়ন) এর দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নিয়ে এর মধ্যে অধিক পরিমাণ KI যোগ করলে উভয়ের বিক্রিয়ায় জারক পদার্থের তুল্য পরিমাণ আয়োডিন মুক্ত হয়। পরে মুক্ত আয়োডিনকে প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়। যেমন–

$$2CuSO_4 + 4KI \rightarrow Cu_2I_2 + \boxed{I_2} + 2K_2SO_4; \quad 2Na_2S_2O_3 + \boxed{I_2} \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

বা, (i) $2Cu^{2+} + 4I^- \rightarrow 2Cu^+ + 2I_2$; বা, (ii) $2I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 4I^-$

উভয় সমীকরণ থেকে পাই, $2mol\ CuSO_4 \equiv 1\ mol\ I_2 \equiv 2mol\ Na_2S_2O_3$

বা, $1\ mol\ Na_2S_2O_3 \equiv 1\ mol\ CuSO_4$

আয়োডোমিতির মূলনীতি ও প্রয়োগ : প্রমাণ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ বিজারক। এ প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা মুক্ত আয়োডিনকে টইট্রেশন করা হয় এবং বিজারক পদার্থের পরিমাণ থেকে প্রথমোক্ত জারক পদার্থ (Cu^{2+}) এর পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। যেমন, উপরের উভয় বিক্রিয়া থেকে পাই—

তুল্য মোল জারক = তুল্য মোল আয়োডিন = তুল্য মোল বিজারক

বা, $1\ mol\ Na_2S_2O_3 \equiv 1\ mol\ Cu^{2+}\ ion \equiv 63.5\ g\ Cu^{2+}\ ion$

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

এক্ষেত্রে টাইট্রেশনে প্রাপ্ত প্রমাণ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের আয়তন থেকে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয় করার পদ্ধতি হলো আয়োডোমিতির উদাহরণ।

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)** **সময় : ১ পিরিয়ড**

পরীক্ষা নং - ১৩

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : 0.01 M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা দ্রবণে $FeSO_4$ এর পরিমাণ নির্ণয় :

মূলনীতি : জারকরূপে অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ ও বিজারক Fe^{2+} আয়নের মধ্যে নিম্নরূপ রিডক্স বিক্রিয়া ঘটে।

$$MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H^+(aq) \longrightarrow 5Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$$

1mol 5 mol

সমগ্র পরীক্ষা কাজটি চারটি অংশে বিভক্ত। যেমন–

(১) 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুতি : সাধারণ নিক্তিতে ওজন নেয়া পদ্ধতিতে ;

(২) 0.025M অক্সালিক এসিড দ্রবণ প্রস্তুতি : রাসায়নিক নিক্তিতে ওজন নেয়া পদ্ধতিতে ;

(৩) প্রমাণ-অক্সালিক এসিড দ্রবণ দ্বারা $KMnO_4$ দ্রবণের প্রমিতকরণ;

(৪) প্রমিত 0.01 $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা নমুনা $FeSO_4$ দ্রবণ টাইট্রেশন।

তিন পিরিয়ডে অর্থাৎ তিন দিনে এ পরীক্ষা কাজটি শেষ করতে হবে। প্রথম দিনে দুটি দ্রবণ প্রস্তুতিতে, ২য় দিনে $KMnO_4$ দ্রবণ প্রমিতকরণ এবং ৩য় দিনে রিডক্স টাইট্রেশন করতে হবে।

১ম দিনের কাজ : **(ক) 0.01 $KMnO_4$ দ্রবণ ও 0.025M অক্সালিক এসিড দ্রবণ প্রস্তুতি :**

৪ জনের প্রতি গ্রুপের ২ জন করে শিক্ষার্থী এ দুটি দ্রবণ এক সাথে প্রস্তুত করবে।

0.01M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুতি : $KMnO_4$ এর মোলার ভর = 158g।

250 mL 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য $KMnO_4$ প্রয়োজন = 0.40 g (প্রায়)।

(১) সাধারণ নিক্তিতে করে কাগজের টুকরার ওপর করে প্রায় 0.40g $KMnO_4$ গুঁড়া ওজন করে নাও।

(২) 250 mL ফ্লাস্কে ফানেলের মাধ্যমে ওজন করা $KMnO_4$ ঢেলে নাও। ওয়াস বোতলের পানি যোগ করে দ্রবণ তৈরি কর।

0.025 M অক্সালিক এসিড দ্রবণ প্রস্তুতি : অক্সালিক এসিড $(COOH)_2.2H_2O$ এর মোলার ভর = 126g। 250 mL 0.025 M অক্সালিক এসিড দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য অক্সালিক এসিড প্রয়োজন = 0.7875g।

(১) ওজন বোতলে বিশুদ্ধ অক্সালিক এসিড নিয়ে রাসায়নিক নিক্তিতে 0.7875g অক্সালিক এসিড ওজন করে (পরীক্ষা নং-৮ এর মতো) 250 mL ফ্লাস্কে প্রমাণ দ্রবণ তৈরি কর। মনে করি, প্রমাণ দ্রবণের ঘনমাত্রা = 0.025 M

২য় দিনের কাজ : **(খ) প্রমাণ 0.025 M অক্সালিক এসিড দ্বারা প্রস্তুত 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণ প্রমিতকরণ :**

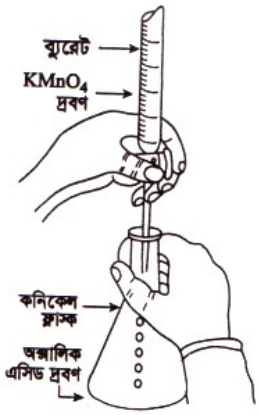
কাজের ধারা : (১) ব্যুরেটে $KMnO_4$ দ্রবণ নাও এবং ব্যুরেটটিকে স্ট্যান্ডের সাথে ক্ল্যাম্পসহ আটকাও।

(২) পিপেটের সাহায্যে 10 mL 0.025 M অক্সালিক এসিড দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নাও। মেজারিং সিলিন্ডার দিয়ে 5 mL 1M H_2SO_4 কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ কর।

(৩) এবার কনিকেল ফ্লাস্কের মিশ্রণটিকে অ্যাস্‌বেস্টস তারজালির ওপর রেখে 60°–70°C তাপমাত্রায় অর্থাৎ হাতে সহনীয় তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কর।

(৪) এবার ব্যুরেটে নেয়া $KMnO_4$ দ্রবণের উপরিতলের পাঠ নিয়ে ডাটার ছকে $KMnO_4$ দ্রবণের ১ম পাঠ এ রেকর্ড কর। এখন ব্যুরেট থেকে ফোঁটায় ফোঁটায় $KMnO_4$ দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ কর এবং মিশ্রণকে ঘূর্ণি-আবর্তে মিশাও। দ্রবণটি স্থায়ী হালকা বেগুনি বা গোলাপি বর্ণ হলে টাইট্রেশনের শেষ বিন্দু নির্দেশ করে। ব্যুরেট থেকে $KMnO_4$ দ্রবণের '২য় পাঠ' ডাটার ছকে রেকর্ড কর।

টাইট্রেশন ফ্লাস্কের হাতে সহনীয় তাপমাত্রা নির্ণয়। টাইট্রেশন।



চিত্র ৩.৯ : প্রমাণ অক্সালিক এসিড দ্বারা $KMnO_4$ দ্রবণ

টাইট্রেশন ডাটা : প্রমাণ 0.025 M অক্সালিক এসিড ও $KMnO_4$ দ্রবণ

ক্রমিক নং	ফ্লাস্কে অক্সালিক এসিড দ্রবণ (mL)	ব্যুরেটে নেয়া $KMnO_4$ দ্রবণ		ব্যবহৃত $KMnO_4$ (২য় পাঠ–১ম পাঠ) mL	ব্যবহৃত $KMnO_4$ গড় (mL)
		১ম পাঠ (mL)	২য় পাঠ (mL)		
1.	10	...	...	...	(xmL)
2.	10	...	...	...	
3.	10	...	...	...	

গণনা : অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ ও অক্সালিক এসিড দ্রবণের বিক্রিয়ার সমীকরণ :

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

সমীকরণ মতে, 2 mol $KMnO_4$ + 5 mol $H_2C_2O_4$

টাইট্রেশনের শেষ বিন্দুতে, $\frac{V_1 \times M_1\,(KMnO_4)}{V_2 \times M_2\,(H_2C_2O_4)} = \frac{2\text{ mol}}{5\text{ mol}}$

বা, $5 \times V_1 \times M_1\,(KMnO_4) = 2 \times V_2 \times M_2\,(H_2C_2O_4)$

বা, $5 \times x\text{mL} \times M_1\,(KMnO_4) = 2 \times 10\text{mL} \times 0.025\text{ M}$

$\therefore\ M_1\,(KMnO_4) = \frac{2 \times 10 \times 0.025\text{ M}}{5 \times x} = 0.0Z\,(M)$

MCQ-3.19 : অম্লীয় $Cr_2O_7^{2-}$ আয়ন ও $C_2O_4^{2-}$ আয়নের রিডক্স বিক্রিয়ায় $Cr_2O_7^{2-}$ ও $C_2O_4^{2-}$ এর মোল অনুপাত কোন্‌টি?

(ক) 1 ঃ 2 (খ) 2 ঃ 3 (গ) 1 ঃ 3 (ঘ) 3 ঃ 2

MCQ-3.20 : নিচের কোন্‌টি জারক ও বিজারক উভয় রূপে কাজ করে?

(ক) Fe^{3+} (খ) Fe^{2+}

(গ) Sn^{4+} (ঘ) Hg^{2+}

৩য় দিনের কাজ : **(গ) প্রমিত 0.02M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা নমুনা $FeSO_4$ দ্রবণ টাইট্রেশন**

প্রমাণ দ্রবণ : প্রমিত $KMnO_4$ দ্রবণ

পরীক্ষাধীন দ্রবণ : নমুনা $FeSO_4$ দ্রবণ ; **নির্দেশক :** $KMnO_4$ দ্রবণ নিজেই নির্দেশক।

কাজের ধারা : (১) ব্যুরেটে $KMnO_4$ দ্রবণ নাও এবং স্ট্যান্ডের সাথে ক্ল্যাম্পসহ ব্যুরেটটিকে আটকাও।

(২) পিপেটের সাহায্যে 10 mL নমুনা $FeSO_4$ দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নাও। মেজারিং সিলিন্ডার দিয়ে 20 mL 1M H_2SO_4 কনিকেল ফ্লাস্কে যোগ কর।

(৩) ব্যুরেটে $KMnO_4$ দ্রবণের ১ম পাঠ নিয়ে ডাটার ছকে '১ম পাঠ'-এ রেকর্ড কর। এবার $KMnO_4$ দ্রবণ কনিকেল ফ্লাস্কে নেয়া $FeSO_4$ দ্রবণে যোগ করে টাইট্রেশন কর। টাইট্রেশনের শেষ বিন্দুতে হালকা **বেগুনি বা গোলাপি বর্ণ** হবে। এখন ব্যুরেট থেকে '২য় পাঠ' নাও। এভাবে তিনবার টাইট্রেশন করে ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের আয়তনের গড় কর।

টাইট্রেশন ডাটা : প্রমিত $KMnO_4$ দ্রবণ ও $FeSO_4$ দ্রবণ

ক্রমিক নং	ফ্লাস্কে $FeSO_4$ দ্রবণ (mL)	ব্যুরেটে $KMnO_4$		ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণ (mL)	ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের গড় (mL)
		১ম পাঠ (mL)	২য় পাঠ (mL)		
1.	10	...	....	...	x mL (মনে করি)
2.	10	...	....	...	
3.	10	...	...	...	

গণনা : সংশ্লিষ্ট অম্লীয় $KMnO_4$ ও $FeSO_4$ এর রিডক্স বিক্রিয়ার সমীকরণ :

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

$\therefore$ সমীকরণ মতে, 2 mol $KMnO_4 \equiv 10$ mol $FeSO_4$

$$1000 \text{ mL } 2M\ KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv 10 \times 151.91\text{g } FeSO_4$$

$$\therefore x \text{ mL } 0.01\ M\ KMnO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{10 \times 151.91\text{g} \times 0.01 \times x}{1000 \times 2}\ FeSO_4$$

$$\equiv 7.5955 \times x \times 10^{-3}\text{ g } FeSO_4$$

শিক্ষার্থী নিজে কর : রিডক্স বিক্রিয়াভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৩.৬৫(ক): 5g বিশুদ্ধ ফেরাস সালফেটকে সম্পূর্ণ জারিত করতে কত গ্রাম $KMnO_4$ প্রয়োজন হবে? [উ: 1.04g]

সমস্যা-৩.৬৫(খ): 5g বিশুদ্ধ $FeSO_4$ কে সম্পূর্ণ জারিত করতে কত গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হবে? [উ:1.6145g]

সমস্যা- ৩.৬৬(ক) : এক টুকরা লোহার তারকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.03M $KMnO_4$ দ্রবণের 27.5mL প্রয়োজন হয়। লোহার তারটির ভর কত? [উ: 0.2304g]

সমস্যা- ৩.৬৬(খ) : 0.36g এক টুকরা লোহাকে লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.025M $KMnO_4$ -এর 48.5mL প্রয়োজন হয়। ঐ লোহাতে ভেজাল পদার্থের % পরিমাণ কত? [উ: 5.94%]

সমস্যা- ৩.৬৭ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 15mL 0.3M $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 25mL H_2O_2 এর কোনো নমুনাকে জারিত করা যায়। ঐ H_2O_2 এর মোলারিটি কত? [উ: 0.45M]

সমস্যা- ৩.৬৮ : 1.5g লোহার আকরিককে লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করে 100 mL করা হয়। ঐ দ্রবণের 25mL কে টাইট্রেশন করতে 22.5mL 0.02M $KMnO_4$ প্রয়োজন হয়। ঐ আকরিকে Fe (11) এর পরিমাণ কত? [উ: 0.50265g]

সমস্যা- ৩.৬৯ : বাংলাদেশ স্টিল কারখানার রসায়নবিদেরা দুটি দেশ থেকে সংগ্রহ করা নমুনা A ও B স্টিল নিয়ে প্রত্যেকটির 4g কে লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করে 250mL করে দ্রবণ তৈরি করেন। প্রত্যেক নমুনা দ্রবণের 25mL কে টাইট্রেশন করতে যথাক্রমে 0.05M $KMnO_4$ ও $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 28mL ও 20mL প্রয়োজন হয়। পদ্মা সেতু নির্মাণে কোন্ নমুনার স্টিলটি ব্যবহারে ভালো হবে তা গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর।

[উঃ A নমুনায় 3.9g ও B নমুনায় 3.35g Fe আছে। A নমুনা ভালো হবে।]

সমস্যা- ৩.৭০ (ক) : 'A' পাত্রে 25mL 0.1M $H_2C_2O_4$ দ্রবণ, 'B' পাত্রে 15mL $KMnO_4$ দ্রবণ এবং 'C' পাত্রে 12mL অম্লীয় $FeSO_4$ দ্রবণ আছে। A ও B পাত্রের দ্রবণ ব্যবহার করে C পাত্রের দ্রবণে লোহার পরিমাণ বের কর। [উঃ 0.28g Fe] [কু. বো. ২০১৫]

সমস্যা- ৩.৭০ (খ) : নিচের উদ্দীপকের আলোকে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [য. বো. ২০১৫]

(i) $Cu^{2+} + I^- \longrightarrow Cu^+ + I_2$; (ii) $I_2 + S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + I^-$

(ক) (i) নং বিক্রিয়া একটি রিডক্স বিক্রিয়া; ব্যাখ্যা কর।

(খ) উদ্দীপকের উভয় সমীকরণের আলোকে Cu^{2+} আয়নের পরিমাণ নির্ণয়ের মাত্রিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

সমস্যা-৩.৭১ (ক) : এক টুকরা লোহাকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.01M $KMnO_4$ দ্রবণের 95 mL প্রয়োজন হয়। ঐ লোহার টুকরার ভর কত? [উঃ 0.26529g]

সমস্যা-৩.৭১ (খ) : এক টুকরা লোহার তারকে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.3M $KMnO_4$ দ্রবণের 45.02mL প্রয়োজন হয়। লোহার তারটির ভর কত? [উঃ 0.3772g]

সমস্যা-৩.৭২ (ক) : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 25mL 0.2M $FeSO_4$ দ্রবণকে সম্পূর্ণ জারিত করতে 0.1M $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তন দরকার? [উঃ 10 mL]

সমস্যা-৩.৭২(খ) : অম্লীয় মাধ্যমে 0.01M$KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা 0.02M আয়রন (II) অক্সালেট দ্রবণের 50mL পরিমাণকে জারিত করতে ঐ $KMnO_4$ দ্রবণের কত আয়তন দরকার হবে?

