

দ্রবণ ও দ্রাব্যতা Solution & Solubility

ইউনিট
৬



ভূমিকা (Introduction)

পরস্পর পরস্পরের সাথে কোনো ধরনের বিক্রিয়া করে না এ ধরনের দুই বা ততোধিক কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের সহঅবস্থানকে মিশ্রণ বলে। মিশ্রণের মধ্যে প্রতিটি উপাদান তার নিজস্ব স্বভাব বজায় রাখে। তবে মিশ্রণ সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব এ দুই ধরনেরই হতে পারে। যদি মিশ্রণটি এমন হয় যে, মিশ্রণে উপাদানগুলোর সংযুক্তি ও বিভিন্ন ভৌত ধর্ম যেমন ঘনত্ব, পরিবাহিতা, আকার, অবস্থা ইত্যাদি মিশ্রণের সকল অংশে অভিন্ন থাকে তবে তাকে সমসত্ত্ব মিশ্রণ বলা হয়। একটি কাঁচের গ্লাসে পানি নিয়ে তার মধ্যে চিনি দ্রবীভূত করলে সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। অপরপক্ষে, মিশ্রণের উপাদানগুলোর সংযুক্তি ও ভৌত ধর্ম ভিন্ন হলে তাকে অসমসত্ত্ব মিশ্রণ বলা হয়। একটি কাঁচের গ্লাসে পানি নিয়ে তার মধ্যে চকের গুড়া যোগ করে কাঁচদণ্ডের সাহায্যে নেড়ে দিয়ে দেখা যায় প্রাথমিকভাবে পানিতে চক দ্রবীভূত হয়েছে মনে হলেও কিছুক্ষণ স্থির রেখে দিলে চকের সুক্ষ্ম কণাগুলো গ্লাসের নিচে জমা হতে থাকে। গ্লাসের মিশ্রণের উপরের দিকের অংশে পানি ও চকের আপেক্ষিক পরিমাণ এবং গ্লাসের নিচের দিকের মিশ্রণের আপেক্ষিক পরিমাণের ভিন্নতা দেখা যায়। সুতরাং মিশ্রণটির বিভিন্ন অংশের সংযুক্তি ও ভৌত ধর্ম সম্পূর্ণভাবে আলাদা। এটি একটি অসমসত্ত্ব মিশ্রণ। দ্রবণ একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ। যেসব পদার্থের সমন্বয়ে কোনো মিশ্রণ গঠিত হয় তাদেরকে ঐ মিশ্রণের উপাদান বলা হয়।



ইউনিট সমাপ্তির সময়

ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৪ সপ্তাহ

এই ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ-৬.১ : দ্রবণ ও দ্রবণের প্রকারভেদ

পাঠ-৬.২ : দ্রবণের ঘনমাত্রা ও দ্রাব্যতা

পাঠ-৬.৩ : দ্রাব্যতা গুণফল ও অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া

পাঠ-৬.৪ : কেলাসন, পাতন ও দ্রাবক নিষ্কাশন

পাঠ-৬.৫ : ক্রোমাটোগ্রাফি

পাঠ-৬.৬ : পানির আয়নিক গুণফল ও এসিড ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক

পাঠ-৬.৭ : এসিড ক্ষারের সাম্যাবস্থা ও লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ

পাঠ-৬.৮ : অম্ল ও বাফার দ্রবণের pH গণনা

পাঠ-৬.৯ : pH এর গুরুত্ব

পাঠ-৬.১

দ্রবণ ও দ্রবণের প্রকারভেদ



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- দ্রবণ সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন প্রকারের দ্রবণ সম্পর্কে বর্ণনা করতে পারবেন।
- দ্রবণের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

দ্রব, দ্রাবক, সমসত্ত্ব, বাষ্পীভবন, মিশ্রণ।



দ্রবণ (Solution)

কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় যেকোনো ভৌত অবস্থায় একাধিক উপাদানের সম্পূর্ণ সমসত্ত্ব মিশ্রণ, যাতে উপাদানগুলোর পরিমাণের অনুপাত একটি সীমার মধ্যে আবদ্ধ থাকে তাকে দ্রবণ বলা হয়। দ্রবণের প্রতিটি অংশের গঠন, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন হয়।

দ্রবণের মধ্যে যে উপাদান কম পরিমাণে থাকে অর্থাৎ যা দ্রবীভূত হয়, তাকে দ্রব বলা হয়। দ্রবণের মধ্যে যে উপাদানের পরিমাণ বেশি এবং যার মধ্যে দ্রব যোগ করা হয় তাকে দ্রাবক বলা হয়।

দ্রবণের প্রকারভেদ (Types of Solution)

দ্রব ও দ্রাবকের ভৌত অবস্থার উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন প্রকারের দ্রবণ হয়।

দ্রাবক	দ্রব	উদাহরণ
গ্যাস	গ্যাস	বায়ু : সাধারণভাবে 78% N ₂ ও 21% O ₂ । অধিক পরিমাণে N ₂ এর মধ্যে কম পরিমাণে O ₂ এর মিশ্রণ।
তরল	গ্যাস	সোডা-ওয়াটার : পানিতে উচ্চ চাপে CO ₂ কেন্দ্রীভূত করা হয়।
তরল	তরল	পানি-অ্যালকোহলের দ্রবণ : পানিতে কিছু পরিমাণ অ্যালকোহল দ্রবীভূত করা হয়।
কঠিন	কঠিন	ধাতু সংকর : কপার ও জিংকের সমসত্ত্ব মিশ্রণ।
কঠিন	তরল	পারদ সংকর বা জিংক অ্যামালগাম।
কঠিন	গ্যাস	কঠিন প্যালাডিয়াম ধাতু দ্বারা H ₂ গ্যাস শোষিত হয়।
গ্যাস	তরল	মেঘ : বায়ুতে জলীয় বাষ্প।

দ্রবণের শ্রেণিবিভাগ (Classification of Solution)

ঘনমাত্রা অনুযায়ী দ্রবণকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন—

- সম্পৃক্ত দ্রবণ (Saturated Solution) :** কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক দ্রব দ্রবীভূত হয়ে যে দ্রবণ উৎপন্ন করে তাকে ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রার সম্পৃক্ত দ্রবণ বলা হয়। এ অবস্থায় দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রব যোগ করলেও দ্রবণের ঘনমাত্রার কোনো পরিবর্তন ঘটে না।
- অসম্পৃক্ত দ্রবণ (Unsaturated Solution) :** কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক যে পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত হতে পারে তার চেয়ে কম পরিমাণ দ্রব দ্রবণে উপস্থিত থাকলে তাকে অসম্পৃক্ত দ্রবণ বলা হয়। অসম্পৃক্ত দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রব যোগ করলে দ্রবণের ঘনমাত্রা বেড়ে যায়।
- অতিপৃক্ত দ্রবণ (Super-saturated Solution) :** কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক যে পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকতে পারে যদি কোনো বিশেষ কারণে দ্রবণে আরও অতিরিক্ত দ্রব দ্রবীভূত থাকে তবে ঐ দ্রবণকে অতিপৃক্ত দ্রবণ বলা হয়। অতিপৃক্ত দ্রবণ অস্থায়ী প্রকৃতির হয়।

দ্রবণ সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত কিনা তার পরীক্ষা

পরীক্ষাধীন দ্রবণে ছোট এক টুকরা দ্রবকে ওজন করে সুতায় বেঁধে ঝুলিয়ে দাও :

পর্যবেক্ষণ	সিদ্ধান্ত
১। দ্রবের টুকরার ভরের কোনো পরিবর্তন ঘটেনি এবং দ্রবণের ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত আছে।	সম্পৃক্ত দ্রবণ
২। দ্রবের টুকরা আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের ঘনমাত্রা বেড়ে যায়।	অসম্পৃক্ত দ্রবণ
৩। দ্রবের টুকরার ভর বেড়ে যায় এবং দ্রবণের ঘনমাত্রা কমে যায়।	অতিপৃক্ত দ্রবণ

দ্রবণ (Solution)

ভূমিকাতে এক গ্লাস পানিতে পরিমাণমতো চিনি দ্রবীভূত করে যে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করা হয়েছিল সেটিই মূলত দ্রবণ। অর্থাৎ পানিতে চিনির দ্রবণ। কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দুই বা ততোধিক কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ, যার প্রতিটি উপাদানের আপেক্ষিক পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পরিবর্তিত করা যায়, তাকে দ্রবণ বলা হয়।

দ্রবণের দুটি অংশ থাকে। একটি দ্রাবক অপরটি দ্রব। $\text{দ্রবণ} = (\text{দ্রাবক} + \text{দ্রব})$ ।

দ্রাবক (Solvent)

দ্রাবক, দ্রবকে দ্রবীভূত করে। দ্রবণের মধ্যে যে উপাদানটি আপেক্ষিক পরিমাণে বেশি থাকে এবং যার ভৌত অবস্থা দ্রবণের ভৌত অবস্থাকে প্রকাশ করে তাকে দ্রাবক বলা হয়। উদাহরণ স্বরূপ : চিনির জলীয় দ্রবণের মধ্যে পানি দ্রাবক।

তবে অনেক সময় দ্রবণের ভৌত অবস্থার উপর ভিত্তি করে কোন উপাদানটি দ্রাবক তা নিশ্চিতভাবে নির্ধারণ করা যায় না। দ্রবের ভৌত অবস্থা তরল এবং দ্রাবকের ভৌত অবস্থা তরল হলে সেক্ষেত্রে দ্রাবক ও দ্রবকে চিহ্নিত করা একটু অসুবিধাজনক হয়। দ্রবণের মধ্যে দ্রাবক ও দ্রবকে চিহ্নিত করার প্রচলিত রীতি হলো—