[এক্ষেত্রে Fe^{2+} ও অক্সালেট উভয়ই বিজারক] [উঃ 60mL]

সমস্যা-৩.৭৩(ক): লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত 0.003 M H_2O_2 এর 25 mL দ্রবণকে জারিত করতে 10mL $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। ঐ $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.003M]

সমস্যা-৩.৭৩ (খ) : 0.103g সোডিয়াম অক্সালেটের অম্লীয় দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে $KMnO_4$ দ্রবণের 24.3 mL প্রয়োজন হয়। ঐ $KMnO_4$ দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? [উঃ 0.01233M]

সমস্যা-৩.৭৪ : রক্তশূন্যতায় ব্যবহৃত আয়রন ট্যাবলেটে আয়রন (II) সালফেট থাকে। যদি 0.20g ভরের একটি আয়রন ট্যাবলেট লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে প্রাপ্ত দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.01 M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 11.5 mL পরিমাণ দরকার হয়। তবে ঐ ট্যাবলেটে $FeSO_4$ এর শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 52.388%]

সমস্যা-৩.৭৫ (ক) : 1.5g লোহার আকরিক লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে 100mL করা হলো। ঐ দ্রবণ থেকে 25mL নিয়ে ট্রাইট্রেশন করতে 0.02M 22.5 mL $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হলো। ঐ আকরিক লোহার শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 40.2%]

সমস্যা-৩.৭৫ (খ) : 2.5g ভরের লোহার আকরিকের সমস্ত Fe_2O_3 কে লঘু H_2SO_4 এসিডে দ্রবীভূত করে বিজারকের সাহায্যে Fe^{2+} আয়নে পরিণত করা হলো। প্রাপ্ত Fe^{2+} আয়নের দ্রবণকে টাইট্রেট করতে 0.05M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 30mL প্রয়োজন হয়। ঐ আকরিকে Fe_2O_3 এর শতকরা পরিমাণ কত? [উঃ 28.8%]

সমস্যা-৩.৭৬ (ক) : অম্লমিশ্রিত 1/60M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 25mL পরিমাণকে অতিরিক্ত KI দ্রবণে যোগ করে মুক্ত আয়োডিনকে পূর্ণ টাইট্রেশন করতে কোনো $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের 29 mL প্রয়োজন হয়। ঐ $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.0862M]

সমস্যা-৩.৭৬(খ) : 20 mL আয়তনের $CuSO_4$ দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 0.1M 20 mL $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ প্রয়োজন হয়। প্রদত্ত $CuSO_4$ দ্রবণে কপারের পরিমাণ নির্ণয় কর। [উ: 0.127g]

সমস্যা-৪.৭৫ (গ) : 60 mL ডেসিমোলার $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা লঘু H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত এক টুকরা লোহার দ্রবণকে পূর্ণ জারিত করা হলো। ঐ লোহার ভর গণনা কর। [উ: 1.676g] [রা. বো. ২০১৬]

৩.১৬ দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের ব্যবহার

Use of Beer-Lambert's Law to determine Molarity of a Solution

যখন কোনো একবর্ণী আলোক রশ্মি একটি সমসত্ত্ব একই পদার্থ অথবা দ্রবণের ওপর আপতিত হয়, তখন সে রশ্মির কিছু অংশ প্রতিফলিত (I_r) হয়; কিছু অংশ শোষিত হয় (I_a) এবং বাকি অংশ পদার্থের মধ্য দিয়ে প্রতিসরিত (I_t) হয়ে বের হয়ে পড়ে। মূল রশ্মির তীব্রতা I_o হলে, তখন $I_o = I_r + I_a + I_t$

দুটি একই কোষ বা সেলে দ্রাবক ও দ্রবণ রেখে এদের ভেতর দিয়ে একবর্ণী আলোক রশ্মি প্রবাহিত করলে উভয় ক্ষেত্রে প্রতিফলিত রশ্মির পরিমাণ (I_r) একই হয়। তখন আলোক শোষণে দ্রাবক ও দ্রবণের ক্ষেত্রে তুলনার বেলায় পাই-

$I_o = I_a + I_t$

বিজ্ঞানী ল্যাম্বার্ট (1760 খ্রিস্টাব্দে) কোনো স্বচ্ছ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে আপতিত নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলোক রশ্মির তীব্রতার (I_o) সাথে এর প্রতিসরিত রশ্মির (I_t) তুলনাভিত্তিক নিচের সূত্র উপস্থাপন করেন।

ল্যাম্বার্টের সূত্র : 'কোনো স্বচ্ছ মাধ্যমের মধ্যদিয়ে কোনো একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি প্রবাহিত করলে মাধ্যমের পুরুত্বের সাথে আলোকের তীব্রতা হ্রাসের হার $\left(\frac{-dI}{dl}\right)$ আলোকের তীব্রতার সমানুপাতিক হয়।

অর্থাৎ, $\frac{-dI}{dl} \propto I$; বা, $\frac{-dI}{dl} = k \times I$; বা, $\frac{-dI}{I} = k \times dl$

উভয় দিকে সমাকলন করে এবং $l = 0$ হলে $I = I_o$ হয়। মান বসিয়ে পাই $-\ln \frac{I_t}{I_o} = k \times l$, বা, $I_t = I_o \times e^{-kl}$

এক্ষেত্রে, $e = 2{\cdot}71828$

$\log_{10} e = 0.4343$

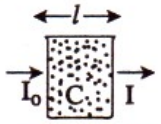
উপরের সমীকরণে সাধারণ লগারিদমের মান বসিয়ে পাই,

$I_l = I_o \times 10^{-0.4343kl}$

বা, $I_l = I_o \times 10^{-k'l}$ ... (1)

এখানে $k' = 0.4343\ k$ = ২য় ধ্রুবক

যেখানে, I = আলোক রশ্মির তীব্রতা,
l = মাধ্যমের পুরুত্ব (Thickness),
k = সমানুপাতিক ধ্রুবক



চিত্র ৩.১০: আলো শোষণকারী স্বচ্ছ মাধ্যম

সমীকরণ (1) হলো ল্যাম্বার্টের সমীকরণ। এক্ষেত্রে k' ধ্রুবকটিকে **হ্রাস গুণাঙ্ক** (extinction coefficient) বলে।

উপরের সমীকরণ থেকে জানা যায়, $I_l = \frac{I_o}{10}$ হতে হলে $k'l = 1$ হয়; বা $k' = \frac{1}{l}$ হয়। তখন স্বচ্ছ মাধ্যমে আপতিত আলোক রশ্মির তীব্রতা এক-দশমাংশ হ্রাস করতে ঐ মাধ্যমের যে পুরুত্ব প্রয়োজন হয়; এর ব্যস্তানুপাতিক মানকে হ্রাস গুণাঙ্ক বা **এক্সটিঙ্কশন গুণাঙ্ক** বলে। CGS এককে এর একক হলো cm^{-1}.

বিয়ারের সূত্র (Beer's Law) : ল্যাম্বার্ট মাধ্যমের পুরুত্ব ও একবর্ণী আলোক রশ্মির তীব্রতা হ্রাসের সম্পর্কভিত্তিক যে সূত্র প্রদান করেন; বিজ্ঞানী বিয়ার (1852 খ্রিস্টাব্দে) অনুরূপভাবে দ্রবণের ঘনমাত্রা ও একবর্ণী আলোক রশ্মির তীব্রতা হ্রাস সম্পর্কিত নিম্নরূপ সূত্র প্রতিষ্ঠিত করেন।

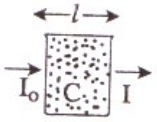
বিয়ারের সূত্র: 'কোনো দ্রবণের মধ্য দিয়ে একবর্ণী আলোক তরঙ্গ প্রবাহিত করলে দ্রবণের ঘনমাত্রার সাথে আলোকের তীব্রতা হ্রাসের হার $\left(\frac{-dI}{dc}\right)$ আলোকের তীব্রতার সমানুপাতিক হয়। অর্থাৎ

$$\frac{-dI}{dc} \propto I;$$

বা, $\frac{-dI}{dc} = k_1 \times I$

বা, $\frac{-dI}{I} = k_1 \times dc$

এখানে, I = আলোক রশ্মির তীব্রতা
c = দ্রবণের ঘনমাত্রা
k_1 = সমানুপাতিক ধ্রুবক।



চিত্র: ৩.১০ (ক): দ্রবের c ঘনমাত্রার স্বচ্ছ মাধ্যম

আলোর তীব্রতা হ্রাসের ক্ষেত্রে লিমিট o থেকে l এবং দ্রবণের ঘনমাত্রার ক্ষেত্রে o থেকে c ধরে উভয় দিকে সমাকলন করে এবং c = 0 হলে $I = I_o$ হয়। এখন মান বসিয়ে পাই,

$$-\int_o^l \frac{dI}{I} = k_1 \int_o^c dc$$

বা, $-\ln \frac{I_l}{I_o} = k_1 \times c$ বা, $I_l = I_o \times e^{-k_1 c}$

ওপরের সমীকরণে সাধারণ লগারিদমের মান বসিয়ে পাই,

$I_l = I_o \times 10^{-0.4343 k_1 c}$

বা, $I_l = I_o \times 10^{-k_2 c}$ ... (2)

এখানে $k_2 = 0.4343 k_1$

সমীকরণ (2) হলো **বিয়ারের সমীকরণ**।

MCQ-3.21 : H_2O_2 যৌগে O এর জারণ মান কত? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) –1 (খ) –2 (গ) +1 (ঘ) +2

MCQ-3.22 : নিচের বিক্রিয়ার বিজারক কোনটি? [ব. বো. ২০১৫]
$2CuSO_4 + 2K1 \longrightarrow Cu_2I_2 + I_2 + K_2SO_4$
(ক) Cu^{2+} (খ) I_2 (গ) K^+ (ঘ) I^-

এখন ল্যাম্বার্টের সমীকরণ (1) ও বিয়ারের সমীকরণ (2) কে সমন্বিত করে **বিয়ার-ল্যাম্বার্টের** সমীকরণ পাওয়া যায়।

$I_l = I_o \times 10^{-k' k_2 c l} = I_o \times 10^{-\varepsilon c l}$; এখানে $k' k_2 = \varepsilon$ ধ্রুবক (মোলার শোষণ সহগ)

বা, $\frac{I_l}{I_o} = 10^{-\varepsilon c l}$ [ε এর উচ্চারণ 'epsilon'.]

বা, $\log \frac{I_o}{I_l} = \varepsilon c l$ ... (3)

দ্রবণের ঘনমাত্রা, c কে mol/L এককে এবং কোষ বা সেলের দৈর্ঘ্য (l) এর একক cm হলে এক্সটিঙ্কশন গুণাঙ্ক, ε এর একক হয় $L\ mol^{-1}\ cm^{-1}$। তখন ε কে **মোলার শোষণ সহগ বা, মোলার অ্যাবজর্পটিভিটি (absorptivity)** বলে।

[ε এর একক = $k' k_2$ এর একক = $\frac{1}{l} \times \frac{1}{c} = \frac{1}{cm} \times \frac{1}{mol\ L^{-1}} = L\ mol^{-1}\ cm^{-1}$]

$\log \frac{I_o}{I}$ কে বিশোষণ মাত্রা বা Absorbance বলা হয় এবং A দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

অর্থাৎ $\log \frac{I_0}{I_l} = A = \varepsilon c l$ ... (4)

সহজভাবে, বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সমীকরণটিকে নিম্নরূপেও লেখা হয় :

$A = abc$; এখানে, $A = \log (I_o/I_l)$, $a = \varepsilon$ (মোলার শোষণ সহগ), $b = l$ (সেল বা কোষের দৈর্ঘ্য), $c =$ দ্রবণের ঘনমাত্রা, $molL^{-1}$

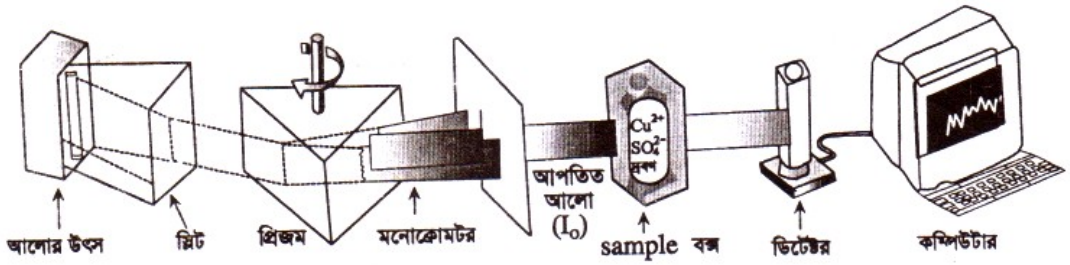
বর্ণালিমিতির মূলনীতি এ বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের ওপর প্রতিষ্ঠিত।

স্পেক্ট্রোমিটারে গ্লাস সেলের দৈর্ঘ্য (l) , দ্রবণের বিশোষণ মাত্রা (A, Absorbance) ও দ্রবের মোলার শোষণ সহগ (ε) জেনে অতি সহজেই, অল্প সময়ে দ্রবণের ঘনমাত্রা জানা যায়। যেমন, স্পেকট্রোমিটারে 1 cm দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি সেলে একটি দ্রবণ রেখে এর বিশোষণ মাত্রা 0.156 পাওয়া গেল। দ্রবের মোলার শোষণ সহগ 1.2×10^4 হলে দ্রবণটির ঘনমাত্রা হবে-

$A = \varepsilon cl$; এখানে বিশোষণ মাত্রা, $A = 0.156$, $\varepsilon = 1.2 \times 10^4\ L\ mol^{-1}\ cm^{-1}$; l সেলের দৈর্ঘ্য, $= 1$ cm

$$\therefore c = \frac{A}{\varepsilon l} = \frac{0.156}{1.2 \times 10^4\ Lmol^{-1}\ cm^{-1} \times 1cm}$$; বা, $c = 1.3 \times 10^{-5}\ molL^{-1}$

স্পেকট্রোমিটারের বিভিন্ন অংশের পরিচয় নিম্নরূপ :



চিত্র-৩.১১ : স্পেক্ট্রোমিটারের বিভিন্ন অংশ।

বিয়ার-ল্যাম্পার্ট সূত্র প্রয়োগে স্পেকট্রোমিটারে দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় :

প্রয়োজনীয় উপকরণ :

(১) UV–Vis স্পেকট্রোমিটার,

(২) পরীক্ষণীয় অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণ [পরীক্ষণীয় দ্রবণটি UV – Vis আলো শোষণকারী হতে হয়।],

(৩) পরীক্ষণীয় বস্তুর জানা ঘনমাত্রার 4–5টি দ্রবণ যেমন $CuSO_4$ এর অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণসহ 4–5টি জানা ঘনমাত্রার দ্রবণ।

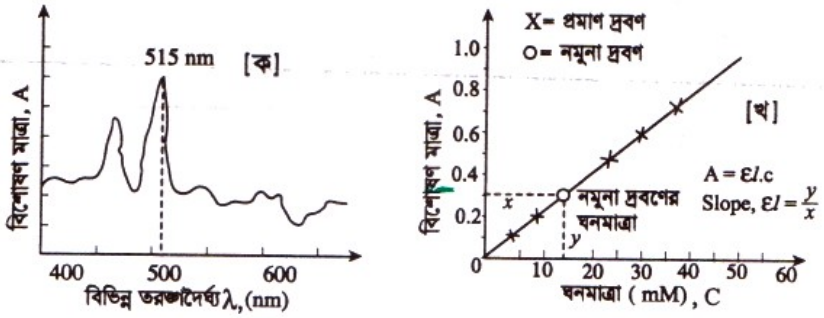
কার্য পদ্ধতি : নিম্নোক্ত ধাপে স্পেকট্রোমিটারে দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয় :

১। যে যৌগটির দ্রবণের অজানা ঘনমাত্রা নির্ণয় করতে হবে, এর কয়েকটি প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করা হলো; যেমন $CuSO_4$ দ্রবণের 1mM, 0.8mM, 0.6mM, 0.4mM, 0.2mM ঘনমাত্রার প্রমাণ দ্রবণ। [mM = মিলি মোল]

২। স্পেকট্রোমিটারের গ্লাস সেলে একটি প্রমাণ দ্রবণ নিয়ে বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যে দ্রবণের বিশোষণ মাত্রা (absorbance) বা আলোক ঘনত্ব (optical density) মাপা হলো। এর থেকে কোন্ তরঙ্গদৈর্ঘ্যে বিশোষণ মাত্রা সবচেয়ে বেশি তা নির্ণয় করা হলো [চিত্র-৩.১২(ক)]।

৩। এখন নির্ণীত সর্বোচ্চ বিশোষণ মাত্রার এ নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোতে প্রমাণ দ্রবণসমূহ ও নমুনা দ্রবণের বিশোষণ মাত্রা মাপা হলো।

৪। এবার গ্রাফ পেপারে বিশোষণ মাত্রা (Y-অক্ষ) বনাম দ্রবণের ঘনমাত্রা (X-অক্ষ) লেখচিত্র অঙ্কন করা হলো। লেখচিত্রে নমুনা দ্রবণের বিশোষণ বিন্দুর মাত্রা সাপেক্ষে X অক্ষের মান হলো নমুনা দ্রবণের ঘনমাত্রা [চিত্র-৩.১২ (খ)]।



চিত্র-৩.১২ : অজ্ঞাত দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়।

বর্ণালিমিতির ক্ষেত্রে আলোর বিশোষণ মাত্রা (A, Absorbance) ও ট্রান্সমিটেন্স (T, % Transmitance) রাশিদ্বয়ের মধ্যে সম্পর্ক হলো : $A = \log_{10}(1/T) = -\log_{10}T$।

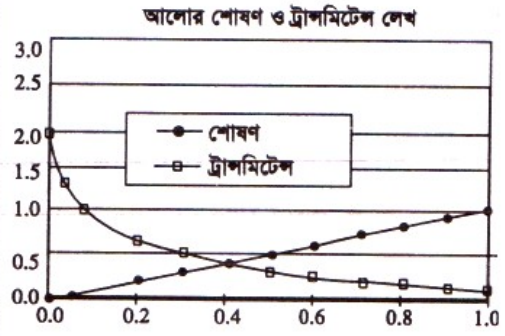
আবার আলোর নির্গত রশ্মি (I_l) ও আপতিত রশ্মি (I_o) দ্বয়ের তীব্রতার অনুপাতকে **ট্রান্সমিটেন্স (T)** মান ধরা হয়।

অর্থাৎ $T = (I_l/I_o)$; আবার $\log\frac{I_o}{I_l} = A$; বা, $-\log\frac{I_l}{I_o} = A$ বা, $A = -\log T$।

দ্রবণের ঘনমাত্রার পরিবর্তনের সাথে বিশোষণ মাত্রা (A) ও ট্রান্সমিটেন্সের (T) এর মধ্যে বিপরীত সম্পর্ক আছে। দ্রবণে আলোর বিশোষণ মাত্রা (A) দ্রবণের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায় (বিয়ারের সূত্র); কিন্তু নির্গত ও আপতিত আলোর মাত্রার অনুপাত বা ট্রান্সমিটেন্স মাত্রা (T) জ্যামিতিক হারে (exponentially) হ্রাস পায়। (চিত্র-৩.১৩)

ঘনমাত্রা	শোষণ	ট্রান্সমিটেন্স
0.001	0.001	3.0000
0.10	0.10	2.0000
0.050	0.050	1.3010
0.100	0.100	1.0000
0.200	0.200	1.0000
0.300	0.300	0.6990
0.400	0.400	0.5220
0.500	0.500	0.3979
0.600	0.600	0.3010
0.700	0.700	0.2218
0.800	0.800	0.1549
0.900	0.900	0.800
1000	1000	0.0969
		0.0458
		0.5000

ঘনমাত্রার বিপরীতে আলোর শোষণ ও ট্রান্সমিটেন্স



ট্রান্সমিটেন্সে জ্যামিতিক হারে হ্রাস' পায় বলতে বোঝায় যে, l cm দ্রবণে যদি 100% আপতিত রশ্মি (I_o) এর ১ম 20% আলো শোষিত হয় তবে ২য় l cm দ্রবণে পূর্বের অবশিষ্ট 80% আলোর 20% শোষিত হয়ে 64% থাকে। এরূপে ৩য় l cm দ্রবণে 64% আলোর 20% আলো শোষিত হয়ে হ্রাস পেতে থাকে।

চিত্র : ৩.১৩ : আলোর শোষণ ও ট্রান্সমিটেন্স

বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রের সীমাবদ্ধতা :

(১) দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.001 M– 0.01 M মধ্যে বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্র সঠিকভাবে কার্যকর হয়। দ্রবণের ঘনমাত্রা 0.1 M এর বেশি হলে তখন এ সূত্র প্রযোজ্য হয় না।

(২) দ্রবণে উপাদানের মধ্যে সংযোজন, বিয়োজন ঘটলে তখন এ সূত্র প্রযোজ্য নয়।

(৩) একবর্ণী আলো (monochromatic) ব্যবহৃত না হলে বিশোষণমাত্রা ঘটলে এ সূত্র প্রযোজ্য হবে না।
(৪) দ্রবণ দ্বারা আলোর শোষণের পূর্বে আলোর প্রতিফলন বা বিচ্ছুরণ ঘটলে এ সূত্র প্রযোজ্য হবে না।

শিক্ষার্থী নিজে কর : বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রের প্রয়োগভিত্তিক গণনা

সমস্যা-৩.৭৭ : স্পেক্ট্রোমিটারের 1.0 cm দৈর্ঘ্যের একটি সেলে রাখা দ্রবণের মোলার শোষণ সহগ 1.0×10^5 L mol^{-1} cm^{-1} এবং বিশোষণ মাত্রা বা অ্যাবজর্ব্যান্স হলো 1.0। ঐ দ্রবণটির ঘনমাত্রা কত? [উ: 1.0×10^{-5} molL^{-1}]

সমস্যা- ৩.৭৮ : স্পেকট্রোমিটারের 1.0 cm দৈর্ঘ্যের একটি সেলে রাখা একটি নমুনা দ্রবণ কোনো নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোর 80% ট্রান্সমিট বা প্রেরণ করে। ঐ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যে নমুনা দ্রবণের মোলার শোষণ সহগ 2.0 হলে নমুনার মোলার ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.048 mol L^{-1}]

সমস্যা-৩.৭৯ : স্পেকট্রোমিটারের 1.0 cm সেলে রাখা 4.48 ppm ঘনমাত্রার $KMnO_4$ এর দ্রবণ 520 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর 0.309 ট্রান্সমিটেন্স দেয়। $KMnO_4$ দ্রবণের মোলার বিশোষণ মাত্রা কত? [$KMnO_4$=158 gmol^{-1}] [উ: 1.8×10^4 cm^{-1}mol^{-1}L]

দ্রষ্টব্য : যেহেতু ε এর একক L mol^{-1} cm^{-1} হয়, সেহেতু ঘনমাত্রা c = 4.48 ppm কে mol L^{-1} এ পরিণত করতে হবে। তখন $c = 4.48 \text{ ppm} = 4.48 \times 10^{-3} gL^{-1} = \frac{4.48 \times 10^{-3} gL^{-1}}{158 g\ mol^{-1}} = 2.835 \times 10^{-5}$ mol L^{-1}]

সমস্যা- ৩.৮০ : স্পেকট্রোমিটারের 2.0 cm সেলে রাখা 3.85×10^{-4} mol L^{-1} ঘনমাত্রার কোনো রঞ্জকের দ্রবণ 550 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণের বিশোষণ মাত্রা বা অ্যাবজর্ব্যান্স 0.78 হলে ঐ দ্রবণের মোলার শোষণ সহগ বা অ্যাবজর্পটিভিটি কত হবে? [উ: 1.01298×10^3 Lmol^{-1} cm $^{-1}$]

সমস্যা- ৩.৮১ : স্পেকট্রোমিটারের 2 cm সেলে রাখা 3.75×10^{-4} M ঘনমাত্রার কোনো রঞ্জক পদার্থের দ্রবণের 570 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ থেকে মোলার অ্যাবজর্পটিভিটি 1.0×10^3 Lmol^{-1}cm^{-1}হলে ঐ দ্রবণের বিশোষণ মাত্রা বা অ্যাবজর্ব্যান্স কত হবে? [উ: 0.75]

৩.১৬ পারমাণবিক শোষণ বর্ণালি

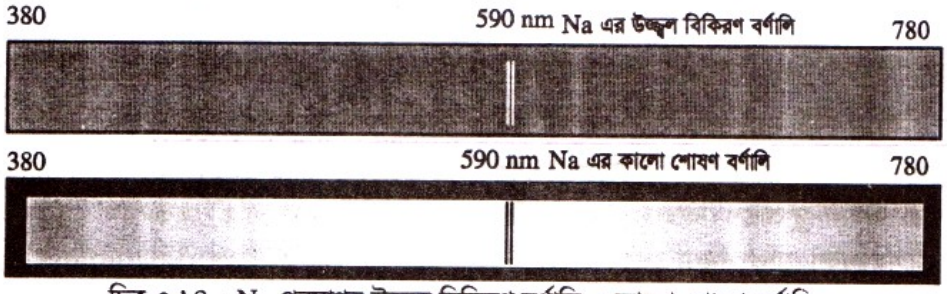
Atomic absorbtion spectroscopy (AAS)

পারমাণবিক শোষণ বর্ণালি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ (60 টিরও বেশি মৌল) শনাক্তকরণে ও ঘনমাত্রা বা পরিমাণ নির্ণয়ে ব্যবহৃত একটি উন্নত বিশোষণ বর্ণালি পদ্ধতি। এটি ফার্মাকোলজি (ধাতব অপদ্রব্য শনাক্তকরণ), বায়োফিজিক্স (trace element শনাক্তকরণ) ও টক্সিকোলজি (As, Cr ইত্যাদি শনাক্তকরণ) গবেষণায় ব্যবহৃত হয়।

মূলনীতি : পারমাণবিক শোষণ বর্ণালির মূল ভিত্তি হলো স্পেকট্রোমিটারের এটমাইজার (atomizer)-এ নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুসমূহের ইলেকট্রন নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শক্তি শোষণ করে উদ্দীপিত অবস্থায় (excited state-এ) উচ্চতর অরবিটালে স্বল্প সময়ের (ন্যানো সেকেন্ডস্) জন্য স্থানান্তরিত হয়। **বিশোষণের মাত্রা মৌলের বাষ্পে বিদ্যমান নিম্নতম শক্তি স্তরের পরমাণুর ঘনমাত্রার সমানুপাতিক হয়।** ফলে কালো রেখা বর্ণালি সৃষ্টি হয় এবং একে **পারমাণবিক শোষণ বর্ণালি** বলে।

প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রনের শক্তিস্তর সুনির্দিষ্ট। তাই ইলেকট্রন দ্বারা শক্তি শোষণ নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের শক্তি থেকে হয়। সৃষ্ট বর্ণালির রেখা কয়েক পিকোমিটার (pm) প্রশস্ত হয়। স্পেকট্রোমিটারে বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রভিত্তিক ডিটেক্টরের সাহায্যে নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর বিশোষণ মাত্রা বা আলোক ঘনত্ব পরিমাপের মাধ্যমে মৌলের পরমাণুর পরিমাণ বা ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয়।

পারমাণবিক শোষণ বর্ণালি-মিটারে ধাতুর শিখা পরীক্ষায় সৃষ্ট উজ্জ্বল বিকিরণ বর্ণালি ও কালো শোষণ বর্ণালি একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যের (যেমন-Na পরমাণুর বেলায় $\lambda = 590nm$) হয়। Na-পরমাণুর উভয় প্রকার বর্ণালি নিচে দেখানো হলো:



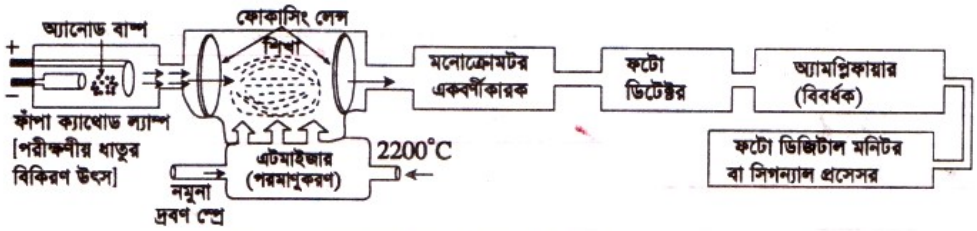
চিত্র ৩.১৪ : Na পরমাণুর উজ্জ্বল বিকিরণ বর্ণালি ও কালো শোষণ বর্ণালি।

বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের মূলনীতিভিত্তিক পারমাণবিক শোষণ বর্ণালিমাপক যন্ত্রটির গঠন নিম্নরূপ-তিন অংশে বিভক্ত :

(১) ফাঁপা ক্যাথোড ল্যাম্প : এটি পরীক্ষিত মৌল দ্বারা নির্মিত ফাঁপা ক্যাথোড ল্যাম্প, যা থেকে বৈশিষ্ট্যপূর্ণ একবর্ণী বিকিরণ রশ্মি বার্নারের শিখায় ছড়ানো পরমাণু সমাবেশে প্রবেশ করে।

(২) নমুনা এটমাইজার (atomizer) সেল : যা থেকে মৌলটির গ্যাসীয় পরমাণু প্রবাহ শিখায় প্রবেশ করে।

(৩) ফটোডিটেক্টর : এ ৩য় অংশটি হলো বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রভিত্তিক গ্যাসীয় পরমাণু দ্বারা শোষিত একবর্ণী বিকিরণের পরিমাণ নির্ধারণের যন্ত্র।



চিত্র ৩.১৫ : পারমাণবিক শোষণ বর্ণালি মাপক-এর ব্লকচিত্র

এক্ষেত্রে ফাঁপা ক্যাথোড ল্যাম্পটিতে পরীক্ষণীয় ধাতুর অ্যানোডীয় বাষ্প থাকে। নমুনার দ্রবণকে ট্যাপনলের তৈরি নেবুলাইজারের সাহায্যে বার্নারের মধ্যে স্প্রে করা হয়। বার্নারের জ্বালানিরূপে অক্সি-অ্যাসিটিলিন মিশ্রণের দহনে 2200°C তাপমাত্রার শিখা সৃষ্টি হয়। ঐ শিখায় নমুনা মৌলের সৃষ্ট পারমাণবিক বাষ্প ক্যাথোড ল্যাম্প থেকে প্রবাহিত বিকিরণের নির্দিষ্ট তরঙ্গ শক্তি শোষণ করে। শোষণের মাত্রা বাষ্পে বিদ্যমান নিম্নতম শক্তিস্তরের পরমাণুর পরিমাণ বা ঘনমাত্রার সমানুপাতিক হয়।

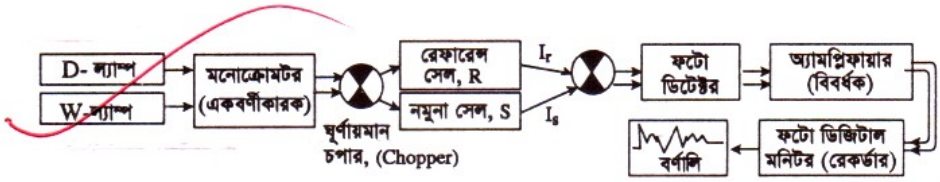
৩.১৭ UV-দৃশ্যমান স্পেকট্রোস্কোপি (UV-Vis)

UV-Visible Absorbtion Spectroscopy

মূলনীতি : UV-Vis বর্ণালি অর্থাৎ UV-দৃশ্যমান আলো শোষণ বর্ণালি পাই (π) বন্ধন ইলেকট্রন অথবা নন্ বন্ডিং ইলেকট্রনযুক্ত যৌগ অণুর বেলায় ঘটে। আণবিক অরবিটালের এসব ইলেকট্রন দৃশ্যমান আলো 380 nm–780 nm এবং এর পার্শ্ববর্তী UV-রশ্মি বিশেষত near-UV-রশ্মি 200 nm – 379 nm শোষণ করে উদ্দীপিত অবস্থায় উচ্চতর অ্যান্টি-

বন্ডিং আণবিক অরবিটালে স্বল্প সময়ের (ন্যানো সেকেন্ড বা 10^{-8}~10^{-9}s) জন্য স্থানান্তরিত হয়। এর ফলে শোষণ বর্ণালি সৃষ্টি হয়। জৈব যৌগের পাই (π) বন্ধন ইলেকট্রন অথবা নন্ বন্ডিং ইলেকট্রন দ্বারা অতিবেগুনি (UV) ও দৃশ্যমান আলোর শোষণে সৃষ্ট এরূপ বর্ণালিকে **ইলেকট্রনিক বর্ণালিও** বলে। এক্ষেত্রে বিয়ার ল্যাম্বার্ট সমীকরণ, $A = \varepsilon cl$ সম্পর্ক প্রযোজ্য হয়।