- দ্রবণের ভৌত অবস্থা যে উপাদানটির বিশুদ্ধ অবস্থার অনুরূপ হয় এবং দ্রবণে যার আপেক্ষিক পরিমাণ অধিক থাকে, ঐ উপাদানটি হলো দ্রবণের দ্রাবক। যেমন— লবণ পানির জলীয় দ্রবণে পানি দ্রাবক এবং লবণ দ্রব, চিনি-পানির জলীয় দ্রবণে পানি দ্রাবক এবং চিনি দ্রব।
- যদি এমনটি হয় যে, উপাদান দুটির ভৌত অবস্থাই দ্রবণের ভৌত অবস্থা তবে সেক্ষেত্রে দ্রবণে যে উপাদানটির আপেক্ষিক পরিমাণ অধিক সেটি হবে দ্রাবক। উদাহরণস্বরূপ : পানি ও ইথানলের দ্রবণে যদি ইথানলের পরিমাণ পানি অপেক্ষা অধিক হয় তবে ইথানল দ্রাবক এবং পানি দ্রব। আর যদি পানির পরিমাণ ইথানল অপেক্ষা অধিক হয় তবে পানি দ্রাবক এবং ইথানল দ্রব।
- উপাদান দুটির বিশুদ্ধ অবস্থা যদি দ্রবণের ভৌত অবস্থা হয় এবং দ্রবণের মধ্যে উপাদান দুটি যদি সমপরিমাণে থাকে তবে সেক্ষেত্রে দ্রবণের উপাদান দুটির যেকোনোটি দ্রাবক ধরে অপরটিকে দ্রব হিসেবে গণ্য করা হয়।

দ্রব (Solute)

দুটি উপাদানের সমন্বয়ে উৎপন্ন দ্রবণে যে উপাদানটির আপেক্ষিক পরিমাণ কম থাকে এবং যে উপাদানটি অপর উপাদানের মধ্যে দ্রবীভূত থাকে তাকে দ্রব বলা হয়। খাদ্য লবণকে পানিতে দ্রবীভূত করে যে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় তাতে খাদ্য লবণ দ্রব। একইভাবে চিনির জলীয় দ্রবণে চিনি দ্রব।

দ্রাবকের মধ্যে দ্রবের দ্রবীভূত হওয়ার ক্ষমতা অনুযায়ী দ্রবকে দুটি ভাগে ভাগ করা হয়। (i) স্বল্প দ্রবণীয় দ্রব এবং (ii) অতিমাত্রায় দ্রবণীয় দ্রব।

- স্বল্প দ্রবণীয় দ্রব :** এ ধরনের দ্রব দ্রাবকের মধ্যে খুবই সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে। সাধারণ তাপমাত্রায় যেসব লবণের দ্রাব্যতা 0.01 গ্রাম অণু/লিটার বা 0.01 mol.L^{-1} এর চেয়ে কম তাদের স্বল্প দ্রবণীয় দ্রব বলা হয়। সিলভার ক্লোরাইড (AgCl), সিলভার ব্রোমাইড (AgBr), সিলভার আয়োডাইড (AgI), সিলভার কার্বনেট (Ag_2CO_3), সিলভার ক্রোমেট (Ag_2CrO_4), ক্যালসিয়াম কার্বনেট (CaCO_3), ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড (CaF_2), ক্যালসিয়াম সালফেট (CaSO_4), ক্যালসিয়াম অক্সালেট (CaC_2O_4), ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড Ca(OH)_2 , লেড ক্লোরাইড (PbCl_2) ইত্যাদি স্বল্প দ্রবণীয় দ্রব।

স্বল্প দ্রবণীয় দ্রবগুলো পানিতে প্রায় অদ্রবণীয় বলে মনে হয়। যে সামান্য পরিমাণ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে, সেই সম্পৃক্ত দ্রবণে লবণটি প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নে বিয়োজিত হয়। সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রবীভূত আয়নগুলো অদ্রবণীয় কঠিন উপাদানের সাথে একটি সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে। উদাহরণস্বরূপ : স্বল্প দ্রবণীয় দ্রব AgCl এর ক্ষেত্রে—



(অদ্রবীভূত অংশ) (দ্রবীভূত অংশ)

- ii. **অতিমাত্রায় দ্রবণীয় দ্রব :** বেশ কিছু দ্রব আছে যারা পানিতে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত হয়ে যায়। এদের দ্রাব্যতা গুণ অনেক বেশি হওয়ায় এরা দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত অবস্থায় থাকে। এ জাতীয় দ্রবের আণবিক অবস্থা ও আয়নিক অবস্থার মধ্যে কোনো সাম্যাবস্থা বিরাজ করে না। যেমন— NaCl , NaNO_3 , KCl , KNO_3 , NH_4Cl , NH_4NO_3 ইত্যাদি অতিমাত্রায় দ্রবণীয় দ্রব।

দ্রবণের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Solution)

- দ্রবণের মধ্যে দ্রবের অণু বা আয়নগুলো দ্রাবকের সাথে সমসত্ত্বভাবে অবস্থান করে।
- দ্রবণে উপস্থিত দ্রব কণাগুলোর ব্যাস 10^{-7} – 10^{-8} cm হয়। এ কারণে দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের অণু বা আয়নগুলোকে উচ্চ ক্ষমতা সম্পন্ন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও দেখা যায় না।
- দ্রবণ এক দশাবিশিষ্ট সমসত্ত্ব মিশ্রণ।
- দ্রবণের মধ্যে উপাদানগুলোর আপেক্ষিক পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তন করা যায়।
- দ্রবণের যেকোনো অংশের উপাদানগুলোর আপেক্ষিক পরিমাণ একই থাকে। এজন্য দ্রবণের সব অংশের ভৌত ধর্ম ও গঠন অভিন্ন থাকে।
- দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত দ্রবের কণাগুলোর অণু বা আয়ন হিসেবে থাকায় এদেরকে পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায় না। তবে বাষ্পীভবন, পাতন, কেলাসন প্রভৃতি সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালীর সাহায্যে দ্রবকে দ্রবণ থেকে পৃথক করা যায়।
- দ্রবণের বর্ণ সব সময় দ্রবীভূত দ্রবের বর্ণের উপর নির্ভর করে। যদি দ্রবটি আয়নিক প্রকৃতির হয়, তবে সেক্ষেত্রে দ্রবণের বর্ণ দ্রবণে উপস্থিত আয়নের উপর নির্ভর করে। যেমন— CuSO_4 এর জলীয় দ্রবণ নীল বর্ণ হয় Cu^{2+} আয়নের জন্য, KMnO_4 এর জলীয় দ্রবণ বেগুনি হয় MnO_4^- আয়নের জন্য, FeSO_4 এর জলীয় দ্রবণ সবুজ হয় Fe^{2+} আয়নের জন্য।
- দ্রবণ তৈরির সময় তাপের উদ্ভব বা শোষণ হতে পারে। যেমন— CaO কে পানিতে দ্রবীভূত করতে তাপের উদ্ভব হয় কিন্তু KNO_3 কে পানিতে দ্রবীভূত করলে তাপের শোষণ ঘটে।



সারসংক্ষেপ :

- **দ্রব :** দ্রবণের মধ্যে যে উপাদান কম পরিমাণে থাকে অর্থাৎ যা দ্রবীভূত হয়, তাকে দ্রব বলা হয়।
- **দ্রাবক :** দ্রবণের মধ্যে যে উপাদানের পরিমাণ বেশি এবং যার মধ্যে দ্রব যোগ করা হয় তাকে দ্রাবক বলা হয়।
- **দ্রবণ :** কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দুই বা ততোধিক কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ, যার প্রতিটি উপাদানের আপেক্ষিক পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পরিবর্তিত করা যায়, তাকে দ্রবণ বলা হয়।
- **সম্পৃক্ত দ্রবণ :** কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক দ্রব দ্রবীভূত হয়ে যে দ্রবণ উৎপন্ন করে তাকে ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রার সম্পৃক্ত দ্রবণ বলা হয়।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। দ্রবণের ক্ষেত্রে সঠিক উক্তিটি হলো—

- (ক) দ্রবণ সাধারণ মিশ্রণ (খ) দ্রবণ সমসত্ত্ব মিশ্রণ (গ) দ্রবণ অসমসত্ত্ব (ঘ) দ্রাবকের ধর্মই দ্রবণের ধর্ম

২। সঠিক উক্তিটি চিহ্নিত করুন—

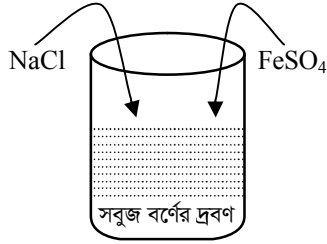
- (ক) দ্রবণে দ্রব কণার ব্যাস 10^{-7} – 10^{-8} cm হয়
 (খ) দ্রবণে দ্রবীভূত কণাকে পরিশ্রাবণ প্রক্রিয়ায় পৃথক করা যায়
 (গ) দ্রবণের বর্ণ দ্রবীভূত দ্রবের বর্ণের উপর নির্ভর করে না
 (ঘ) দ্রবণে উপাদানগুলোর আপেক্ষিক পরিমাণ একই থাকে

৩। নিচের উক্তিগুলো লক্ষ করুন—

- i. স্বল্প দ্রবণীয় দ্রবের দ্রাব্যতা 0.01 molL^{-1} এর চেয়ে কম
 ii. দ্রবণে দ্রাবকের আপেক্ষিক পরিমাণ বেশি থাকে
 iii. দ্রবণ প্রস্তুত করার সময় তাপের উদ্ভব বা শোষণ হতে পারে
 নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

নিচের উদ্দীপকটি পড়ুন এবং ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দিন :



৪। পাত্রের দ্রবণটি একটি—

- (ক) এক দশা বিশিষ্ট সমসত্ত্ব মিশ্রণ (খ) এটি একটি সাধারণ মিশ্রণ
 (গ) দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রব আয়ন হিসেবে থাকে না (ঘ) দ্রবণে বিভিন্ন অংশে উপাদানের পরিমাণ বিভিন্ন হয়

৫। উদ্দীপকের দ্রবণের ক্ষেত্রে—

- i. দ্রবণের বর্ণ সবুজ হয় Fe^{2+} আয়নের জন্য
 ii. দ্রবণের দ্রবীভূত কণাগুলোকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও দেখা যায় না
 iii. দুটি দ্রবই অতিমাত্রায় দ্রবণীয়
 নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৬.২

দ্রবণের ঘনমাত্রা ও দ্রাব্যতা



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- দ্রবণের ঘনমাত্রা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন পদ্ধতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- দ্রাব্যতা সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন তাপমাত্রায় দ্রবের দ্রাব্যতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

মোলার, মোলাল, নরমাল, শতকরা, পিপিএম।



মোলার দ্রবণ :

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনের মধ্যে কোন পদার্থের এক মোল বা গ্রাম আণবিক ভর পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলার দ্রবণ বলা হয়ে থাকে। মোলার দ্রবণের ঘনমাত্রাকে M দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এর একক mol L^{-1} । যেমন- H_2SO_4 এর গ্রাম আণবিক ভর 98 g $\text{H}_2\text{SO}_4 = 1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$

∴ 98 g H_2SO_4 1000 mL বা 1 L দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 M.

তাহলে 98 g H_2SO_4 10,000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ এসিড দ্রবণের ঘনমাত্রা হবে 0.1 M.

HCl এর গ্রাম আণবিক ভর 36.5 g HCl = 1 mol HCl.

মোলাল দ্রবণ :

1000 g দ্রাবকে কোনো দ্রবের এক গ্রাম অণু দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে মোলাল দ্রবণ বলে। মোলাল দ্রবণকে m প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ : অনর্দ্র Na_2CO_3 এর গ্রাম আণবিক ভর 106 g.mol^{-1} । 1 লিটার বা 1000 mL পানিতে 106 g Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকলে, ক্ষার দ্রবণের মাত্রা 1 m। একইভাবে 98 g H_2SO_4 বা 36.5 g HCl বা 40g NaOH কে 1000 mL পানিতে দ্রবীভূত করলে প্রস্তুতকৃত দ্রবণের মাত্রা 1 m।

নরমাল দ্রবণ :

1 L বা 1000 mL দ্রবণে 1 গ্রাম-তুল্য ভরের কোনো দ্রব দ্রবীভূত থাকলে, ঐ দ্রবণকে নরমাল দ্রবণ বলা হয়। নরমাল দ্রবণকে N প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ : Na_2CO_3 এর গ্রাম-তুল্য ভর 53 g। 53 g Na_2CO_3 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মাত্রা 1 N। H_2SO_4 এর গ্রাম তুল্য ভর 49 g। 49 g H_2SO_4 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মাত্রা 1 N।

দ্রাব্যতা (Solubility)

সাধারণত লবণসমূহ আয়নিক প্রকৃতির হওয়ায় পানিতে বিভিন্ন মাত্রায় দ্রবীভূত হয়। তাপমাত্রার পরিবর্তনে লবণসমূহের দ্রবীভূত হওয়ার হারও পরিবর্তিত হয়। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সকল পদার্থ একই পরিমাণে দ্রবীভূত হয় না। যেমন, 20° সে. তাপমাত্রায় 100 গ্রাম পানিতে KNO_3 দ্রবীভূত হয় 31.6 গ্রাম অথচ একই তাপমাত্রায় ঐ একই পরিমাণ পানিতে CuSO_4 দ্রবীভূত হয় 20.6 গ্রাম। দ্রাব্যতাকে নিম্নোক্তভাবে সংজ্ঞায়িত করা হয় :

“নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম দ্রাবকে সর্বোচ্চ যত গ্রাম দ্রব দ্রবীভূত হয়ে সম্পূর্ণ দ্রবণ তৈরি করে দ্রবের ঐ পরিমাণকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ দ্রবের দ্রাব্যতা বলে।” দ্রাব্যতাকে মোল/লিটার এককে প্রকাশ করা হয়। দ্রাব্যতা দ্রাবকের প্রকৃতি, দ্রবের প্রকৃতি, তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভর করে।

$$\text{দ্রাব্যতা} = \frac{\text{দ্রবের ভর (গ্রামে)} \times 100}{\text{দ্রাবকের ভর (গ্রামে)}} \dots\dots\dots(i)$$

$$\text{দ্রাব্যতা} = \frac{\text{দ্রবের ভর (গ্রামে)} \times 100}{\text{দ্রবণের ভর (গ্রামে)} - \text{দ্রবের ভর (গ্রামে)}} \dots\dots\dots(ii)$$

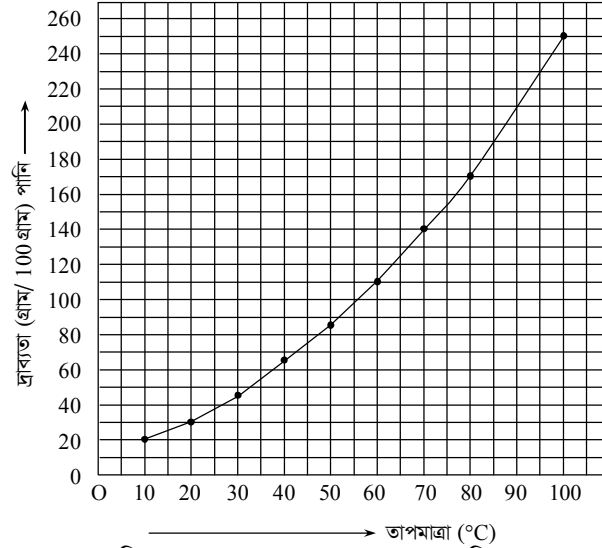
যদি t° সে. তাপমাত্রায় m গ্রাম দ্রব M গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে উপস্থিত থাকে এবং দ্রবের দ্রাব্যতা S হয় তবে আমরা লিখতে পারি,

$$S = \frac{m \times 100}{M - m} \dots\dots\dots(iii)$$

বিভিন্ন তাপমাত্রায় পানিতে KNO_3 এর দ্রাব্যতা নিম্নরূপ পাওয়া গেল :

তাপমাত্রা ($^\circ C$)	10°	15°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
দ্রাব্যতা (প্রতি 100 গ্রাম পানিতে)	20.8	25.2	31.6	45.8	63.0	85.0	110.0	140.0	169.0	246.0

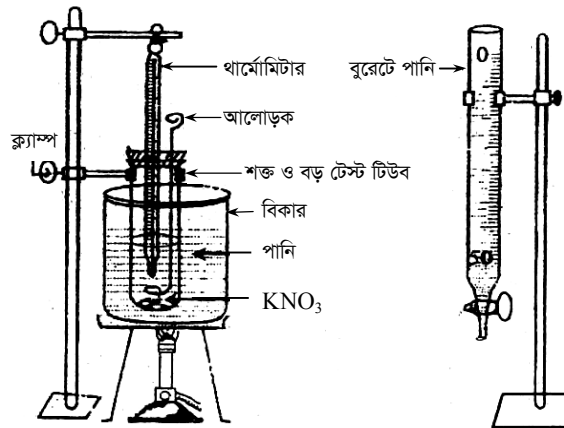
গ্রাফ পেপারে x -অক্ষ বরাবর তাপমাত্রা এবং y -অক্ষ বরাবর KNO_3 এর দ্রাব্যতার মান বসালে নিম্নের গ্রাফটি পাওয়া যাবে :



চিত্র-২.১ : KNO_3 এর দ্রাব্যতা লেখচিত্র

উক্ত গ্রাফ থেকে বলা যায় $55^\circ C$ তাপমাত্রার KNO_3 এর দ্রাব্যতা 100 এবং $85^\circ C$ তাপমাত্রায় দ্রাব্যতা 180।

দ্রাব্যতা গ্রাফ বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পানিতে KNO_3 এর দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পেয়েছে এবং এ গ্রাফ থেকে যেকোনো তাপমাত্রায় পানিতে KNO_3 এর দ্রাব্যতা নিরূপণ করা যায়।

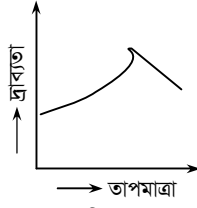


চিত্র-২.২ : KNO_3 লবণ দ্বারা বিভিন্ন তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুতি

দ্রাব্যতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব : কোনো বস্তুকে পানিতে দ্রবীভূত করার সময় যদি তাপের শোষণ ঘটে তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে এ পদার্থের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পাবে। যেমন— KNO_3 , $NaNO_3$, KI , $Pb(NO_3)_2$, $AgNO_3$ ইত্যাদি। আবার বিপরীতভাবে, যদি তাপের উদ্ভব

ঘটে তাহলে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে দ্রাব্যতা হ্রাস ঘটবে। যেমন— $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH ইত্যাদি। বস্তু তাপ শোষণ বা বর্জন করবে তা নির্ভর করে দ্রবণ তাপের উপর।

সোদক সালফেটের ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) এর দ্রাব্যতা তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে প্রথমে বৃদ্ধি পেলেও পরে হ্রাস পায়। $32^\circ\text{--}32.4^\circ\text{C}$ পর্যন্ত দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায় এবং তার পর হ্রাস পায়।



চিত্র-২.৩

তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তাপ শোষণ করে কেলাস পানি বিয়োজিত হতে থাকে। এভাবে বিয়োজিত হতে হতে যখন সব পানি বিয়োজিত হয় তখন Na_2SO_4 তাপ বর্জন শুরু করে। ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পরবর্তীতে দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

বিশুদ্ধ পানিতে AgCl লবণটির দ্রাব্যতা অপেক্ষা NaCl এর দ্রাব্যতা কম—

AgCl লবণটি স্বল্প মাত্রায় দ্রবণীয় লবণ।

দ্রবণে AgCl এর বিয়োজন সাম্য : $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$.