কার্যপ্রণালি : UV-Vis স্পেকট্রোস্কোপ যন্ত্রটি হলো দ্বৈত রশ্মি বর্ণালিমাপক। এতে UV-আলো রশ্মির উৎসরূপে ডিউটেরিয়াম ($_1D$, $_1^2H$) ল্যাম্প ও Vis-আলো রশ্মির উৎসরূপে টাংস্টেন ফিলামেন্ট (W) ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়। উভয় রশ্মি- মনোক্রোমটর বা একবর্ণীকারক যন্ত্রাংশে প্রবেশ করে। নির্গত উভয় রশ্মির মিশ্রণটি ঘূর্ণায়মান চপার (rotating chopper) দ্বারা সমান দু'অংশে বিভক্ত হয়ে একটি অংশ বিশুদ্ধ দ্রাবক ভর্তি রেফারেন্স সেলে (R) ও অপর অংশ পরীক্ষাধীন যৌগের দ্রবণ ভর্তি নমুনা সেলে (S) প্রবেশ করে। R ও S সেল থেকে নির্গত রশ্মি (I_r ও I_s) দ্বিতীয় ঘূর্ণায়মান চপারে পতিত হওয়ার পর ফটোডিটেকটরে প্রবেশ করে এবং পরে অ্যামপ্লিফায়ারে বহু গুণ বিবর্ধিত হয়ে ফটোডিজিটাল মনিটরে উপযুক্ত বর্ণালি তৈরি করে।



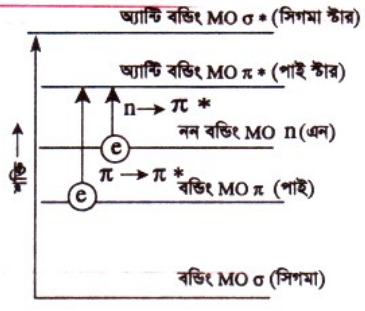
চিত্র ৩.১৬ : UV–Vis দ্বৈত রশ্মি বর্ণালিমাপক এর ব্লকচিত্র

বর্ণালিমাপক থেকে পরীক্ষাধীন দ্রবণের বিশোষণ মাত্রা (A), মোলার শোষণ সহগ (ε) ও সেল বা কোষের দৈর্ঘ্য (l, সাধারণত 1.0 cm) জানা যায়। তাই এসব মান বিয়ার ল্যাম্বার্ট সমীকরণে ($A = \varepsilon lc$-এ) বসিয়ে নমুনা দ্রবণের ঘনমাত্রা সহজে নির্ণয় করা যায়।

UV–Vis স্পেকট্রোস্কোপের ব্যবহার : (১) প্রধানত নমুনা দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়, (২) জৈব যৌগে কার্যকরীমূলক, (৩) কার্বন শিকলে থাকা একান্তর দ্বিবন্ধন বা কনজুগেটেড দ্বিবন্ধন নির্ণয়, (৪) কার্বন শিকলের একান্তর দ্বিবন্ধনে থাকা প্রতিস্থাপক ও এদের সংখ্যা নির্ণয় এবং (৫) অ্যারোমেটিক যৌগের চক্রে উপস্থিত দ্বিবন্ধন সংখ্যা এ পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়।

আণবিক অরবিটাল (MO, molecular orbital) মতবাদ অনুসারে UV-Vis বর্ণালির ব্যাখ্যা : পরমাণুসমূহের পারমাণবিক অরবিটালের অধিক্রমণে (overlapping) সৃষ্ট যৌগ অণুতে (১) σ-বন্ডিং আণবিক অরবিটাল (MO,σ), (2) σ–অ্যান্টি বন্ডিং আণবিক অরবিটাল (MO,σ^*), (৩) π-বন্ডিং আণবিক অরবিটাল (MO, π), (৪) π অ্যান্টি বন্ডিং আণবিক অরবিটাল (MO, π^*), (৫) নন্‌বন্ডিং (lone-pair) আণবিক অরবিটাল (MO, n) থাকে। এদের মধ্যে শক্তির পার্থক্য হলো $\sigma < \pi < n < \pi^* < \sigma^*$ [চিত্র ৩.১৭]।

UV -Vis রশ্মি শোষণ করে π- বন্ধনের MO ও নন্‌বন্ডিং MO-এর ইলেকট্রন উদ্দীপিত হয়ে ন্যানো সেকেন্ডের জন্য অ্যান্টি বন্ডিং (MO, π^*) এ স্থানান্তরিত হতে পারে (যেমন, $\pi \longrightarrow \pi^*$, পাই স্টার ও $n \longrightarrow \pi^*$)। তখন UV -Vis বর্ণালি সৃষ্টি হয়।



চিত্র ৩.১৭: যৌগ অণুতে বিভিন্ন MO

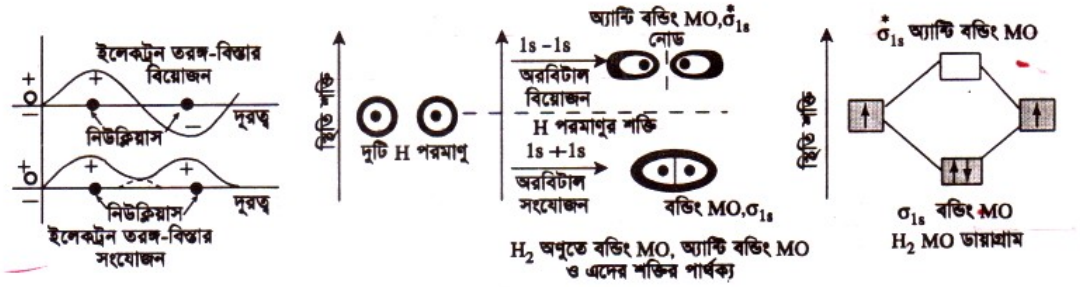
জেনে রাখ : বন্ডিং MO ও অ্যান্টিবন্ডিং MO কী?

রাসায়নিক বন্ধন ব্যাখ্যায় অধিকতর সফল কিন্তু জটিল আণবিক অরবিটাল (MO) মতবাদ মতে, যৌগ অণুতে বিভিন্ন পরমাণুর

নিউক্লিয়াসগুলোর চারদিকের এলাকায় ইলেকট্রনগুলো সঞ্চরণশীল (delocalised) থাকে, ইলেকট্রনের ঐ সব এলাকাকে আণবিক অরবিটাল (MO) বলে। কিন্তু যোজনী বন্ধন (VB) মতবাদ মতে, দুটি পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের পারমাণবিক অরবিটালের অধিক্রমণ এলাকায় উভয় নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী এলাকায় বন্ধন ইলেকট্রন যুগল আবদ্ধ (localised) থাকে। পরমাণুতে থাকে নির্দিষ্ট শক্তির ও আকৃতির পারমাণবিক অরবিটাল (AOs)। অনুরূপভাবে অণুতে থাকে নির্দিষ্ট শক্তির ও আকৃতির আণবিক অরবিটাল (MOs)। দুটি পারমাণবিক অরবিটাল (AOs) এর তরঙ্গ সংযোজন (wave addition) ও তরঙ্গ বিয়োজন (wave subtraction) প্রক্রিয়ায় ঐ AOs এর শক্তির চেয়ে যথাক্রমে কমশক্তির (অধিক স্থায়ী) বন্ডিং MO ও বেশি শক্তির (কম স্থায়ী) অ্যান্টিবন্ডিং MO সৃষ্টি হয়। আবার বন্ধনবিহীন নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন (lone pair) থেকে সৃষ্ট ননবন্ডিং MO এর শক্তি পূর্বের একক পারমাণবিক অরবিটাল (AO) এর শক্তির সমান থাকে। উদাহরণস্বরূপ, দুটি H-পরমাণু নিকটে আসলে তাদের দুটি পারমাণবিক $1s^1$ অরবিটালের মধ্যে দু'ভাবে অধিক্রমণ ঘটে। যেমন,

(১) অরবিটাল তরঙ্গ সংযোজন প্রক্রিয়ায় AOs এর চেয়ে কম শক্তির (অধিক স্থায়ী) বন্ডিং আণবিক অরবিটাল (MO) সৃষ্টি হয়। তখন দুটি H-পরমাণুর $1s^1$ অরবিটাল ইলেকট্রনদ্বয়ের তরঙ্গ একই দশায় (phase-এ) সংযোজন বা অধিক্রমণ ঘটে। ফলে, উভয় নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী অঞ্চলে এ বন্ডিং আণবিক অরবিটালে সর্বাধিক ইলেকট্রন ঘনত্ব সর্বাধিক সময় থেকে সিগমা (σ) বন্ধন দ্বারা উভয় নিউক্লিয়াসকে আবদ্ধ রাখে [চিত্র-৩.১৮]

(২) অরবিটাল তরঙ্গ বিয়োজন প্রক্রিয়ায় AOs এর চেয়ে অধিক শক্তির (কম স্থায়ী) অ্যান্টিবন্ডিং আণবিক অরবিটাল সৃষ্টি হয়। তখন দুটি H পরমাণুর $1s^1$ অরবিটাল ইলেকট্রনদ্বয়ের তরঙ্গ ভিন্ন দশায় অরবিটালের অধিক্রমণ ঘটে। ফলে উভয় নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী অঞ্চলে প্রায় ইলেকট্রন ঘনত্ব শূন্য সিগমা স্টার (σ^*) অ্যান্টিবন্ডিং MO সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রন ঘনত্ব শূন্য উভয় নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী অঞ্চলকে অ্যান্টি বন্ডিং অরবিটালের নোড (node) অঞ্চল বলে।

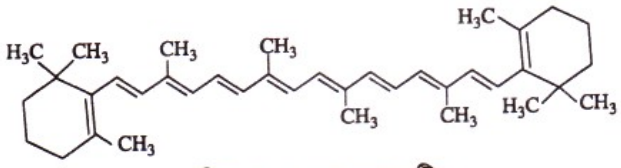


চিত্র ৩.১৮ : ইলেকট্রনের তরঙ্গ সংযোজন ও বিয়োজন দ্বারা H_2 অণুতে বন্ডিং MO, σ_{1s} এবং অ্যান্টি বন্ডিং MO, σ^*_{1s}

যৌগের σ বন্ধন UV-Vis বর্ণালি দেয় না; কারণ UV-Vis বর্ণালির পরিসর 200 nm –780 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য (λ) এর মধ্যে ঘটে এবং এর শোষণ শক্তি 586 –570 kJ/mol এর মধ্যে থাকে। কিন্তু সিগমা (σ) বন্ধন ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস কর্তৃক অধিকতর আকৃষ্ট থাকে। তাই σ- বন্ধন ইলেকট্রন এ পরিসরের তরঙ্গ শক্তি দ্বারা উদ্দীপিত হতে পারে না। σ-বন্ধনের ইলেকট্রনকে উদ্দীপিত করতে শক্তি তরঙ্গের দৈর্ঘ্য (λ) এর মান 200 nm-এর কম হতে হয়।

UV–Vis বর্ণালি সৃষ্টির শর্ত : জৈব যৌগে একান্তর দ্বিবন্ধন ও একক বন্ধন থাকলে অর্থাৎ কনজুগেটেড পলি-ইন যৌগে দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্য-রশ্মি সর্বাধিক শোষিত হয়। ফলে দৃশ্যমান আলোর পরিসরে এ শোষণ ঘটে। তাই অনেক জৈব যৌগ বর্ণযুক্ত দেখায়। জৈব যৌগের অণুস্থিত যে সব π-বন্ধন যুক্ত কার্যকরীমূলক দৃশ্যমান আলোর পরিসরের শক্তি-তরঙ্গ শোষণ করে এবং যৌগকে বর্ণযুক্ত দেখায়, এদেরকে **ক্রোমোফোর** (chromophore) বলে। যেমন নাইট্রোমূলক,

$\left(\begin{matrix} + \\ -N=O \\ \downarrow \\ O^- \end{matrix}\right)$ নাইট্রোসোমূলক (–N=O), অ্যাজোমূলক (–N=N–) যুক্ত জৈব যৌগ বর্ণযুক্ত হয়। বেনজিনের বেলায় সর্বাধিক শোষণ তরঙ্গ λ_{max} = 255 nm এবং এটি UV-রশ্মির পরিসরে হওয়ায়, বেনজিন বর্ণহীন কিন্তু কনজুগেটেড বন্ধনযুক্ত β-ক্যারোটিন (গাজরে থাকা ভিটামিন-A এর উৎস) এর বেলায় λ_{max} = 451nm এবং এটি দৃশ্যমান আলোর পরিসরে হওয়ায় গাজর কমলা বর্ণ হয়।



চিত্র-৩.১৯ : β ক্যারোটিন।

MCQ-3.23 : বিয়ার ল্যাম্বার্ট সূত্রের প্রয়োগ হলো—
(i) দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয় (ii) অণুর আকৃতি জানা
(iii) জৈব যৌগের গঠন নির্ণয়
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৩.১৮ উচ্চ দক্ষতাসম্পন্ন তরল ক্রোমাটোগ্রাফি
High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

উচ্চ দক্ষতাসম্পন্ন তরল ক্রোমাটোগ্রাফি বা HPLC হলো কলাম ক্রোমাটোগ্রাফির একটি অত্যাধুনিক বহুল ব্যবহৃত বিশ্লেষণ পদ্ধতি। বর্তমানে HPLC পদ্ধতিটি বিশ্লেষণীয় রসায়নে ও বায়োকেমিস্ট্রিতে একাধিক যৌগের মিশ্রণের উপাদান যৌগের পৃথকীকরণ, বিশুদ্ধিকরণ, শনাক্তকরণ ও পরিমাণ নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।

HPLC এর বৈশিষ্ট্য :

(১) HPLC-এর বেলায় 'সক্রিয় শোষক কলামটি' সূক্ষ্ম কণাবস্তু যেমন 2–50 মাইক্রোমিটার (μm) সাইজের সিলিকা বা পলিমার বস্তু (আয়ন বিনিময় রেজিন) দ্বারা তৈরি করা হয়।

(২) কলামটির ব্যাস 2.1–4.6mm এর এবং কলামের দৈর্ঘ্য 30–250 mm হয়।

(৩) সাধারণ কলাম-তরল ক্রোমাটোগ্রাফির সচল মাধ্যম তরলটি মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে ধীরে চলে। কিন্তু HPLC এর বেলায় উচ্চ চাপ যেমন 50–350 bar চাপে সচল মাধ্যম অধিক সচল থাকে।

(৪) তরল দ্রাবকরূপে বিশুদ্ধ পানি ও মিথানল অথবা অ্যাসিটোনাইট্রাইল-এর মিশ্রণ ব্যবহৃত হয় [চিত্র-৩.২০]।

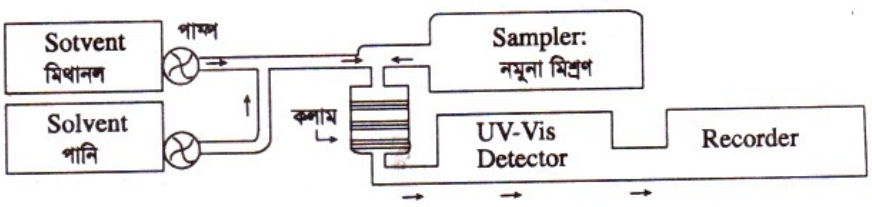
এ অবস্থায় নমুনা মিশ্রণের উপাদান **যৌগসমূহের কার্যকর পৃথকীকরণ নির্ভর করে :**

(১) স্থির মাধ্যমের সূক্ষ্ম কণা বস্তু দ্বারা উপাদান যৌগের বিভিন্ন শোষণ মাত্রা এবং

(২) বিপরীতভাবে ঐ উপাদান যৌগের সচল মাধ্যমে দ্রাব্যতার ওপর।

(৩) সচল মাধ্যমের সংযুক্তি ও তাপমাত্রার ওপর স্থির মাধ্যমে শোষিত যৌগের দ্রাব্যতা নির্ভর করে।

(৪) উপাদান যৌগের সাথে স্থির মাধ্যম এবং সচল মাধ্যমের আকর্ষণ বা বিকর্ষণ নির্ভর করে ডাইপোল-ডাইপোল, আয়নিক-ডাইপোল অথবা হাইড্রোফোবিক ভৌত বৈশিষ্ট্যের ওপর।



চিত্র ৩.২০ : উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন তরল ক্রোমাটোগ্রাফি (LPLC)।

HPLC-এর যান্ত্রিক বিন্যাস মতে (১) সচল মাধ্যমের (solvent-এর) একাধিক পাম্প (pumps), (২) নমুনা মিশ্রণের পাত্র (sampler), (৩) স্থির মাধ্যম কলাম (column) ও (৪) ডিটেক্টর (detector) থাকে। একাধিক pump উৎস থেকে 'নির্দিষ্ট সংযুক্তির দ্রাবকের সচল মাধ্যম নির্দিষ্ট চাপে যখন 'স্থির মাধ্যম কলামের' প্রবেশ মুখে আসে, তখন 'sampler' থেকে নমুনা যৌগের মিশ্রণটিকে সচল মাধ্যমে 'স্প্রে' (spray) করা হয়। নমুনা মিশ্রণ নিয়ে সচল মাধ্যমটি স্থির মাধ্যম কলামে প্রবেশ করে। তখন কলামের উপাদানে নমুনা মিশ্রণের যৌগসমূহের শোষণ-মাত্রার ভিন্নতা এবং সচল মাধ্যম-মিশ্র দ্রাবকের উপাদানে এদের দ্রাব্যতা অনুসারে কলামে পৃথক স্তরে বিভক্ত হয়ে যৌগসমূহ কলাম থেকে নির্গত হয়। তখন UV-Vis ডিটেক্টরে বিয়ার-ল্যাম্পার্ট সূত্র মতে নির্গত যৌগের শনাক্তকরণ ও পরিমাণ রেকর্ড হয়ে থাকে।

৩.১৯ গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি
Gas Chromatography (GC)

গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি ও কলাম ক্রোমাটোগ্রাফির সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য : গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির অপর নাম গ্যাস-তরল পার্টিশন (Partition) ক্রোমাটোগ্রাফি (GLPC)। গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির মূলনীতি কলাম ক্রোমাটোগ্রাফির অথবা HPLC এর অনুরূপ। তবে গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির **গঠনগত পার্থক্য হলো :**

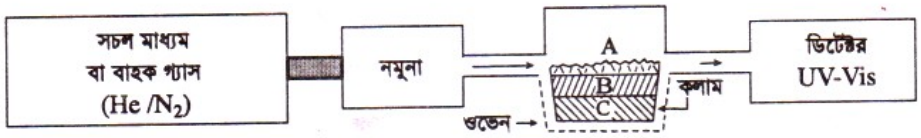
(১) এক্ষেত্রে স্থির মাধ্যম হলো তরল পদার্থ এবং সচল মাধ্যম হলো নিষ্ক্রিয় হিলিয়াম অথবা ক্রিয়াহীন N_2 গ্যাস।

(২) এছাড়া সচল গ্যাস মাধ্যমকে উত্তপ্ত রাখার জন্য স্থির মাধ্যম-এর কলামটিকে ওভেন (oven) এর মধ্যে রাখা হয়; যা কলাম ক্রোমাটোগ্রাফিতে থাকে না। পরীক্ষাধীন যৌগসমূহের নমুনা মিশ্রণটিকে অবিযোজিত ও বাষ্পীয় অবস্থায় বাহক গ্যাস বা সচল মাধ্যমসহ স্থির মাধ্যমের কলামে চালনা করা হয়।

(৩) তৃতীয়ত গ্যাসীয় যৌগের ঘনমাত্রার সাথে এটির আংশিক চাপের সম্পর্ক আছে।

(৪) যৌগের পৃথকীকরণ এদের স্ফুটনাঙ্কের (বা বাষ্পীয় চাপের) পার্থক্যের ওপর নির্ভর করে বলে গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি আংশিক পাতনের সমতুল্য।

গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির মূলনীতির ব্যাখ্যা করার জন্য কলামটির গঠন এবং বিভিন্ন অংশকে নিচের চিত্রে দেখানো হলো:



চিত্র ৩.২১ : গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফির প্রবাহ চিত্র।

কলামটি গ্লাস অথবা ধাতুর টিউবের ভেতর দেওয়ালে (Walls) ক্রিয়াহীন কঠিন পদার্থের সূক্ষ্ম কণার আস্তরণে (C) ধারণকৃত অনুদ্বায়ী তরল পদার্থের পাতলা স্তর (B) স্থির মাধ্যমরূপে থাকে। আস্তরণ কণাসমূহের ফাঁকে ফাঁকে বিদ্যমান স্থানগুলোকে A স্তররূপে ওপরের কলামে দেখানো হলো। বাহক গ্যাসসহ নমুনা মিশ্রণের যৌগসমূহ কলামের ভেতর যখন স্থির তরল মাধ্যমের সংস্পর্শে আসে তখন মিশ্রণের উপাদান যৌগসমূহ এদের দ্রাব্যতা অনুসারে স্থির মাধ্যমে দ্রবীভূত হয়ে নিম্নরূপে বাহক গ্যাস বা সচল মাধ্যমের সাথে সাম্যাবস্থা সৃষ্টির প্রাথমিক অবস্থায় থাকে। যেমন,

বাহক গ্যাস বা সচল মাধ্যমে উপাদান যৌগসমূহ $\rightleftharpoons$ স্থির মাধ্যমে উপাদান যৌগসমূহ। এরূপ অনেকগুলো আংশিক সাম্যাবস্থায় ($\rightleftharpoons$) এবং পরে স্থির মাধ্যম ও সচল মাধ্যমে উপাদান যৌগসমূহ পূর্ণ সাম্যাবস্থায় থাকে। যেমন–

বাহক গ্যাসে উপাদান যৌগসমূহ স্থির মাধ্যমে উপাদান যৌগসমূহ

পরে প্রত্যেক উপাদান যৌগ বিভাজন সহগের (retention time) ওপর ভিত্তি করে ভিন্ন ভিন্ন গতিবেগে কলাম থেকে নির্গত হয়।

উপাদান যৌগের গতিবেগ = বাহক গ্যাসের গতিবেগ × মোট সময়ের যত অংশ উপাদান যৌগ সচল মাধ্যমে ছিল। যেই উপাদান যৌগ স্থির মাধ্যমে কম আকৃষ্ট হয়, সেটির গতিবেগ বেশি হয় এবং বাহক গ্যাসের সাথে কলাম থেকে প্রথমে নির্গত হয়। তখন কলামের প্রান্তে স্বয়ংক্রিয় ডিটেক্টর (UV-Vis) যৌগের শনাক্তকরণ সংকেত দেয় এবং সংকেতের তীক্ষ্ণতা অনুসারে যৌগের পরিমাণ ঘনমাত্রা জানা যায়।

এ অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulation)

*** মোলার আয়তন :** গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভরকে এক মোল গ্যাস বলা হয়। এক মোল গ্যাস প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে যে আয়তন লাভ করে একে গ্যাসটির মোলার আয়তন বলে। STP তে যেকোনো গ্যাসের মোলার আয়তন 22.414L হয়। 20°C ও 1atm চাপে 24.04 L এবং SATP বা 25°C (1atm) অবস্থায় 24.789L ধরা হয়।

লিমিটিং বিক্রিয়ক : বাস্তবে কোনো বিক্রিয়ায় দুটি বিক্রিয়কের মধ্যে সঠিক মোলার অনুপাতে খুব কম ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। প্রায় ক্ষেত্রে কোনো একটি বিক্রিয়ক কম বা বেশি মিশানো থাকে। যেটি কম পরিমাণ মিশানো থাকে, ঐ বিক্রিয়কের পরিমাণের ওপর মোট উৎপাদ উৎপন্ন হয় এবং সেটিকে লিমিটিং বিক্রিয়ক বলে।

মোলারিটি : স্থির তাপমাত্রায় প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের মোল সংখ্যাকে মোলারিটি বলে।

প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : যে সব পদার্থ বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়, বাতাসের সংস্পর্শে বাতাসের জলীয় বাষ্প বা কোনো উপাদানের সাথে বিক্রিয়া করে না, ওজনকালে রাসায়নিক নিক্তির ক্ষয় করে না এবং উৎপন্ন দ্রবের ঘনমাত্রা দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকে, সেসব পদার্থকে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলে। যেমন Na_2CO_3, $K_2Cr_2O_7$।

সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ : প্রাইমারি পদার্থের চারটি বৈশিষ্ট্যের মধ্যে কোনো বৈশিষ্ট্যের অভাব ঘটলে সে সব রাসায়নিক পদার্থকে সেকেন্ডারি পদার্থ বলে। যেমন, গাঢ় H_2SO_4, NaOH ট্যাবলেট, $KMnO_4$।

প্রমাণ দ্রবণ : যে দ্রবণের সঠিক ঘনমাত্রা জানা থাকে, একে প্রমাণ দ্রবণ বলে। প্রমাণ দ্রবণ তৈরিতে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ ব্যবহৃত হয়। যেমন, 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ।

শতকরা ভর : প্রতি 100 ভাগ ভরের দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের ভরের পরিমাণ। অর্থাৎ

$$\text{দ্রবের শতকরা ভর} = \frac{\text{দ্রবের ভর} \times 100}{(\text{দ্রবের ভর} + \text{দ্রাবকের ভর})}$$

ppm ঘনমাত্রা : এর পুরো নাম Parts per Million. ppm এককে দ্রবের পরিমাণকে দ্রবণে বা মিশ্রণে দশ লক্ষ (10^6) এর অংশরূপে প্রকাশ করা হয়।

মোল ভগ্নাংশ : দ্রবের মোল ভগ্নাংশ হলো দ্রবণে থাকা দ্রবের মোল সংখ্যা ও দ্রবণের উপাদানদ্বয়ের মোট মোল সংখ্যার অনুপাত। দ্রাবকের মোল সংখ্যা ও দ্রবণের মোট মোল সংখ্যার অনুপাত হলো দ্রাবকের মোল ভগ্নাংশ।

প্রশমন বিক্রিয়া : তুল্য পরিমাণ এসিড ও তুল্য পরিমাণ ক্ষারের বিক্রিয়ায় নিরপেক্ষ বস্তু লবণ ও পানি উৎপন্ন হয় এবং এসিড ও ক্ষারের ধর্ম পরস্পর বিক্রিয়ায় বিনষ্ট হয়। এরূপ বিক্রিয়াকে এসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া বলে।

রিডক্স বিক্রিয়া : যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের মধ্যে ইলেকট্রন আদান প্রদান ঘটে, একে রিডক্স বিক্রিয়া বলে।

দর্শক আয়ন : রিডক্স বিক্রিয়ায় যে সব আয়নের জারণ সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে, এদেরকে দর্শক আয়ন বলে।

নির্দেশক : যেসব জৈব যৌগ এসিড ও ক্ষার মাধ্যমে ভিন্ন বর্ণ সৃষ্টি করে, এদেরকে এসিড-ক্ষার নির্দেশক বলে।

টাইট্রেশন : কোনো বিক্রিয়কের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা অপর বিক্রিয়কের দ্রবণের ঘনমাত্রা ও পরিমাণ নির্ণয়ের যান্ত্রিক পদ্ধতিকে টাইট্রেশন বলে।

ক্রোমাটোগ্রাফি: যে পদ্ধতিতে জৈব যৌগের দুই বা ততোধিক উপাদানের কোনো মিশ্রণকে একটি স্থির মাধ্যমে রেখে এবং অপর একটি সচল মাধ্যমকে উক্ত স্থির মাধ্যমের সংস্পর্শে প্রবাহিত করে মিশ্রণের উপাদানগুলোর অধিশোষণ মাত্রার ওপর ভিত্তি করে এদেরকে বিভিন্ন স্তরে পৃথক করার পদ্ধতিকে ক্রোমাটোগ্রাফি বলা হয়।

অনুশীলনী–৩

তৃতীয় অধ্যায় :পরিমাণগত রসায়ন

(ক) জ্ঞান স্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে)

(১) উৎপাদ গ্যাস সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি

১। গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্র কী?
২। মোল কী?
৩। গ্যাসের মোলার আয়তন কী?
৪। STP তে মোলার আয়তন কত?
৫। 20°C-এ মোলার আয়তন কত?
৬। SATP-এ মোলার আয়তন কত?
৭। গ্যাসের মোল সংখ্যা বের করতে কোন্ সমীকরণ ব্যবহৃত হয়?
৮। লিমিটিং বিক্রিয়ক কী?

(২) দ্রবণের ঘনমাত্রা সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। মোলারিটি কী?
২। মোলার দ্রবণ কাকে বলে?
৩। মোলার দ্রবণের একক কী?
৪। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? [দি. বো. '১৬; কু. বো. '১৬; ঢা. বো. '১৫]
৫। সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী?
৬। ঘনমাত্রার শতকরা ভর% (w/w) কী?
৭। 5% (w/v) HCl দ্রবণ কী?
৮। ডেসিমোলার দ্রবণ কী?
৯। সেমি মোলার দ্রবণ কী?
১০। ঘনমাত্রার ppm পদ্ধতি কী? [রা. বো. '১৬]
১১। ঘনমাত্রার ppb পদ্ধতি কী?
১২। মোল ভগ্নাংশ কী? [রা. বো. '১৬]
১৩। দ্রবণের শতকরা মোল ভগ্নাংশ কী?
১৪। প্রমাণ দ্রবণ কী? [সি. বো. '১৬]
১৫। দ্রবণের লঘুকরণ কী?

(৩) এসিড ক্ষারক প্রশমন সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। প্রশমন বিক্রিয়া কী?
২। প্রশমন বিক্রিয়ার আয়নিক সমীকরণ লেখ।
৩। প্রশমন বিন্দু কী?
৪। দর্শক আয়ন কী? [সি. বো. '১৬]
৫। নির্দেশক কী? [চ. বো. '১৬]
৬। টাইট্র্যান্ট বা টাইটার কী?
৭। টাইট্র্যান্ড কী?
৮। মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ কী?
৯। গৌণ প্রমাণ দ্রবণ কী?
১০। সবল এসিড কী?
১১। দুর্বল এসিড কী?
১২। সবল ক্ষার কী?
১৩। দুর্বল ক্ষার কী?
১৪। HCl ও NaOH দ্রবণের টাইট্রেশন প্রশমন বিন্দুতে pH কত?
১৫। CH_3COOH ও NaOH দ্রবণের টাইট্রেশন প্রশমন বিন্দুতে pH কত?
১৬। HCl ও NH_4OH দ্রবণের টাইট্রেশনে প্রশমন বিন্দুতে pH কত?
১৭। মিথাইল অরেঞ্জ-এর বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসর কত?
১৮। ফেনলফথ্যালিন-এর বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসর কত?

(৪) জারণ-বিজারণ সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। জারক কী?
২। বিজারক কী?
৩। জারণ সংখ্যা কী?
৪। জারণ অর্ধবিক্রিয়া কী?
৫। বিজারণ অর্ধবিক্রয়া কী?
৬। $K_4[Fe(CN)_6]$ যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা কত?
৭। Fe_3O_4 এ Fe এর জারণ সংখ্যা কত?
৮। CH_2Cl_2 যৌগে C এর জারণ সংখ্যা কত?

(৫) বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্র সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। ল্যাম্বার্টের সূত্রটি লেখ।
২। বিয়ারের সূত্রটি কী?
৩। বিয়ার ল্যাম্বার্টের সমীকরণটি লেখ।
৪। বিশোষণ মাত্রা বা অ্যাবজরব্যান্স কী?
৫। ট্রান্সমিটেন্স কী?
৬। মোলার অ্যাবজর্পটিভিটি বা মোলার শোষণ সহগ কী?
৭। একবর্ণী আলো কী?
৮। UV-Vis বর্ণালি কোন শ্রেণির যৌগের বেলায় সৃষ্টি হয়?
৯। ইলেকট্রনিক বর্ণালি কী?
১০। ক্রোমোফোর কী?

১১। HPLC এর পুরো নাম কী?
১২। HPCL কলামের ব্যাস ও দৈর্ঘ্য কত?
১৩। HPLC কলামের সূক্ষ্ম কণার সাইজ কত?
১৪। GC এর সচল মাধ্যম কী?
১৫। বিয়ার ল্যাম্বার্টের সূত্র কোন্ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়?

(খ) অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে)

(১) রাসায়নিক সমীকরণভিত্তিক গণনা :

১। রাসায়নিক সমীকরণ থেকে উৎপাদ গ্যাসের আয়তন কীভাবে নির্ণয় করা হয়?
২। 450g Fe ও 150g স্টিম থেকে উৎপন্ন H_2-এর পরিমাণ গ্রাম এককে ও 20°C-এ লিটার এককে গণনা কর।

(২) দ্রবণের ঘনমাত্রাভিত্তিক প্রশ্নাবলি :

১। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।
২। $KMnO_4$ কে প্রাইমারি ষ্টাণ্ডার্ড পদার্থ বলা হয় না কেন?
৩। গাঢ় H_2SO_4 প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ নয়; ব্যাখ্যা কর।
৪। সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।
৫। $K_2Cr_2O_7$ প্রাইমারি না সেকেন্ডারি পদার্থ তা ব্যাখ্যা কর।
৬। 500mL 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরিতে কত গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন?
৭। 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ; ব্যাখ্যা কর।
৮। মোলার দ্রবণ হলো একটি প্রমাণ দ্রবণ, ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৬; ব. বো. '১৫]
৯। মোলার দ্রবণের ঘনমাত্রা তাপমাত্রা নির্ভরশীল; ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৬]
১০। দ্রবণের মোলারিটিকে শতকরা হারে রূপান্তরের সমীকরণ বের কর।
১১। দ্রবণের মোলারিটিকে ppm এককে রূপান্তরের সমীকরণ বের কর।
১২। 12M HCl থেকে 500mL 0.1M HCl দ্রবণ কিরূপে তৈরি করবে?
১৩। 0.15M HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। [ব. বো. ২০১৬]

(৩) এসিড-ক্ষার প্রশমনভিত্তিক প্রশ্নাবলি :

১। কস্টিক সোডা ও H_2SO_3 এর প্রশমন বিক্রিয়ার গণনাভিত্তিক সংশ্লিষ্ট সমীকরণটি বের কর।
২। কোনো পদার্থকে নির্দেশরূপে ব্যবহারের শর্ত কী?