NaCl লবণটি অতিমাত্রায় দ্রবণীয় লবণ। জলীয় দ্রবণে এর সম্পূর্ণ বিয়োজন ঘটে।

$\text{NaCl}(\text{s}) \longrightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$.

NaCl দ্রবীভূত হয়ে যে Cl^- আয়ন উৎপন্ন করে এটি AgCl এর বিয়োজনে উৎপন্ন Cl^- আয়নের সমআয়ন। NaCl দ্রবণে সমআয়ন Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা বেড়ে যাওয়ার কারণে AgCl এর দ্রাব্যতা গুণফল, K_{sp} এর মান একই রাখার জন্য Ag^+ এর ঘনমাত্রা অবশ্যই কমাতে হবে। এ কারণে দ্রবণের কিছু Ag^+ আয়ন Cl^- আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে AgCl উৎপন্ন করবে। সুতরাং AgCl এর দ্রাব্যতা কমে যাবে।

পানিতে NH_3 এর দ্রাব্যতা CO_2 অপেক্ষা অধিক—

পানিতে NH_3 এর দ্রাব্যতা CO_2 অপেক্ষা অনেক অনেক গুণ বেশি। পানি (H_2O) একটি পোলার অণু, অন্যদিকে NH_3 অণুটিও পোলার। ফলে NH_3 অণু অতি সহজে H_2O অণুতে দ্রবীভূত হতে পারে। NH_3 গ্যাস যখন H_2O অণুতে দ্রবীভূত হয় তখন NH_3 , H_2O অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে। উপরন্তু NH_3 পানিতে দ্রবীভূত হয়ে NH_4OH যৌগ উৎপন্ন করে। $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH}$. উৎপন্ন NH_4OH এর বিয়োজন মাত্রা যথেষ্ট বেশি। এ কারণে পানিতে NH_3 এর দ্রাব্যতা অধিক।

এবার CO_2 এর ক্ষেত্রে আসা যাক। পানি পোলার অণু হলেও CO_2 অপোলার অণু। ফলে পানির অণুর সাথে CO_2 হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে পারে না। CO_2 অণু পানির সাথে বিক্রিয়া করে যে কার্বোনিক এসিড (H_2CO_3) অণু উৎপন্ন করে তার বিয়োজন মাত্রা NH_4OH অপেক্ষা অনেক কম। যে কারণে CO_2 এর দ্রাব্যতা NH_3 এর তুলনায় অনেক কম। বিপরীতভাবে NH_3 এর দ্রাব্যতা CO_2 অপেক্ষা অনেক বেশি।

সম্পূর্ণ NaCl থেকে বিশুদ্ধ NaCl প্রস্তুত করতে HCl গ্যাস চালনা করা হয়—

NaCl একটি শক্তিশালী তড়িৎ বিশ্লেষ্য। জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$\text{NaCl}(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\text{l})} \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$.

NaCl এর জলীয় দ্রবণে এর চেয়ে বেশি দ্রাব্যতা গুণ সম্পন্ন HCl গ্যাস চালনা করলে HCl অতি সহজে ও দ্রুত দ্রবীভূত হয়ে H^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন উৎপন্ন করে। পানিতে NaCl , HCl অপেক্ষা কম দ্রাব্যতা গুণ সম্পন্ন হওয়ায় সমআয়ন Cl^- এর প্রভাবে Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়নের ঘনমাত্রার গুণফল NaCl এর দ্রাব্যতা গুণফলের মানকে অতিক্রম করে। ফলে দ্রবণের মধ্যে NaCl এর দ্রাব্যতা গুণফলকে ঠিক রাখার জন্য Na^+ আয়ন ও Cl^- আয়ন যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত NaCl উৎপন্ন করে অধঃক্ষিপ্ত হয়।



শিক্ষার্থীর কাজ

একটি 250 মি.লি. বিকারে 100 মি.লি. পানি নিয়ে নাড়ন কাঠির সাহায্যে ধীরে ধীরে বিকারের পানি নাড়তে থাকুন এবং খাদ্য লবণ (NaCl) অল্প অল্প করে বিকারের পানিতে যোগ করুন। যখন লবণ আর কোনোভাবেই গলানো যাচ্ছে না তখন বুঝতে হবে দ্রবণ সম্পৃক্ত হয়েছে। এবার একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে দ্রবণের তাপমাত্রা মেপে নাও এবং কত গ্রাম লবণ পানিতে গলানো হয়েছে তার ওজনও খাতায় নোট করুন। এবার বিকারে ধীরে ধীরে তাপ দিয়ে এর তাপমাত্রা পূর্বের তাপমাত্রা হতে 10° সে. বৃদ্ধি কর এবং নাড়নকাঠি দ্বারা দ্রবণ নাড়তে থাক ও অল্প অল্প করে লবণ যোগ কর। দ্রবণ সম্পৃক্ত হলে দ্রবণের তাপমাত্রা ও লবণের মোট ওজন খাতায় নোট করুন। এভাবে প্রতি ক্ষেত্রে 10° সে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে দ্রবণে মোট লবণের ওজন নির্ণয় করুন। সর্বমোট ৮-১০টি ডেটা সংগ্রহ করে তালিকাভুক্ত করুন।

- দ্রাব্যতা বনাম তাপমাত্রার গ্রাফ অঙ্কন করুন।
 - তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে NaCl এর দ্রাব্যতা বাড়ে না কমে তা বর্ণনা করুন।
- দ্রাব্যতা লেখচিত্র হতে যেকোনো তাপমাত্রায় NaCl এর দ্রাব্যতা নির্ণয় করতে পারবে কি না তা বর্ণনা করুন।



সারসংক্ষেপ :

- মোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রবণের প্রতি লিটার আয়তনের মধ্যে কোন পদার্থের এক মোল বা গ্রাম আণবিক ভর পরিমাণ দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের মোলার দ্রবণ বলা হয়।
- মোলাল দ্রবণ : 1000 g দ্রাবকে কোনো দ্রবের এক গ্রাম অণু দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে মোলাল দ্রবণ বলা হয়।
- নরমাল দ্রবণ : 1 L বা 1000 mL দ্রবণে 1 গ্রাম-তুল্য ভরের কোনো দ্রব দ্রবীভূত থাকলে, ঐ দ্রবণকে নরমাল দ্রবণ বলা হয়।
- দ্রাব্যতা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 100 গ্রাম দ্রাবকে সর্বোচ্চ যত গ্রাম দ্রব দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরি করে গ্রামে প্রকাশিত দ্রবের ঐ পরিমাণকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ দ্রবের দ্রাব্যতা বলা হয়।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- 200 g সম্পৃক্ত দ্রবণে 18 g দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণটির দ্রাব্যতা কত?
(ক) 9 (খ) 9.5 (গ) 9.89 (ঘ) 10
- কোনটির দ্রাব্যতা বেশি?
(ক) AgF (খ) AgCl (গ) AgBr (ঘ) AgI
- 30°C এ AgCl এর $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-8}$ হলে AgCl এর দ্রাব্যতা কত?
(ক) $1.0 \times 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$ (খ) $1.0 \times 10^{-10} \text{ molL}^{-1}$
(গ) $1.0 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1}$ (ঘ) $1.0 \times 10^{-8} \text{ molL}^{-1}$
- কোনো পদার্থ অধঃক্ষিপ্ত হওয়ার শর্ত কী?
(ক) আয়নিক গুণফল = দ্রাব্যতা গুণফল (খ) আয়নিক গুণফল > দ্রাব্যতা গুণফল
(গ) আয়নিক গুণফল < দ্রাব্যতা গুণফল (ঘ) আয়নিক গুণফল - দ্রাব্যতা গুণফল = ০
- 25°C তাপমাত্রায় লবণের দ্রাব্যতা 40। এ তাপমাত্রায় 700 g সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত গ্রাম লবণ প্রয়োজন?
(ক) 140 (খ) 200 (গ) 280 (ঘ) 350
- 30°C তাপমাত্রায় 1.2 আপেক্ষিক গুরুত্বের 50 mL সম্পৃক্ত দ্রবণে কোনো পদার্থের 10 g দ্রবীভূত আছে। ঐ তাপমাত্রায় উক্ত পদার্থের দ্রাব্যতা কত?
(ক) 20 (খ) 24 (গ) 41.67 (ঘ) 46.26

পাঠ-৬.৩ দ্রাব্যতার গুণফল ও অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- দ্রাব্যতা গুণফল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- দ্রাব্যতার উপর সমআয়ন প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