(৪) জারণ-বিজারণভিত্তিক প্রশ্নাবলি :

১। জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে পার্থক্য কী?
২। $K_2Cr_2O_7$ একটি জারক পদার্থ, ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৬
৩। $KMnO_4$ একটি জারক; ব্যাখ্যা কর। [ঢা. বো. ২০১৫]
৪। অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে $FeSO_4$ ও $K_2Cr_2O_7$ এর রিডক্স বিক্রিয়া লেখ।
৫। অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে KI ও $K_2Cr_2O_7$-এর রিডক্স বিক্রিয়া লেখ।
৬। অর্ধ বিক্রিয়ার সাহায্যে অক্সালিক এসিড ও $KMnO_4$ এর রিডক্স বিক্রিয়া লেখ।
৭। অর্থ বিক্রিয়ার সাহায্যে $Na_2S_2O_3$ আয়োডিনের রিডক্স বিক্রিয়া লেখ।
৮। রিডক্স টাইট্রেশনে $KMnO_4$ দ্রবণ জারকরূপে ব্যবহারে সুবিধা কী? ব্যাখ্যা কর।
৯। $K_2Cr_2O_7$ যৌগে Cr এর জারণ-সংখ্যা নির্ণয় কর। [ঢা. বো. '১৬]
১০। $Na_2S_2O_3$ যৌগে S এর জারণ-সংখ্যা নির্ণয় কর। [ব. বো. '১৬]
১১। $HClO_4$ যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ-সংখ্যা বের কর। [রা. বো. '১৬]
১২। $Na_2S_4O_6$ যৌগে S এর জারণ-সংখ্যা গণনা কর।

(৫) বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সমীকরণভিত্তিক প্রশ্নাবলি :

১। বিয়ার-ল্যাম্বার্টের সমীকরণটি লেখ ও প্রত্যেক পদের পরিচয় দাও। [য. বো. '১৫]
২। বিয়ার-ল্যাম্বার্টের সমীকরণের প্রয়োগসমূহ লেখ।
৩। পারমাণবিক শোষণ বর্ণালির মূলনীতি লেখ।
৪। সিগমা (σ) বন্ধন UV-Vis বর্ণালি সৃষ্টি করে না কেন?
৫। HPLC এর বৈশিষ্ট্য কী?
৬। G. C. ও HPLC এর মধ্যে পার্থক্যসমূহ কী কী?

গ-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

❐ **সাধারণ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (Simple MCQ) :**

১। 10% Na_2CO_3 দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা হবে—
(ক) 0.9434 mol kg^{-1} (খ) 0.9434 M (গ) 0.9434 $molL^{-2}$ (ঘ) 9.4340 $molL^{-1}$

২। $K_4[Fe(CN)_6]$ জটিল যৌগে Fe এর জারণ সংখ্যা কত?
(ক) + 2 (খ) + 3 (গ) + 4 (ঘ) + 6

৩। নিচের কোনটির বেলায় সচল মাধ্যমরূপে হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়?
(ক) TLC (খ) HPLC (গ) GLPC (ঘ) CC

৪। 500 mL 0.5 M কস্টিক সোডা দ্রবণ থেকে কত mL ডেসি মোলার দ্রবণ তৈরি করা যাবে?
(ক) 2,500 mL (খ) 2000 mL (গ) 5000 mL (ঘ) 1350

৫। 1mL 1.0M অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা কত গ্রাম Fe^{2+} আয়ন জারিত হবে?
(ক) 33.5×10^{-2}g (খ) 33.0g (গ) 3.35×10^{3}g (ঘ) 5.55g

৬। 0.01M Na_2CO_3 এর জলীয় দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) 10.6 ppm (খ) 1.06×10^3 ppm (গ) 10.6×10^3 ppm (ঘ) 10.06×10^4 ppm

৭। 5% Na_2CO_3 দ্রবণের মোলারিটি কত? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) 0.74M (খ) 0.47M (গ) 0.89 M (ঘ) 0.98M

৮। ইথানয়িক এসিড ও NaOH এর টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) মিথাইল রেড (খ) মিথাইল অরেঞ্জ (গ) ফেনলফথ্যালিন (ঘ) মিথাইল ইয়েলো

৯। স্পেকট্রোমিটারে 1 cm দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট সেলে একটি দ্রবণ রেখে এর বিশোষণ 0.156 পাওয়া গেল। দ্রবের মোলার শোষণ সহগ 1.2×10^4 হলে দ্রবণটির ঘনমাত্রা কোন্‌টি হবে?
(ক) 1.35×10^{-5}M (খ) 1.3×10^{-4}M (গ) 1.2×10^{-4} (M) (ঘ) 1.3×10^{-15} $molL^{-1}$

১০। 0.1M সমআয়তনের NaOH এবং H_2SO_4 দ্রবণের প্রকৃতি কী হবে? [ঢা. বো. '১৬]
(ক) উভধর্মী (খ) নিরপেক্ষ (গ) অম্লীয় (ঘ) ক্ষারীয়

১১। $LiAlH_4$ যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ মান কত? [ঢা. বো. '১৬]
(ক) +1 (খ) –1 (গ) + 2 (ঘ) + 3

১২। 1.032 g O_2 ও 0.573g CO_2 মিশ্রণের CO_2 এর মোল ভগ্নাংশ কত?
(ক) 0.713 (খ) 0.8323 (গ) 0.287 (ঘ) 0.1677

১৩। 3×10^{-4}M Cu^{2+} দ্রবণ = কত ppm? [ঢা. বো. '১৬]
(ক) 19.05 (খ) 0.01905 (গ) 3×10^{-7} (ঘ) 0.30

১৪। মোলার শোষণ সহগ এর একক কোনটি? [ঢা. বো. '১৬]
(ক) $L\ mol^{-1}cm^{-1}$ (খ) $molL^{-1}cm^{-1}$ (গ) $L\ mol^{-1}m^{-1}$ (ঘ) $L\ mol\ cm^{-1}$

১৫। কোনটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া? [ঢা. বো. '১৬]
(ক) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ (খ) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 2H_2O + 3S$
(গ) $HF + KOH \rightarrow KF + H_2O$ (ঘ) $NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl$

১৬। কোনটি জারক ও বিজারক উভয়রূপে কাজ করে? [ঢা. বো. '১৬]
(ক) KI (খ) $H_2C_2O_4$ (গ) $Na_2S_2O_3$ (ঘ) H_2O_2

১৭। মৃদু এসিড ও সবল ক্ষারের টাইট্রেশনে ব্যবহৃত নির্দেশক- [রা. বো. '১৬]
(ক) লিটমাস (খ) ফেনলফথ্যালিন (গ) মিথাইল অরেঞ্জ (ঘ) মিথাইল রেড

১৮। প্রমাণ দ্রবণ কোনটি? [রা. বো. '১৬]
(ক) $1.0M\ Na_2CO_3$ (খ) $1.0g\ H_2SO_4$ (গ) $1.0mL\ H_2SO_4$ (ঘ) $1.0\ mol\ H_2SO_4$

১৯। দ্রবণের মোলারিটি কোনটি? [রা. বো. '১৬]
(ক) $\frac{N}{V}$ (খ) mol/kg (গ) g/L (ঘ) mol/L

২০। $S_4O_6^{2-}$ আয়নে S-এর জারণ মান হলো— [রা. বো. '১৬]
(ক) + 2.0 (খ) + 2.5 (গ) + 3.0 (ঘ) + 3.5

২১। $0.212g\ Na_2CO_3$-এর 20mL দ্রবণের শক্তিমাত্রা কত হবে? [রা. বো. '১৬]
(ক) 1.0M (খ) 0.01M (গ) 0.001M (ঘ) 0.1M

২২। কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ? [রা. বো. '১৬; য. বো. '১৬; সি. বো. '১৬]
(ক) HCl (খ) H_2SO_4 (গ) $K_2Cr_2O_7$ (ঘ) $KMnO_4$

২৩। মৃদু এসিডকে তীব্র ক্ষার দ্বারা টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত নির্দেশকটি হলো- [কু. বো. '১৬]
(ক) ফেনলফথ্যালিন (খ) মিথাইল অরেঞ্জ (গ) থাইমল ব্লু (ঘ) মিথাইল রেড

২৪। $0.25M\ H_2SO_4$ এর ঘনমাত্রা ppm এককে কত হবে? [কু. বো. '১৬]
(ক) 24300 (খ) 24400 (গ) 24500 (ঘ) 24600

২৫। নিচের কোন আয়নটি জারক ও বিজারক উভয় হিসাবে কাজ করে? [কু. বো. '১৬]
(ক) Na^+ (খ) Fe^{2+} (গ) Al^{3+} (ঘ) Sn^{4+}

২৬। $10g\ FeSO_4$ কে জারিত করতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট লাগবে?
(ক) 3.22g (খ) 3.87 g (গ) 4.12g (ঘ) 6.44g

২৭। অম্লীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বিক্রিয়াকালে কেন্দ্রীয় পরমাণু কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে? [কু. বো. '১৬]
(ক) 2 (খ) 3 (গ) 4 (ঘ) 5

২৮। STP-তে 22.4L অক্সিজেন প্রস্তুত করতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন? [চ. বো. '১৬]
(ক) 56.23g (খ) 57.16g (গ) 60.16g (ঘ) 81.73g

২৯। $250\ cc\ 0.1\ M\ H_2SO_4$ দ্রবণে কত গ্রাম H_2SO_4 বিদ্যমান? [চ. বো. '১৬]
(ক) 2.45g (খ) 2.98g (গ) 4.52g (ঘ) 5.42g

৩০। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট (Cr) এর জারণ সংখ্যা কোনটি? [চ. বো. '১৬]
(ক) 6 – (খ) 3 + (গ) 12 + (ঘ) 6 +

৩১। ক্ষারীয় মাধ্যমে $KMnO_4$ কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে? [সি. বো. '১৬]
(ক) 3টি (খ) 4টি (গ) 5টি (ঘ) 8টি

৩২। বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্র কোন মোলার দ্রবণের ক্ষেত্রে অধিক প্রযোজ্য? [সি. বো. '১৬]
(ক) 0.01 (খ) 0.1 (গ) 0.5 (ঘ) 1.0

৩৩। $SnCl_2 + 2HgCl_2 = SnCl_4 + 2HgCl$. বিক্রিয়ায় কোনটি জারিত হয়? [সি. বো. '১৬]
(ক) Sn^{2+} (খ) Hg^{2+} (গ) Cl^- (ঘ) Sn^{4+}

৩৪। এক মিলি মোল H_2SO_4 = কত? [সি. বো. '১৬]
(ক) 98g (খ) 9.8g (গ) 0.98g (ঘ) 0.098g

৩৫। অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দুতে ফেনলফথ্যালিনের বর্ণ পরিবর্তনের সীমা কত? [সি. বো. '১৬]
(ক) 3.1–5.6 (খ) 5.8–7.5 (গ) 8.3 – 10 (ঘ) 8.5 – 12

৩৬। অম্লীয় মাধ্যমে $KMnO_4$ কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে? [সি. বো. '১৬]
(ক) 3টি (খ) 4টি (গ) 5টি (ঘ) 6টি

৩৭। 0.1 M Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে কত? [ব. বো. '১৬]
(ক) 106 (খ) 1060 (গ) 5300 (ঘ) 10600

৩৮। মিথাইল অরেঞ্জের বর্ণ পরিবর্তনের pH পরিসর— [ব. বো. '১৬]
(ক) 3 – 5 (খ) 6 – 8 (গ) 8 – 10 (ঘ) 10 – 12

৩৯। HPLC এর পূর্ণরূপ কোনটি? [ব. বো. '১৬]
(ক) High Pressure Liquid Chromatography
(খ) High Performance Liquid Chromatography
(গ) High Power Liquid Chromatography
(ঘ) High Plant Liquid Chromatograph

৪০। নিচের কোনটি প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ? [ব. বো. '১৬]
(ক) Na_2CO_3 (খ) $Na_2S_2O_3$ (গ) H_2SO_4 (ঘ) $KMnO_4$

৪১। K_2MnO_4 যৌগে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা কত? [ব. বো. '১৬]
(ক) + 7 (খ) + 6 (গ) + 5 (ঘ) + 4

৪২। একটি পানির নমুনায় দ্রবীভূত O_2 এর ঘনমাত্রা 2.0×10^{-4}M হলে ppm এককে এর মান কত? [দি. বো. '১৬]
(ক) 2.0 (খ) 2.5 (গ) 4.4 (ঘ) 6.4

৪৩। STP তে 65g O_3 গ্যাসের আয়তন কত? [দি. বো. '১৬]
(ক) 22.4L (খ) 44.8L (গ) 67.2L (ঘ) 89.6L

৪৪। 50g $CaCO_3$ এর তাপীয় বিযোজনে উৎপন্ন CO_2 এর ভর কত গ্রাম? [দি. বো. '১৬]
(ক) 11 (খ) 22 (গ) 44 (ঘ) 88

৪৫। HPLC তে সচল মাধ্যম হিসেবে কী ব্যবহৃত হয়? [দি. বো. '১৬]
(ক) N_2 গ্যাস (খ) মিথানল ও পানি (গ) অ্যালুমিনাজেল (ঘ) সিলিকাজেল

৪৬। $K_2Cr_2O_7 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$ বিক্রিয়াটিতে জারক ও বিজারকের মোলসংখ্যার অনুপাত কোনটি? [দি. বো. '১৬]
(ক) 1 ঃ 6 (খ) 6 ঃ 1 (গ) 7 ঃ 1 (ঘ) 7 ঃ 6

৪৭। 100mL 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণের জন্য কতটুকু Na_2CO_3 প্রয়োজন?
(ক) 1.06g (খ) 1.22g (গ) 1.57g (ঘ) 1.84g

৪৮। $A = \varepsilon Cl$ মতে নিচের কোনটি সঠিক? [য. বো. '১৬]
(ক) A = শোষণাঙ্ক (খ) ε = দ্রবণের ঘনমাত্রা (গ) 1 = সেলের পুরুত্ব (ঘ) C = শোষণ

৪৯। ইথানয়িক এসিড ও সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড-এর অনুমাপনে উপযুক্ত নির্দেশ কোনটি? [ঢা. বো. '১৫]
(ক) মিথাইল রেড (খ) মিথাইল অরেঞ্জ (গ) ফেনলফথ্যালিন (ঘ) মিথাইল ইয়েলো

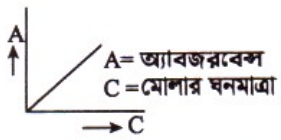
৫০। কোনটি লুইস অম্ল? [ঢা. বো. '১৫]
(ক) $AlCl_3$ (খ) NH_3 (গ) H_2O (ঘ) CH_3OH

৫১। সিচের কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ? [ঢা. বো. '১৫; চ. বো. '১৫]
(ক) সোডিয়াম অক্সালেট (খ) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট
(গ) অক্সালিক এসিড (ঘ) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড

৫২। 1 ppm = কত? [রা. বো. '১৫]
(ক) 1mg/L (খ) 1 mg/mL (গ) 1μg/L (ঘ) 100 μg/L

৫৩। অম্লীয় $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা Fe^{2+} আয়ন কী হিসাবে কাজ করে? [রা. বো. '১৫]
(ক) নির্দেশক (খ) দর্শক আয়ন (গ) জারক (ঘ) বিজারক

৫৪। নিচের লেখচিত্রটি কোন সূত্রকে সমর্থন করে? [রা. বো. '১৫]



(ক) বয়েলের সূত্র (খ) চার্লসের সূত্র (গ) বিয়ার-ল্যাম্বার্টের সূত্র (ঘ) ফ্যারাডের সূত্র

৫৫। M, N, P ও Q ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব হলো যথাক্রমে –2.92, –1.66, + 0.80 এবং + 1.36। কোনটি অধিক সক্রিয় ধাতু? [রা. বো. '১৫]
(ক) M (খ) N (গ) P (ঘ) Q