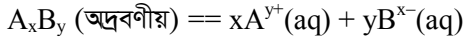
দ্রাব্যতা, দ্রবণীয় দ্রব, দ্রাব্যতা গুণফল, সমআয়ন, অধঃক্ষেপ, আয়নিক গুণফল।



দ্রাব্যতা গুণফল (Solubility Product)

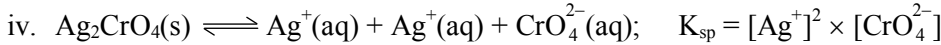
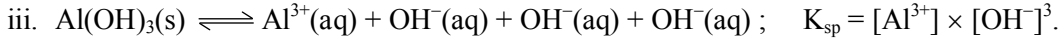
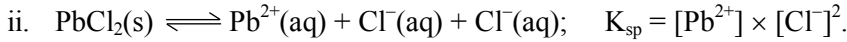
নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় স্বল্প দ্রবণীয় লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে লবণটির আয়নগুলোর যে ঘনমাত্রায় থাকে (গ্রাম-আয়ন/লিটার এককে), তার যথাযথ ঘাতে উন্নীত সেই ঘনমাত্রাগুলোর গুণফলকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ স্বল্প দ্রবণীয় লবণের দ্রাব্যতা গুণফল বলা হয়।

মনে করি, A_xB_y একটি স্বল্প দ্রবণীয় লবণ যার সম্পৃক্ত দ্রবণে বিয়োজনের সাম্যাবস্থা নিম্নরূপ :



এখানে, y^+ ও x^- যথাক্রমে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আধান।

এ লবণের ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা গুণফল, $K_{sp} = [A^{y+}]^x \times [B^{x-}]^y$



দ্রাব্যতা গুণফলের নীতি :

দ্রাব্যতা গুণফলের নীতি হলো—

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্বল্প দ্রবণীয় লবণের দ্রবণে লবণটি দ্রবীভূত বা অধঃক্ষিপ্ত হবে কিনা, তা নির্ভর করে ঐ তাপমাত্রায় লবণটির দ্রাব্যতা গুণফলের মানের উপর। যদি দ্রবণে উপস্থিত কোনো লবণের মধ্যস্থিত আয়নগুলোর যথোপযুক্ত ঘাতসহ মোলার ঘনমাত্রার গুণফল ঐ তাপমাত্রায় লবণটির দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে যায়, তবে লবণটি দ্রবণ থেকে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যদি ঐ গুণফলের মান লবণটির দ্রাব্যতা গুণফলের মানকে অতিক্রম করতে না পারে, তবে লবণটি দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে।

ঘাতসহ আয়নিক ঘনমাত্রায় গুণফল $> K_{sp}$; অধঃক্ষেপ পড়বে।

ঘাতসহ আয়নিক ঘনমাত্রার গুণফল $< K_{sp}$; অধঃক্ষেপ পড়বে না।

ঘাতসহ আয়নিক ঘনমাত্রার গুণফল $= K_{sp}$; দ্রবণটি সম্পৃক্ত হবে।

দ্রাব্যতার উপর সম-আয়ন প্রভাব :

কোনো স্বল্প দ্রবণীয় লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে সম আয়নবিশিষ্ট কোনো তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ যোগ করলে স্বল্প দ্রাব্যতা বিশিষ্ট লবণটির দ্রাব্যতার হ্রাস ঘটে। অর্থাৎ স্বল্প তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজনের হ্রাস ঘটে। উদাহরণস্বরূপ MA একটি স্বল্প দ্রবণীয় লবণ। এ লবণের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে সাম্যাবস্থা MA (অদ্রবীভূত) $\rightleftharpoons M^+(aq) + A^-(aq)$

এ দ্রবণটির দ্রাব্যতার গুণফল, $K_{sp} = [M^+].[A^-]$

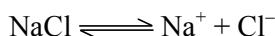
কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় MA লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে $[M^+]$ ও $[A^-]$ আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল সর্বদা ধ্রুবক এবং এ গুণফলের মান ঐ তাপমাত্রায় লবণটির দ্রাব্যতার গুণফলের সমান। এখন MA লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে যদি সমআয়ন বিশিষ্ট একটি তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ MX অথবা YA যোগ করা হয় তাহলে সেক্ষেত্রে দ্রবণে সম আয়ন M^+ অথবা A^- এর ঘনত্বের বৃদ্ধি ঘটবে। কিছু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় K_{sp} এর মান নির্দিষ্ট। কাজেই K_{sp} এর মান স্থির রাখার জন্য কিছু সংখ্যক সম আয়ন M^+ অথবা A^- অপর আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে অদ্রবণীয় MA উৎপন্ন করবে। এর ফলে MA এর দ্রাব্যতা হ্রাস ঘটবে।

যেমন : $AgCl$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য $NaCl$ এর দ্রবণ যোগ করা হয়। তবে $AgCl$ এর দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। অর্থাৎ বিশুদ্ধ পানিতে $AgCl$ এর দ্রাব্যতা, $NaCl$ এর জলীয় দ্রবণে $AgCl$ এর দ্রাব্যতা অপেক্ষা বেশি। আবার বিশুদ্ধ পানিতে NH_4OH এর দ্রাব্যতা, NH_4Cl এর জলীয় দ্রবণে NH_4OH এর দ্রাব্যতা অপেক্ষা বেশি।

দ্রাব্যতা গুণফল নীতির প্রয়োগ

কোনো সম্পৃক্ত দ্রবণে লবণের আয়নিক গুণফল এবং দ্রাব্যতা গুণফল বস্তুত একই। সুতরাং যখন কোনো লবণের আয়নিক গুণফল তার দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে তখন তা অধঃক্ষিপ্ত হয়। এ কারণে দ্রাব্যতা গুণফল নীতি বিশ্লেষণী রসায়নে এক গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। নিচে দ্রাব্যতা গুণফল নীতির কতকগুলো প্রয়োগ আলোচনা করা হলো।

(ক) লবণ বিশুদ্ধকরণ : সাধারণ লবণ বিশুদ্ধ করার সময় লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণের ভাসমান পদার্থ দূর করে এর মধ্যে HCl গ্যাস চালনা করা হয়। সম্পৃক্ত দ্রবণে লবণ নিম্নরূপে বিয়োজিত থাকে—



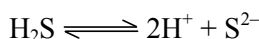
HCl গ্যাস চালনা করার ফলে দ্রবণে Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ফলে $NaCl$ এর আয়নিক গুণফল $[Na^+] \times [Cl^-]$ এত বৃদ্ধি পায় যে তা লবণের দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে। ফলে $NaCl$ এর অতি সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরি হয় এবং বিশুদ্ধ $NaCl$ লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(খ) সাবানের লবণক্ষেপণ : তেল বা চর্বি'র ক্ষারীয় অর্দ্রবিশ্লেষণে সাবান তৈরি হয়। সাবানায়নের এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন সাবান কিছু দ্রবণীয় অবস্থায় থাকে। এখন এই দ্রবণে $NaCl$ যোগ করলে সাবানের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। ফলে সাবান জলীয় দ্রবণ থেকে উপরের দিকে ভেসে ওঠে।

(গ) অজৈব আঙ্গিক বিশ্লেষণ : বিশ্লেষণি গ্রুপ-I এ Ag^+ , Pb^{2+} এবং Hg^+ প্রভৃতি ক্ষারকীয় মূলক বিদ্যমান। পানিতে এসব ধাতব আয়নের ক্লোরাইড লবণের দ্রাব্যতা অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের দ্রাব্যতার তুলনায় অনেক কম। তাই সম্পৃক্ত দ্রবণে এসব লবণের দ্রাব্যতা গুণফলও কম। ফলে এসব ধাতব আয়নধারী প্রশমিত দ্রবণে কিছু পরিমাণ HCl যোগ করলে ধাতব আয়ন ক্লোরাইড লবণ হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা গুণফল তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি হওয়ায় তারা ক্লোরাইড হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয় না। তা ছাড়া $PbCl_2$ এর দ্রাব্যতা গুণফল $AgCl$ বা Hg_2Cl_2 এর দ্রাব্যতা গুণফল অপেক্ষা বেশি হওয়ায় $PbCl_2$ এর অধঃক্ষেপণ $AgCl$ বা Hg_2Cl_2 এর মতো সম্পূর্ণ হয় না।

বিশ্লেষণি গ্রুপ-II এর ক্ষারকীয় মূলকগুলো হচ্ছে Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} । এ ধাতব আয়নগুলোকে $0.3M$ HCl এর উপস্থিতিতে H_2S গ্যাস চালনা করে সালফাইড হিসেবে (PbS , HgS , CdS , CuS) অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

এক্ষেত্রে H_2S পানিতে দ্রবীভূত হয় এবং মৃদু এসিড হিসেবে নিম্নরূপে আয়নিত হয়।



$$K_a = \frac{[H^+]^2 \times [S^{2-}]}{[H_2S]}$$

যেহেতু $K_a = 1.1 \times 10^{-22}$ = ধ্রুবক, কাজেই দ্রবণে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা যত বৃদ্ধি পাবে S^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা তত হ্রাস পাবে। সুতরাং দ্রবণে অল্প ধর্ম যত তীব্র হবে S^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা তত হ্রাস পাবে। ফলে যে ধাতব সালফাইডগুলো অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় তাই এ অবস্থায় সালফাইড হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হবে। Zn , Mn , Ni , Co প্রভৃতি ধাতুর সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফল Cd , Pb , Cu , Hg প্রভৃতির সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফল অপেক্ষা বেশি হওয়ায় Zn , Mn , Ni , Co -এদের সালফাইডের অধঃক্ষেপণ ঘটে না। Cd , Pb , Cu , Hg এদের সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফল অপেক্ষাকৃত অনেক কম হওয়ায় এদের সালফাইডগুলোর আয়নিক গুণফল দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে এবং অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ছক : 18°C তাপমাত্রায় বিভিন্ন ধাতব সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফল

সালফাইড	দ্রাব্যতা গুণফল	সালফাইড	দ্রাব্যতা গুণফল
HgS	3×10^{-54}	NiS	1.4×10^{-24}
CuS	8.5×10^{-45}	CoS	3.0×10^{-26}
PbS	3.4×10^{-28}	ZnS	1.2×10^{-23}
CdS	3.6×10^{-29}	MnS	1.4×10^{-16}

উল্লেখ্য যে, H₂S খুব ধীরে ধীরে চালনা করলে প্রথমে Hg, পরে CuS এভাবে অধঃক্ষিপ্ত হবে। অর্থাৎ যে সালফাইডটির দ্রাব্যতা গুণফল সবচেয়ে কম তা সবচেয়ে আগে অধঃক্ষিপ্ত হবে।

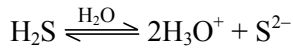
বিশ্লেষণি গ্রুপ-III-এ Fe³⁺, Al³⁺, Cr³⁺ প্রভৃতি ধাতব আয়ন তাদের হাইড্রোক্সাইড হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। দ্বিতীয় গ্রুপ অতিক্রম করার পর পরিস্রুতের মধ্যে 0.1M অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং 3M অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড মিশিয়ে স্কারীয় করা হয়। এ দ্রবণে OH⁻ আয়নের ঘনমাত্রা 6×10^{-7} মোল/লিটার। OH⁻ আয়নের এমন কম ঘনমাত্রা কেবল Fe, Al এবং Cr এর হাইড্রোক্সাইডগুলোর যে আয়নিক গুণফল সৃষ্টি করে তা কেবল ঐ হাইড্রোক্সাইডগুলোর দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করতে পারে। ফলে কেবল এদের হাইড্রোক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হবে।

এই হাইড্রোক্সাইডগুলো পৃথক করার পর অ্যামোনিয়াক্স দ্রবণে H₂S চালনা করলে (NH₄)₂S উৎপন্ন হয়। এটি অতিমাত্রায় আয়নিত হয়ে অধিক ঘনমাত্রায় S²⁻ আয়ন উৎপন্ন করে। S²⁻ আয়নের উচ্চ ঘনমাত্রা Zn, Co, Ni এবং Mn প্রভৃতির সালফাইডের যে আয়নিক গুণফল সৃষ্টি করে, তা উক্ত ধাতব সালফাইডগুলোর তুলনামূলকভাবে উচ্চ দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করতে পারে। ফলে ঐ সালফাইডগুলো অধঃক্ষিপ্ত হয়।

মনে রাখবেন :

১। এসিড মিশ্রিত Cu²⁺ আয়ন ও Zn²⁺ আয়নের দ্রবণে H₂S গ্যাস চালনা করলে শুধু CuS অধঃক্ষিপ্ত হয়—

H₂S গ্যাস পানিতে স্বল্পমাত্রায় দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণে H₂S গ্যাস চালনা করলে এটি বিয়োজিত হয়ে 2H₃O⁺ আয়ন ও S²⁻ আয়ন উৎপন্ন করে।



এসিডীয় দ্রবণে H₂S গ্যাস চালনা করলে এসিডের সমআয়ন H₃O⁺ এর উপস্থিতিতে H₂S এর বিয়োজনের হ্রাস ঘটে। ফলে দ্রবণে S²⁻ আয়নের ঘনমাত্রা কমে যায়। এখন, এমন একটি দ্রবণ যে দ্রবণে Cu²⁺ ও Zn²⁺ উভয় আয়নই উপস্থিত, এ দ্রবণে H₂S গ্যাস চালনা করলে দ্রবণে S²⁻ আয়নের ঘনমাত্রা এতই কমে যায় যে কেবল Cu²⁺ আয়ন ও S²⁻ আয়নের ঘনমাত্রার গুণফল CuS এর দ্রাব্যতা গুণফলের মানকে অতিক্রম করে যায়। ফলে CuS অধঃক্ষিপ্ত হয়।

কিন্তু এ অবস্থায় দ্রবণে Zn²⁺ আয়ন ও S²⁻ আয়নের ঘনমাত্রার গুণফল ZnS এর দ্রাব্যতা গুণফলের মানকে অতিক্রম করতে পারে না বিধায় ZnS এর অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় না।

২। NaCl দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ NaCl প্রস্তুত করতে HCl এসিড ব্যবহার করা হয়—

অবিশুদ্ধ NaCl কে পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। দ্রবণকে পরিস্রাবণ করে পরিস্রুট তরল হিসাবে NaCl এর দ্রবণ পাওয়া যায়। দ্রবণে তাপ প্রয়োগে আরও ঘন দ্রবণে পরিণত করা হয়। NaCl(s) \rightleftharpoons Na⁺(aq) + Cl⁻(aq) এ সাম্যাবস্থার সৃষ্টি করে। দ্রবণে 2 – 4 ফোঁটা গাঢ় HCl যোগ করা হয়। গাঢ় HCl যোগ করার ফলে দ্রবণে Cl⁻ আয়নের ঘনমাত্রা যথেষ্ট পরিমাণে বেড়ে যায়। ফলে NaCl এর বিয়োজন অস্বাভাবিকভাবে কমে যায়। NaCl এর বিয়োজন এতই কমে যায় যে, এ অবস্থায় NaCl এর আয়নিত গুণফল, [Na⁺] × [Cl⁻] এর দ্রাব্যতা গুণফলকে অতিক্রম করে। ফলে দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ NaCl অধঃক্ষিপ্ত হয়।



সারসংক্ষেপ :

- দ্রাব্যতার গুণফল : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় স্বল্প দ্রবণীয় লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে লবণটির আয়নগুলোর যে ঘনমাত্রায় থাকে (গ্রাম-আয়ন/লিটার এককে), তার যথাযথ ঘাতে উন্নীত সেই ঘনমাত্রাগুলোর গুণফলকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ স্বল্প দ্রবণীয় লবণের দ্রাব্যতা গুণফল বলা হয়।
- দ্রাব্যতা গুণফলের নীতি :
 ঘাতসহ আয়নিক ঘনমাত্রায় গুণফল $> K_{sp}$; অধঃক্ষেপ পড়বে।
 ঘাতসহ আয়নিক ঘনমাত্রার গুণফল $< K_{sp}$; অধঃক্ষেপ পড়বে না।
 ঘাতসহ আয়নিক ঘনমাত্রার গুণফল $= K_{sp}$; দ্রবণটি সম্পৃক্ত হবে।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। দ্রবণের SO_4^{2-} মূলক শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়—
 (ক) $BaCl_2$ (খ) $Ba(NO_3)_2$ (গ) $AgNO_3$ (ঘ) NH_4OH
- ২। নিচের কোন দ্রাবকে $AgCl$ এর দ্রাব্যতা সবচেয়ে বেশি?
 (ক) 0.01M KCl (খ) 0.01M $AgNO_3$ (গ) পানি (ঘ) 0.01M HCl
- ৩। দ্রাব্যতা গুণফলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—
 i. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রাব্যতা গুণফল নির্দিষ্ট
 ii. দ্রবণে আয়নগুলোর গাঢ়ত্বের গুণফল K_{sp} এর সমান হলে দ্রবণটি অসম্পৃক্ত
 iii. দ্রবণে আয়নগুলোর গুণফল K_{sp} অপেক্ষা ছোট হলে দ্রব অধঃক্ষিপ্ত হবে
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i (খ) i ও ii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii
- ৪। দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা গুণফলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—
 i. দ্রাব্যতা সমআয়নের উপস্থিতিতে পরিবর্তিত হয়
 ii. দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা গুণফল তাপমাত্রানির্ভর
 iii. সমআয়নের প্রভাবে জটিল যৌগ সৃষ্টি হলেও দ্রাব্যতা গুণফল অপরিবর্তিত থাকে
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ৫ ও ৬ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও :

35°C তাপমাত্রার 27.2 g সম্পৃক্ত $NaCl$ দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে 7.2g শুষ্ক অবশেষ পাওয়া গেল।

- ৫। এ তাপমাত্রায় $NaCl$ এর দ্রাব্যতা—
 (ক) 20 (খ) 25 (গ) 36 (ঘ) 40
- ৬। দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য
 i. $AgCl$ দ্রবণে $NaCl$ দ্রবণ যোগ করলে $AgCl$ এর দ্রাব্যতা হ্রাস পায়
 ii. তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে $NaCl$ এর দ্রাব্যতার বৃদ্ধি ঘটে
 iii. স্থির তাপমাত্রায় Na^+ ও Cl^- এর ঘনমাত্রার গুণফল ধ্রুবক
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৬.৪


কেলাসন, পাতন ও দ্রাবক নিষ্কাশন



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- কেলাসন, পাতন, আংশিক পাতন, বাষ্পপাতন ও উর্ধ্বপাতন বর্ণনা করতে পারবেন।
- দ্রাবক নিষ্কাশন পদ্ধতির ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- সাধারণ পরীক্ষাগার প্রণালীর গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	কেলাসন, পাতন, আংশিক পাতন, বাষ্পপাতন, উর্ধ্বপাতন।
---	-------------------	--