৫৬। 30ml 0.1 M $FeSO_4$ এর অম্লীয় দ্রবণকে টাইট্রেশন করতে 30 ml কত ঘনমাত্রার $KMnO_4$ দ্রবণ লাগবে? [রা. বো. '১৫]
(ক) 0.01M (খ) 0.02M (গ) 0.05M (ঘ) 0.06M

৫৭। 5% NaOH এর 1000mL দ্রবণে কত গ্রাম NaOH থাকে? [রা. বো. '১৫]
(ক) 5g (খ) 25g (গ) 40g (ঘ) 50g

৫৮। $1O_3^- + 5I^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$; এখানে জারণ ঘটেছে— [রা. বো. '১৫]
(ক) $1O_3^-$ (খ) I^- (গ) H^+ (ঘ) IO_3^- ও I^- উভয়ের

৫৯। 0.01 M HCl এর 500 mL সাথে 0.5 M 20 ml Na_2CO_3 দ্রবণ মিশ্রিত করা হলো। মিশ্রণের ঘনমাত্রা কত মোলার? [দি. বো. '১৫]
(ক) 0.011 (খ) 0.014 (গ) 0.017 (ঘ) 0.019

৬০। –273°C এ N_2 এর মোলার আয়তন কত dm^3? [দি. বো. '১৫]
(ক) 0 (খ) 6.023 (গ) 22.4 (ঘ) 24.789

৬১। কোনটি সেমি-মোলার দ্রবণ? [দি. বো. '১৫]
(ক) 0.01M (খ) 0.05M (গ) 0.1M (ঘ) 0.5M

৬২। $S_4O_6^{2-}$ আয়নটিতে 'S' এর জারণমান হলো— [দি. বো. '১৫]
(ক) + 2 (খ) + 2.5 (গ) + 3.5 (ঘ) + 6

৬৩। 3.5% $NaHCO_3$ এর ঘনমাত্রা কত মোলার? [দি. বো. '১৫]
(ক) 0.3301 (খ) 0.4167 (গ) 0.5267 (ঘ) 0.8132

৬৪। অম্লীয় মাধ্যমে $Na_2Cr_2O_7$ কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে? [দি. বো. '১৫]
(ক) 3 (খ) 4 (গ) 5 (ঘ) 6

৬৫। বিক্রিয়াকালে $K_2Cr_2O_7$ কতটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে? [য. বো. '১৫]
(ক) 4 (খ) 5 (গ) 6 (ঘ) 7

৬৬। কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ? [য. বো. '১৫]
(ক) Na_2CO_3 (খ) $H_2C_2O_4$ (গ) HNO_3 (ঘ) $K_2Cr_2O_7$

৬৭। 10% Na_2CO_3 দ্রবণের ঘনমাত্রা— [য. বো. '১৫]
(ক) 1.94M (খ) 0.0954M (গ) 9.15M (ঘ) 0.943M

৬৮। 9.5g $FeSO_4$ কে জারিত করতে 1M $KMnO_4$ দ্রবণের কতটুকু প্রয়োজন? [ব. বো. '১৫]
(ক) 12.5mL (খ) 11.2mL (গ) 10.6mL (ঘ) 7.5mL

৬৯। কত গ্রাম $KClO_3$ কে উত্তপ্ত করলে প্রমাণ অবস্থায় 17L অক্সিজেন পাওয়া যাবে? [ব. বো. '১৫]
(ক) 32g (খ) 62g (গ) 85g (ঘ) 96g

৭০। $CuSO_4 + KI \rightarrow Cu_2I_2 + I_2 + K_2SO_4$ বিক্রিয়াটিতে বিজারক কোনটি? [ব. বো. '১৫]
(ক) Cu^{2+} (খ) I_2 (গ) K^+ (ঘ) I^-

৭১। 0.01M 250mL HCl দ্রবণের ppm এককে নিচের কোনটি? [ব. বো. '১৫]
(ক) 185 (খ) 270 (গ) 365 (ঘ) 730

৭২। নিচের কোন বিক্রিয়াটিকে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া হিসেবে গণ্য করা যেতে পারে? [কু. বো. '১৫]
(ক) $Cu^{2+} + 4NH_3 = [Cu(NH_3)_4]^{2+}$ (খ) $NH_3 + H^+ = NH_4^+$
(গ) $Ca^{2+} + F^- = CaF_2$ (ঘ) $Cl_2 + OH^- = Cl^- + ClO^- + H_2O$

৭৩। নিচের কোনটি জারক ও বিজারক উভয় হিসেবে আচরণ করে? [কু. বো. '১৫]
(ক) Fe^{2+} (খ) Fe^{2+} (গ) Sn^{4+} (ঘ) Hg^{2+}

৭৪। নিচের কোনটি সেকেন্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ? [কু. বো. '১৫; ব. বো. '১৫]
(ক) Na_2CO_3 (খ) $K_2Cr_2O_7$ (গ) $H_2Cr_2O_4.2H_2O$ (ঘ) $KMnO_4$

৭৫। 10mL 0.1 M NaOH দ্রবণে কত গ্রাম NaOH বিদ্যমান? [কু. বো. '১৫]
(ক) 0.004g (খ) 0.04g (গ) 0.4g (ঘ) 4.0g

৭৬। 14.5g Na_2CO_3 সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে কত গ্রাম HCl লাগবে? [চ. বো. '১৫]
(ক) 998g (খ) 99.8g (গ) 9.98g (ঘ) 0.998g

৭৭। নিচের কোনটিতে কার্বনের জারণ সংখ্যা ও যোজনী সমান? [চ. বো. '১৫]
(ক) C_2H_6 (খ) $CHCl_3$ (গ) CH_2Cl_2 (ঘ) CCl_4

৭৮। SATP গ্যাসের মোলার আয়তন কত? [চ. বো. '১৫]
(ক) 22.4L (খ) 22.8L (গ) 24.4L (ঘ) 24.8L

৭৯। নিচের কোনটি তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল? [চ. বো. '১৫]
(ক) মিলিগ্রাম/কেজি (খ) মিলিমোল/লিটার (গ) মাইক্রোগ্রাম/কেজি (ঘ) মাইক্রোগ্রাম/মিলিগ্রাম

৮০। 500mL ডেসিমোলার দ্রবণে দ্রবীভূত সোডিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ কত?
(ক) 2.65g (খ) 5.30g (গ) 6.30g (ঘ) 10.60g

৮১। গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফিতে ব্যবহারযোগ্য বাহক গ্যাস কোনটি? [চ. বো. '১৫]
(ক) O_2 (খ) Cl_2 (গ) N_2 (ঘ) H_2

৮২। নিচের কোনটির pK_b এর মান সবচেয়ে কম? [সি. বো. '১৫]
(ক) $C_6H_5 - NH_2$ (খ) $R - NH_2$ (গ) R_2NH (ঘ) R_2N

৮৩। $[Co[NH_3]_6^{3+}$ আয়নটিতে কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণমান কত? [সি. বো. '১৫]
(ক) + 15 (খ) + 3 (গ) + 5 (ঘ) + 9

৮৪। 10g $CaCO_3$ থেকে 2×10^{20} টি অণু সরিয়ে নিলে কী পরিমাণ $CaCO_3$ থাকবে? [সি. বো. '১৫]
(ক) 9.550g (খ) 9.669g (গ) 9.881g (ঘ) 9.966g

৮৫। 250 মিলি দ্রবণে 12.75 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ থাকলে দ্রবণটির মোলারিটি কত? [সি. বো. '১৫]
(ক) 1.7M (খ) 1.04M (গ) 0.17M (ঘ) 0.028M

৮৬। নিচের কোনটি সবচেয়ে শক্তিশালী বিজারক? [সি. বো. '১৫]
(ক) Al (খ) Zn (গ) Fe (ঘ) Li

৮৭। $LiCoO_2 \rightleftharpoons A + nLi^+ + ne$: A যৌগে Co এর জারণমান কত?
(ক) + 1 (খ) + 2 (গ) + 3 (ঘ) + 4

৮৮। $MnO_4^{2-} + C_2O_4^{2-} + H^+ \rightarrow Mn^2 + CO_2 + H_2O$ এ MnO_4^- ও $C_2O_4^{2-}$ এর মোল সংখ্যার অনুপাত কত? [সি. বো. '১৫]
(ক) 1 ঃ 5 (খ) 2 ঃ 5 (গ) 5 ঃ 2 (ঘ) 1 ঃ 6

❐ **বহুপদি সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন :**

৮৯। বিভিন্ন প্রকার দ্রবণ তৈরিতে মোল পরিমাণে দ্রব ব্যবহার করে নিম্নোক্ত দ্রবণ তৈরি করা হয়—
i. মোলার দ্রবণ
ii. ppm
iii. মোল ভগ্নাংশ ঘনমাত্রা
নিচের কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯০। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক হলো— [ঢা. বো. ২০১৫]
i. % হার
ii. ppm
iii. মোলারিটি

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯১। রিডক্স টাইট্রেশনে ব্যবহৃত $KMnO_4$ দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—

i. $KMnO_4$ প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ

ii. স্বনির্দেশকরূপে কাজ করে

iii. $KMnO_4$ এর অম্লীয় মাধ্যমের জন্য HCl এসিড ব্যবহার করা যায় না

কোন্‌টি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯২। ক্রোমাটোগ্রাফিতে HPLC এর বেলায় মূলনীতি অনুসারে প্রযোজ্য তথ্য হলো—

i. সক্রিয় শোষক কলামটি 2–50 (μm) সাইজের সিলিকাপূর্ণ থাকে

ii. সচল গ্যাস মাধ্যমের ওপর 50–350 bar চাপ থাকে

iii. UV-Vis ডিটেক্টর ব্যবহৃত হয়

কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯৩। $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 10\ CO_2$ বিক্রিয়াটিতে—

i. 2 অণু $KMnO_4$ 10টি ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে

ii. $H_2C_2O_4$ এ C এর জারণ মান = + 3

iii. H_2SO_4 একটি তীব্র জারক

[ঢা. বো. '১৬]

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i (খ) i ও ii (গ) i ও iii (ঘ) ii ও iii

৯৪। বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের সাথে সম্পর্কিত—

i. একবর্ণীয় আলো

ii. দ্রবণের ঘনমাত্রা

iii. দ্রবণের তাপমাত্রা

নিচের কোনটি সঠিক? [রা. বো. '১৬]

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯৫। $Fe^{2+} + Sn^{4+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + Sn^{2+}$ উপরের বিক্রিয়াটিতে—

i. Fe^{2+} জারিত হয়েছে

ii. Sn^{+} বিজারক

iii. Fe^{3+} একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করেছে [কু. বো. '১৬]

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯৬। 0.1M Na_2CO_3 দ্রবণ—

i. প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ

ii. দ্রবণটির ঘনমাত্রা ডেসিমোলার

iii. 500mL দ্রবণে 5.3g Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকে

নিচের কোনটি সঠিক? [কু. বো. '১৬]

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯৭। ppm হলো—
i. দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক
ii. প্রতি মিলিয়ন ভাগ দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ
iii. mg/L
নিচের কোনটি সঠিক? [চ. বো. '১৬]
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

নিচের চিত্রদ্বয় লক্ষ্য কর।

50g 500mL H_2SO_4	25g 250mL H_2SO_4
A দ্রবণ	B দ্রবণ

৯৮। A ও B দ্রবণের মিশ্রণে—
i. উভয়ের ঘনমাত্রা সমান
ii. উভয়েই সেকেন্ডারি প্রমাণ দ্রবণ
iii. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে উভয়ের ঘনমাত্রা কত পায়
নিচের কোনটি সঠিক? [সি. বো. '১৬]
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯৯। H_2O_2 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশ নিলে উৎপাদে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা—
i. –2
ii. – 1
iii. 0
নিচের কোনটি সঠিক? [সি. বো. '১৬]
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০০। মোলার দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—
i. এটি একটি প্রমাণ দ্রবণ
ii. দ্রবণের ঘনমাত্রা 1M
iii. 1L দ্রবণে 1 mol পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে
নিচের কোনটি সঠিক? [ব. বো. '১৬]
(ক) i, ii ও iii (খ) i ও ii (গ) ii ও iii (ঘ) iii

১০১। 5% Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা বোঝায়—
i. 5g Na_2CO_3 আছে 100mL Na_2CO_3 দ্রবণে
ii. 5g Na_2CO_3 আছে 100g Na_2CO_3 দ্রবণে
iii. 5g Na_2CO_3 আছে 100mL পানিতে
নিচের কোনটি সঠিক? [ব. বো. '১৬]
(ক) i (খ) i ও ii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০২। $2Na_2S_2O_3$ (aq) + I_2 (aq) → $Na_2S_4O_6$(aq) + 2NaI (aq) বিক্রিয়াটিতে—

i. $Na_2S_2O_3$ এর জারণ ঘটেছে

ii. I_2 এর বিজারণ ঘটেছে

iii. S এর জারণমান হ্রাস পেয়েছে

নিচের কোনটি সঠিক? [দি. বো. '১৬]

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৩। দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের একক কী?

i. শতকরা হার

ii. পিপিএম

iii. মোলারিটি

নিচের কোনটি সঠিক? [ঢা. বো. '১৫]

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৪। জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার বিজারক পদার্থ—

i. ইলেকট্রন বর্জন করে

ii. জারিত হয়

iii. ইলেকট্রন গ্রহণ করে

নিচের কোনটি সঠিক? [রা. বো. '১৫]

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৫। বিয়ার-ল্যাম্বার্ট সূত্রের সাহায্যে—

i. দ্রবণের ঘনমাত্রা জানা যায়

ii. অণুর আকৃতি জানা যায়

iii. জৈব যৌগের গঠন নির্ণয় করা যায়

নিচের কোনটি সঠিক? [চ. বো. '১৫]

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৬। Na_2CO_3 ও HI দ্রবণের টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক হলো—

i. মিথাইল অরেঞ্জ

ii. ফেনলফথ্যালিন

iii. মিথাইল রেড

নিচের কোনটি সঠিক? [দি. বো. '১৫]

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

১০৭। ব্লিচিং পাউডারে ক্লোরিনের জারণমান—

i. +1

ii. 0

iii. – 1

নিচের কোনটি সঠিক? [দি. বো. '১৫]

(ক) i (খ) ii (গ) i ও iii (ঘ) i ও ii

অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্নোত্তর

উদ্দীপকের আলোকে ১০৮ ও ১০৯নং প্রশ্নের উত্তর দাও : [য. বো. '১৬]

$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$

১০৮। বিক্রিয়াটির ধরন হলো—

i. রিডক্স

ii. আয়োডিমিতি

iii. আয়োডোমিতি

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i (খ) ii (গ) iii (ঘ) i ও ii

১০৯। উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় কোন পদার্থটি জারিত হয়েছে?

(ক) $Na_2S_2O_3$ (খ) $Na_2S_4O_6$ (গ) I_2 (ঘ) NaI

উদ্দীপকের আলোকে ১১০ ও ১১১নং প্রশ্নের উত্তর দাও : [সি. বো. '১৬]

150mL HNO_3 দ্রবণে 1.5g এর বিদ্যমান। দ্রবণটি 2% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করল।

১১০। এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা কত ppm?

(ক) 10^5 (খ) 10^4 (গ) 10^3 (ঘ) 10^2

১১১। ক্ষারীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—

i. ঘনমাত্রা 0.189(M)

ii. আয়তন 37.3mL

iii. আয়তন 57.6mL

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

নিচের সমীকরণ থেকে ১১২ ও ১১৩নং প্রশ্নের উত্তর দাও : [য. বো. '১৫]

$Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + NaI$

১১২। সালফার (S) এর জারণ মান কত একক বৃদ্ধি পেয়েছে?

(ক) + 0.5 (খ) + 1 (গ) + 2 (ঘ) + 2.5

১১৩। নিচের তথ্যগুলো লক্ষ্য কর—

i. I_2 জারক

ii. I_2 এর জারণ ঘটেছে

iii. $Na_2S_2O_3$ জারক

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i (খ) ii ও iii (গ) iii (ঘ) i ও ii

নিম্নের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং ১১৪ ও ১১৫নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

50ml 10% $\left(\frac{w}{v}\right)$ Na_2CO_3	HCl 2M
পাত্র-I	পাত্র-II

১১৪। পাত্র (I)-এর দ্রবণের ঘনমাত্রা মোলারিটিতে কত? [ব. বো. '১৫]

(ক) 0.047M (খ) 0.94M (গ) 1.24M (ঘ) 1.29M

১১৫। প্রথম পাত্রের দ্রবণটিকে পূর্ণ প্রশমিত করতে দ্বিতীয় পাত্রের দ্রবণের কতটুকু প্রয়োজন?