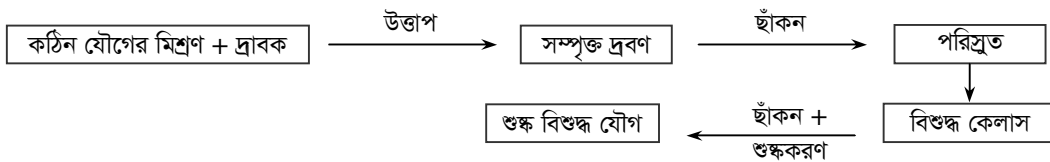
**কেলাসন (Crystallization)**

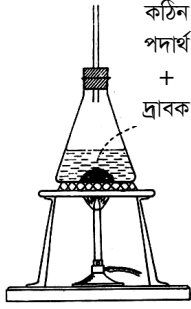
প্রকৃতিতে প্রাপ্ত উদ্ভিজ্জ বা প্রাণিজ জৈব যৌগ এবং অজৈব যৌগ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। যেমন— প্রকৃতিতে প্রাপ্ত খাদ্য লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। এতে অতি সামান্য পরিমাণে CaCl_2 , MgCl_2 , MgSO_4 , Na_2SO_4 প্রভৃতি দ্রবণীয় ভেজাল ছাড়াও অদ্রবণীয় ভেজাল হিসেবে বালি মিশ্রিত থাকে। তাই প্রকৃতিতে প্রাপ্ত এবং ল্যাবরেটরিতে প্রস্তুত অবিশুদ্ধ যৌগসমূহ বিশুদ্ধ করার প্রয়োজন হয়।

সাধারণত জৈব যৌগের বিশোধনে কেলাসন প্রণালি ব্যাপক ব্যবহার করা হয়। এটি একটি ভৌত প্রণালি অর্থাৎ কোনো প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া না ঘটিয়ে নির্দিষ্ট যৌগকে অপরিবর্তিত রেখে তা থেকে অন্যান্য মিশ্রিত পদার্থ পৃথক করা হয়।

কেলাসের সংজ্ঞা : কোনো কঠিন অবিশুদ্ধ বস্তুকে উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করে উক্ত বস্তুর সম্পৃক্ত দ্রবণকে তাপ প্রয়োগে উত্তপ্ত করার পর ধীরে ধীরে শীতল করে অবিশুদ্ধ বস্তুকে বিশুদ্ধ কেলাসরূপে পৃথক করার পদ্ধতিকে কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ বলে। এ প্রক্রিয়ায় সাধারণত যেসব দ্রাবক ব্যবহৃত হয় সেগুলো হলো পাতিত পানি, ইথানল, ইথার, এসিটোন, হেক্সেন, ডাইক্লোরোমিথেন, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি।

বর্ণনা : প্রথমে এমন একটি দ্রাবক নির্বাচন করা হয় যাতে অবিশুদ্ধ কঠিন যৌগ সহজেই দ্রবীভূত হয়। দ্রাবকের উদ্বায়িতা যত কম হয় ততই ভালো। দ্রাবকে বিশোধন যৌগ যোগ করে সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরি করা হয়। এবার সম্পৃক্ত দ্রবণকে তাপ প্রয়োগ করে উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রবণকে পরিস্রাবণ (ফিল্টার) করে অদ্রবণীয় বস্তু থেকে পৃথক করা হয়। ব্যবহৃত দ্রাবকটি খুব বেশি উদ্বায়ী হলে পাত্রের মুখে শীতক যুক্ত করতে হবে। এবার পরিস্রুত দ্রবণ কক্ষ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে শীতল হতে থাকলে কেলাসন শুরু হয় এবং ১০-১৫ মিনিটের মধ্যেই পদার্থটি তার নিজস্ব আকৃতির বড় বড় কেলাসে পাত্রের তলায় জমা হয়। তবে দ্রবণ বরফ যোগে দ্রুত শীতল করলে পদার্থটির কেলাস মিহি আকারের হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে মিশ্র দ্রাবক ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে অধিক পোলার দ্রাবকে প্রথমে অবিশুদ্ধ পদার্থকে দ্রবীভূত করে সম্পৃক্ত দ্রবণ করা হয় অতঃপর দ্রবণটি তাপ দিয়ে ফিল্টার করার পর পরিস্রুত দ্রবণে ফোঁটায় ফোঁটায় কম পোলার দ্রাবক যোগ করা হয়। দ্রবণ ঘোলা হলে কক্ষ তাপমাত্রায় ধীরে ধীরে শীতল করে পদার্থটিকে কেলাসিত করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত কেলাসসমূহ ছেকে পৃথক করা হয় এবং সামান্য দ্রাবক দ্বারা ২/৩ বার ধৌত করে ছাঁকন কাগজ দিয়ে শুকানো হয় অথবা ডেসিকেটরে রেখে দিলে ৪/৫ ঘণ্টা পর শুষ্ক বিশুদ্ধ কেলাস পাওয়া যায়।

কেলাসন প্রক্রিয়ার প্রবাহ চিত্র :



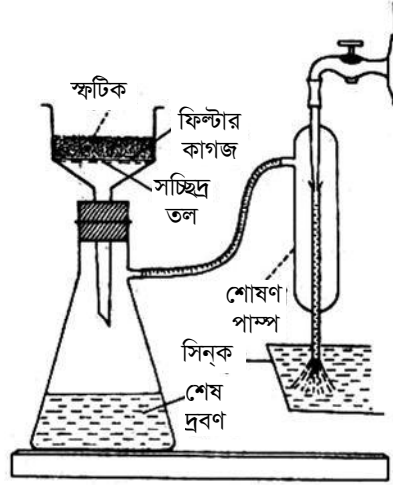
চিত্র-৪.১ (ক) : দ্রবণ প্রস্তুতি




চিত্র-৪.১ (খ) : ভাঁজ করা কাগজের সাহায্যে পরিস্রাবণ



চিত্র-৪.১ (গ) : হট ওয়াটার ফানেলের সাহায্যে পরিস্রাবণ



চিত্র-৪.২ : শোষণ পাম্পযুক্ত বুকনার ফানেল

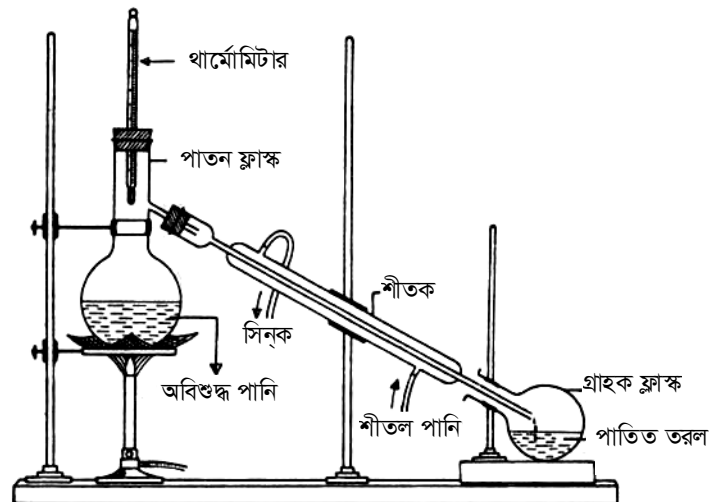
	শিক্ষার্থীর কাজ	কাজ (একক) : তুঁতের দ্রবণ থেকে কীভাবে তুঁত পৃথক করবে? বর্ণনা খাতায় লিখুন।
---	------------------------	---

পাতন (Distillation)

মূলনীতি : দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রণ হতে তাপ প্রয়োগে মিশ্রণের উপাদানসমূহকে বাষ্পে পরিণত করে আবার সেই বাষ্পকে শীতল করে তরল আকারে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে পাতন বলে।

পাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে অনুদ্বায়ী কঠিন ও তরলের মিশ্রণ হতে উপাদানসমূহ পৃথক করা যায়। আবার দুই বা ততোধিক তরলের মিশ্রণ হতে উপাদান তরল যৌগকে পৃথক করা যায়। মিশ্রিত তরল যৌগের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য যত বেশি হবে ততই এদের উপাদান পৃথক করা সহজ হয়।

বর্ণনা : একটি পাতন ফ্লাস্কে মিশ্রিত তরল যৌগ নিয়ে এর মুখে কর্কের সাহায্যে একটি থার্মোমিটার এমনভাবে যুক্ত করা হয় যেন এটির নিম্নাংশ ফ্লাস্কের পার্শ্বনলের মুখ বরাবর পৌঁছে। এবার পাতন ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর বসিয়ে স্ট্যান্ডের সাহায্যে ভালোভাবে