(ক) 27mL (খ) 35mL (গ) 47mL (ঘ) 53mL

* 6 mol $FeSO_4$ কে সম্পূর্ণ জারিত করতে 1 mol $K_2Cr_2O_7$ প্রয়োজন হয়। [$FeSO_4$ এর আ. ভর = 152, $K_2Cr_2O_7$ এর আ. ভর = 255]

উপরের তথ্যের আলোকে ১১৬ ও ১১৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

১১৬। 15.2 g $FeSO_4$ এর সম্পূর্ণ জারিত করতে কত গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ দরকার হবে?

(ক) 8.15 g (খ) 8.25g (গ) 4.0g (ঘ) 4.25g

১১৭। নিচের কোন তথ্যটি $K_2Cr_2O_7$ এর বেলায় প্রযোজ্য নয়?

(ক) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ (খ) অম্লীয় মাধ্যমে HCl এসিড ব্যবহার করা যায়

(গ) রিডক্স টাইট্রেশনে স্বনির্দেশক (ঘ) $KMnO_4$ থেকে দুর্বল জারক

* নিচের তথ্যের আলোকে ১১৮ ও ১১৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

দ্বাদশ শ্রেণির ছাত্রী রাই 20mL HCl দ্রবণে সামান্য মিথাইল অরেঞ্জ যোগ করায় দ্রবণটি লাল বর্ণ ধারণ করল। রাই দ্রবণটিতে 1g $CaCO_3$ কে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করায় দ্রবণটি হাল্কা লাল বর্ণ ধারণ করল। এই দ্রবণকে পূর্ণ প্রশমনের ফলে হলুদ বর্ণ করার জন্য সে 20mL 1M NaOH দ্রবণ ব্যবহার করল।

১১৮। উদ্দীপকে রাই কতটি $CaCO_3$ অণু ব্যবহার করেছিল?

(ক) 6.022×10^{21} (খ) 6.022×10^{23} (গ) 6.022×10^{22} (ঘ) 6.022×10^{24}

১১৯। রাই যে HCl দ্রবণ ব্যবহার করেছিল তার ঘনমাত্রা কত ছিল?

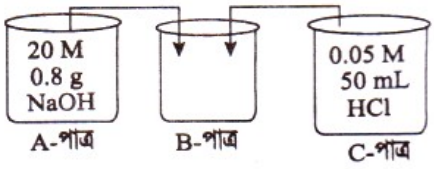
(ক) 0.1M (খ) 1.0 M (গ) 0.5M (ঘ) 2.0 M

উত্তরমালা

১। খ	২। ক	৩। গ	৪। ক	৫। ক	৬। গ	৭। খ	৮। গ	৯। ঘ	১০। গ
১১। খ	১২। গ	১৩। ক	১৪। ক	১৫। খ	১৬। ঘ	১৭। খ	১৮। ক	১৯। ঘ	২০। খ
২১। ঘ	২২। গ	২৩। ক	২৪। গ	২৫। খ	২৬। ক	২৭। ঘ	২৮। ঘ	২৯। ক	৩০। ঘ
৩১। ক	৩২। ক	৩৩। ক	৩৪। ঘ	৩৫। গ	৩৬। গ	৩৭। ঘ	৩৮। ক	৩৯। খ	৪০। ক
৪১। খ	৪২। ঘ	৪৩। খ	৪৪। খ	৪৫। খ	৪৬। ক	৪৭। ক	৪৮। গ	৪৯। গ	৫০। ক
৫১। ঘ	৫২। ক	৫৩। ঘ	৫৪। গ	৫৫। ক	৫৬। খ	৫৭। ঘ	৫৮। খ	৫৯। খ	৬০। ক
৬১। ঘ	৬২। খ	৬৩। খ	৬৪। ঘ	৬৫। ঘ	৬৬। গ	৬৭। ঘ	৬৮। ক	৬৯। খ	৭০। ঘ
৭১। গ	৭২। ঘ	৭৩। খ	৭৪। ঘ	৭৫। খ	৭৬। গ	৭৭। ঘ	৭৮। ঘ	৭৯। খ	৮০। খ
৮১। গ	৮২। গ	৮৩। খ	৮৪। ঘ	৮৫। গ	৮৬। খ	৮৭। গ	৮৮। খ	৮৯। ঘ	৯০। ঘ
৯১। খ	৯২। ঘ	৯৩। খ	৯৪। ক	৯৫। গ	৯৬। ঘ	৯৭। ঘ	৯৮। ঘ	৯৯। খ	১০০। ক
১০১। খ	১০২। ক	১০৩। ঘ	১০৪। ক	১০৫। ঘ	১০৬। ঘ	১০৭। গ	১০৮। ঘ	১০৯। ক	১১০। খ
১১১। খ	১১২। ক	১১৩। ক	১১৪। খ	১১৫। গ	১১৬। ঘ	১১৭। গ	১১৮। ক	১১৯। ঘ	

ঘ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। পাশের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :



(ক) রিডক্স বিক্রিয়ায় 'দর্শক আয়ন' কী? ১

(খ) মোলার দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ; —ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) A-পাত্রের দ্রবণটির ঘনমাত্রা ppm এককে গণনা কর। ৩
[উ: 4×10^4 ppm]

(ঘ) A পাত্র ও C-পাত্রের দ্রবণকে B পাত্রে মিশালে মিশ্রণের প্রকৃতি কীরূপ হবে, তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪
[উ: ক্ষারীয় 0.25M]

২। রসায়ন পরীক্ষাগারে শ্রাবন্তী ও রাজশ্রী পৃথকভাবে একটি নির্দিষ্ট ভরের নমুনায় আয়রনের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য এসিডের উপস্থিতিতে 0.2 মোলার যথাক্রমে $KMnO_4$ এবং $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করল। টাইট্রেশনে শ্রাবন্তী 22.4 mL দ্রবণ ব্যবহার করল।

(ক) প্রমাণ দ্রবণ কাকে বলে? ১

(খ) তাপমাত্রা পরিবর্তনে দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা পরিবর্তনের কারণ ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের নমুনায় আয়রনের পরিমাণ নির্ণয় করে দেখাও। ৩

(ঘ) গাণিতিক যুক্তিসহ দেখাও, শ্রাবন্তীর চেয়ে রাজশ্রী জারক পদার্থের কম দ্রবণ ব্যবহার করে টাইট্রেশন সম্পন্ন করেছিল। ৪

৩। রসায়ন পরীক্ষাগারে তিনটি ভিন্ন ক্ষার নমুনার ঘনমাত্রা নির্ণয়ে নিচের নির্দেশক ব্যবহার করা হলো।

টাইট্রেশনে ব্যবহৃত বিকারকসমূহ	উপযুক্ত নির্দেশক
0.1MHCl দ্রবণ দ্বারা NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে	মিথাইল অরেঞ্জ
0.1 M HCl দ্রবণ দ্বারা NH_4OH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে	
0.1 M CH_3COOH দ্রবণ দ্বারা NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়ে	ফেনলফথ্যালিন

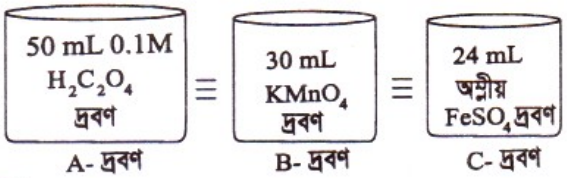
(ক) নির্দেশক কাকে বলে? ১

(খ) পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট জারক হিসেবে ব্যবহৃত হয় কেন?—ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকে ব্যবহৃত তীব্র এসিডটির ঘনমাত্রার মান ppm এককে নির্ণয় করে দেখাও। ৩

(ঘ) লেখচিত্র অঙ্কনসহ উদ্দীপকের টাইট্রেশনসমূহে ভিন্ন নির্দেশক ব্যবহারের সপক্ষে যুক্তি দেখাও। ৪

৪। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :



(ক) সেমিমোলার দ্রবণ কী? ১

(খ) Fe^{2+} আয়ন অবস্থাভেদে জারক ও বিজারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের A দ্রবণ ও B দ্রবণের রিডক্স বিক্রিয়াকে আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমতাযুক্ত আণবিক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A দ্রবণ ও B দ্রবণ ব্যবহার করে C দ্রবণে লোহার পরিমাণ গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর। ৪
[উ: 0.067M $KMnO_4$ = 0.5628g Fe^{2+}]

৫। রসায়ন পরীক্ষাগারে দুইজন শিক্ষার্থী পৃথকভাবে 2.5g লোহার আকরিককে লঘু H_2SO_4 এ দ্রবীভূত করে 100mL দ্রবণ তৈরি করে। ঐ দ্রবণের 10mL টাইট্রেশন করতে প্রথম শিক্ষার্থী 0.05 M 2 mL $KMnO_4$ ব্যবহার করল। দ্বিতীয় শিক্ষার্থীও একই কাজে 0.05M $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ ব্যবহার করেছিল।

(ক) জারণ সংখ্যা কী? ১

(খ) ppm ঘনমাত্রার দ্রবণ হলো একটি প্রমাণ দ্রবণ—তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের লোহার আকরিকে Fe(11) আয়নের পরিমাণ কত? ৩

(ঘ) উদ্দীপকের মতে প্রথম শিক্ষার্থীর টাইট্রেশনের ফলাফল সঠিক হলে দ্বিতীয় শিক্ষার্থী টাইট্রেশনের বেলায় কত mL $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ প্রয়োজন হবে তা গণনা কর। এর ফলে টাইট্রেশন কাজে উভয় জারকের তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

৬। শিহাব রাসায়নিক নিক্তির সাহায্যে Na_2CO_3 এর 2.65g মেপে 250 mL একটি মেজারিং ফ্লাস্কে নিয়ে প্রয়োজন মতো পানি যোগ করে দ্রবণ তৈরি করল এবং সতর্কতার সাথে শেষে দ্রবণের মোট আয়তন upto the mark করা হলো। এ উদ্দীপক ভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) মোলারিটি কী? ১

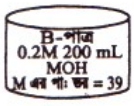
(খ) $KMnO_4$ একটি জারক; ব্যাখ্যা কর। ২ [ঢা. বো. ২০১৫]

(গ) উদ্দীপকের প্রস্তুতকৃত দ্রবণটির ঘনমাত্রা মোলারিটি ও ppm এককে নির্ণয় কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের প্রস্তুত দ্রবণের 10 mL এর সাথে 10 mL ডেসিমোলার HCl দ্রবণ যোগ করলে মিশ্র দ্রবণের প্রকৃতি কেমন হবে এবং গাণিতিকভাবে তা ব্যাখ্যা কর। ৪

৭। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও। [সি. বো. ২০১৫]

দ্বিপক্ষীয় অম্ল



M এর পা : ভর = 39

(ক) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? ১ [ঢা. বো. ২০১৫]

(খ) বিয়ার ল্যাম্বার্টের সমীকরণটি লেখ এবং এটির প্রত্যেক পদের পরিচয় দাও। ২

(গ) উদ্দীপকের B পাত্রের দ্রবণ তৈরিতে কী পরিমাণ MOH দ্রব প্রয়োজন? ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A পাত্রের দ্রবণে B পাত্রের দ্রবণ মিশালে মিশ্রিত দ্রবণ নিরপেক্ষ, অম্লীয় বা ক্ষারীয় হবে তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৮। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

(ক) সেকেণ্ডারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ কী? ১

(খ) $K_3Cr_2O_7$ একটি জারক-ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) H_2XO_4 যৌগের আণবিক ভর গণনা কর। ৩ [উ: 98] [দি. বো. ২০১৬]

(ঘ) উদ্দীপকের পাত্রদ্বয়ের দ্রবণ মিশ্রিত করলে মিশ্রণের প্রকৃতি কীরূপ হবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪ [দি. বো. ২০১৬]

৯। 60 mL ডেসিমোলার $KMnO_4$ দ্রবণ দ্বারা লঘু H_2SO_4 দ্রবণে নিমজ্জিত এক টুকরা লোহার দ্রবণকে পূর্ণ জারিত করা হলো : [রা. বো. ২০১৬]

(ক) ppm কী? ১

(খ) $FeSO_4$ একটি বিজারক; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপক মতে লোহার ভর নির্ণয় কর। [উ: 1.676g] ৩ [রা. বো. ২০১৬]

(ঘ) জারক হিসাবে এক্ষেত্রে $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করলে অর্ধ-বিক্রিয়াসহ সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি বিশ্লেষণ কর। ৪ [রা. বো. ২০১৬]

১০। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন কর এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও : [বি. বো. ২০১৬]

টাইট্রেশনে ব্যবহৃত এসিড ও ক্ষার দ্রবণ	ব্যবহৃত নির্দেশক
0.1M HCl দ্রবণ দ্বারা NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়	মিথাইল অরেঞ্জ
0.1M HCl দ্রবণ দ্বারা NH_4OH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়	ফেনলফথ্যালিন
0.1M CH_3COOH দ্রবণ দ্বারা NaOH দ্রবণের ঘনমাত্রা নির্ণয়	ফেনলফথ্যালিন

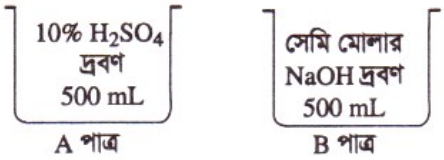
(ক) জারক পদার্থ কী? ১

(খ) $Na_2S_2O_3$ যৌগে S এর জারণ সংখ্যা বের কর। ২

(গ) উদ্দীপকে উল্লেখিত শক্তিশালী এসিডের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। [উ: 3650 ppm] ৩

(ঘ) উপরের উদ্দীপকে তিনটি টাইট্রেশন ভিন্ন ভিন্ন নির্দেশক ব্যবহারের কারণ বিশ্লেষণ কর। [ব. বো. ২০১৬] ৪

১১। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।



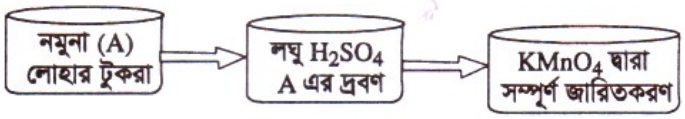
(ক) প্রমাণ দ্রবণ কী? ১

(খ) জারণ ও বিজারণ এক সাথে ঘটে? তা ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকে A পাত্রে কতটুকু পানি মিশালে তা সেমি মোলার দ্রবণে পরিণত হবে? [উ: 520mL] ৩ [সি. বো. ২০১৬]

(ঘ) উদ্দীপকের A পাত্রের দ্রবণে B পাত্রের দ্রবণ মিশ্রিত করলে মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃতি কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর। ৪ [উ: মিশ্রণটি অম্লীয় হবে।] [সি. বো. ২০১৬]

১২।



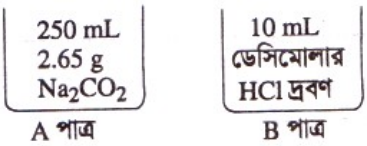
(ক) রিডক্স বিক্রিয়া কী? ১

(খ) উত্তপ্ত গাঢ় NaOH ও Cl_2 এর বিক্রিয়াটি একটি অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের বিক্রিয়ার সমতা সাধন আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে কর। ৩ [ঢা. বো. ২০১৬

(ঘ) উদ্দীপকের $KMnO_4$ এর স্থলে $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহার করে কীভাবে আয়রনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায় ত বিশ্লেষণ কর। ৪ [ঢা. বো. ২০১৬

১৩। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।



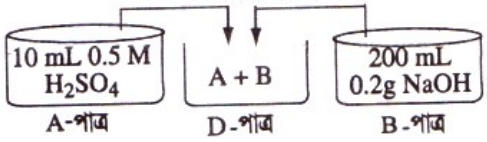
(ক) বিয়ারের সূত্রটি লেখ। ১

(খ) KNO_3 এর তাপীয় বিয়োজন একটি স্বতঃজারণ বিজারণ বিক্রিয়া; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের A পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩ [উ: 10600ppm] [চ. বো. ২০১৬

(ঘ) উদ্দীপকের A পাত্রের 10mL এর সাথে B পাত্রের দ্রবণ যোগ করলে মিশ্রণের প্রকৃতি কীরূপ হবে তা বিশ্লেষণ কর। ৪ [উ: অম্লীয় হবে], [চ. বো. ২০১৬

১৪। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।



(ক) লিমিটিং বিক্রিয়া কী? ১

(খ) HPLC এর বৈশিষ্ট্য কী; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের B পাত্রের দ্রবণের ঘনমাত্রা ppm এককে নির্ণয় কর। ৩ [উ: 1000 ppm] [কু. বো. ২০১৬

(ঘ) উদ্দীপকের D পাত্রের মিশ্র দ্রবণের pH কীরূপ হবে, তা বিশ্লেষণ কর। ৪ [কু. বো. ২০১৬