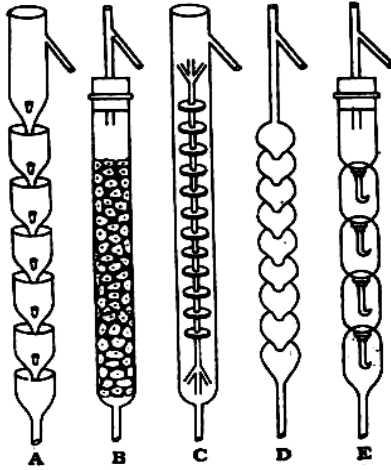


চিত্র-৪.৩ : পাতন প্রণালি

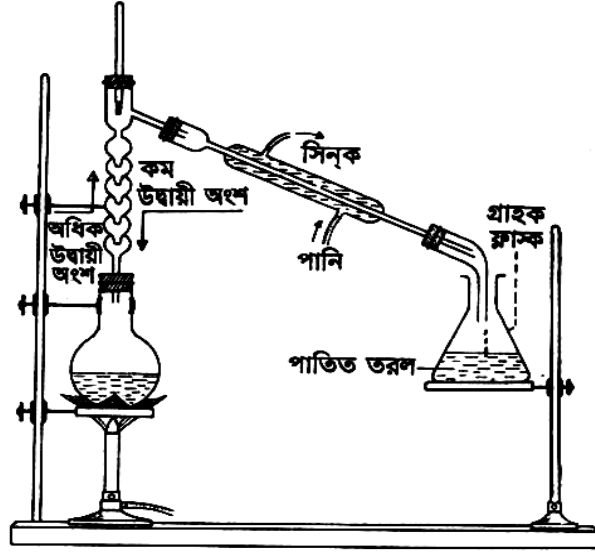
যুক্ত করা হয়। ফ্লাস্কটির পার্শ্বনলের সাথে লিবিগ শীতক লাগিয়ে শীতকের পার্শ্বনল একটি পানির ট্যাপের সাথে যুক্ত করে পানির প্রবাহ চালনা করা হয়। শীতকের নিম্নপ্রান্তে গ্রাহক পাত্র যুক্ত করা হয়। এবার ফ্লাস্কটিতে তাপ প্রয়োগ করলে তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং তরলের স্ফুটনাঙ্ক পৌঁছামাত্রই তরল বাষ্প হতে থাকবে এবং শীতকে প্রবেশ করে ঘনীভূত হয়ে আবার তরলে পরিণত হয়ে গ্রাহক পাত্রে জমা হবে। যতক্ষণ তরলটি বাষ্পে পরিণত হওয়া শেষ না হবে ততক্ষণ তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকে।

আংশিক পাতন (Fractional distillation) :

দুই বা ততোধিক তরল মিশ্রণ যার উপাদান তরলের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য 40° সে. বা তার বেশি হলে সাধারণ পাতন প্রক্রিয়ায় এদেরকে পৃথক করা যায়। কিন্তু যদি মিশ্রণের উপাদানগুলোর স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য খুব কম হয় তখন সাধারণ পাতন প্রণালিতে এদের পৃথক করা যায় না। এক্ষেত্রে পাতন ফ্লাস্কের এবং শীতকের মধ্যে ‘অংশ কলাম’ ব্যবহার করে পাতন প্রক্রিয়ায় মিশ্রিত তরলের উপাদানগুলো পৃথক করা হয়। ‘অংশ কলাম’ ব্যবহার করে পাতন প্রক্রিয়ায় মিশ্রণের তরল উপাদানসমূহকে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে আংশিক পাতন বলে।



চিত্র ৪.৪ : আংশিক কলাম



চিত্র ৪.৫ : আংশিক পাতন প্রণালি

বর্ণনা : একটি তরল মিশ্রণে তিনটি তরল A, B এবং C আছে। A এর স্ফুটনাঙ্ক 40° সে., B এর স্ফুটনাঙ্ক 70° সে. এবং C এর স্ফুটনাঙ্ক 128° সে.। সুতরাং এদের উদ্বায়িতার ক্রম হবে $A > B > C$ । এই মিশ্রণকে পাতন ফ্লাস্কে নিয়ে তাতে একটি অংশ কলাম যুক্ত করে তাপ দিলে মিশ্রণটি ফুটতে থাকে এবং উৎপন্ন A, B এবং C এর বাষ্প অংশ কলামের ভিতর দিয়ে উপরে উঠতে থাকে। বেশি উদ্বায়ী তরলের (A) বাষ্পের পরিমাণ বেশি হওয়ায় তা শীতক নলে প্রবেশ করে ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয়ে গ্রাহক পাত্রে জমা হয় কিন্তু কম উদ্বায়ী B এবং C অংশ কলামের মধ্যেই তরলে পরিণত হয়ে আবার পাতন ফ্লাস্কে ফিরে আসে। A তরলটির পাতন শেষ হলে ফ্লাস্কের তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং B এর বাষ্প শীতকে প্রবেশ করে শীতল হয়ে তরল আকারে গ্রাহক পাত্রে জমা হয়। এভাবে তরল মিশ্রণের উপাদান A, B এবং C মিশ্রণ থেকে পৃথক হয়ে যায়। পরবর্তীতে A, B এবং C তরলকে পুনরায় সাধারণ পাতন প্রক্রিয়ায় পাতন করে বিশুদ্ধ করা হয়।

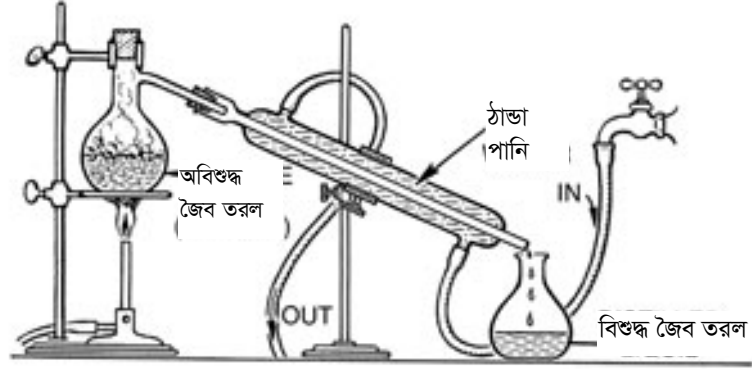
বর্তমানে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পেট্রোলিয়াম বিশোধন, আলকাতরার অংশ পাতন, রেকটিফাইড স্পিরিট উৎপাদনসহ অসংখ্য পৃথকীকরণ করা হয়।

বাষ্প পাতন (Steam distillation) :

মূলনীতি : যেসব কঠিন ও তরল জৈব যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় এবং ফুটন্ত পানিতে বিয়োজিত হয় না তবে কিছু পরিমাণ হলেও বাষ্পায়িত হয়, তাদেরকে অনুদ্বায়ী ভেজাল হতে জলীয় বাষ্পের সাহায্যে পাতন করে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে বাষ্প পাতন বা স্টিম পাতন বলে।

বাষ্প পাতনের ক্ষেত্রে উদ্বায়ী জৈব পদার্থ তার স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় ফুটে বাষ্পায়িত হয় এবং এই বাষ্প প্রবাহমান জলীয় বাষ্প কর্তৃক বাহিত হয়। এক্ষেত্রে জৈব যৌগের বাষ্পচাপ (P_1) ও জলীয় বাষ্পের চাপ (P_2) এর সমষ্টি বায়ুচাপ (P) এর সমান হয়। অর্থাৎ $P = P_1 + P_2$

বর্ণনা : এই প্রণালিতে অবিভক্ত উদ্বায়ী জৈব যৌগকে পাতন ফ্লাস্কে (F) নিয়ে তাতে জলীয় বাষ্প চালনা করা হয়। কোনো তরলের মধ্যে জলীয় বাষ্প চালনা করলে তা উত্তপ্ত হয় ও তার বাষ্পচাপ ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। যখনই তরলটির বাষ্পচাপ ও আগত জলীয় বাষ্পের চাপের সমষ্টি বায়ুচাপের সমান হয় তখনই তরলটি ফুটতে আরম্ভ করে ও বাষ্পীভূত হয়ে জলীয় বাষ্পের সাথে শীতকের ভিতরে প্রবেশ করে। শীতকের ভিতর ঠাণ্ডা পানির শৈত্যে জলীয় বাষ্প ও তরলের বাষ্প ঘনীভূত হয়ে গ্রাহক পাত্রে তরলাকারে জমা হয়। একটি টিনের পাত্রে (B) পানি ফুটিয়ে জলীয় বাষ্প উৎপাদন করা হয় ও পাতন ফ্লাস্কটি চিত্রানুযায়ী কাত করে তার মধ্যে জলীয় বাষ্প চালনা করা হয় যাতে তরলটি লাফ দিয়ে নির্গম নল পর্যন্ত পৌছাতে না পারে। টিনের পাত্র (B) এবং পাতন ফ্লাস্কে (F) এমনভাবে তাপ প্রদান করা হয় যাতে পাতন ফ্লাস্কে প্রবিষ্ট ও তা থেকে নির্গত বাষ্পের পরিমাণ প্রায় সমান থাকে। গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত জৈব




চিত্র ৪.৬: বাষ্প পাতন প্রণালী

তরলের সাথে পানি মিশ্রিত থাকে। জৈব তরলটি পানির সাথে মিশ্রণীয় নয় বলে সহজেই পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে পানি হতে তরলকে পৃথক করে নেওয়া যায়।

প্রয়োগ : বিভিন্ন শিল্পকারখানায় এ পদ্ধতির প্রয়োগ করা হয়। এ পদ্ধতিতে—

- সুগন্ধি ফুল হতে ফুলের নির্যাস।
- ইউকেলিপটাস পাতা হতে ইউকেলিপটাস তৈল নিষ্কাশন।
- নাইট্রোবেনজিনকে বিজারণ করে প্রাপ্ত অ্যানিলিনের বিশোধন করা হয়।

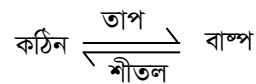
	শিক্ষার্থীর কাজ	কাজ (একক) : তেল ও ইথানলের মিশ্রণ থেকে কীভাবে উপাদান দুটি পৃথক করবে? বর্ণনা খাতায় লেখ।
---	------------------------	--

উর্ধ্বপাতন (Sublimation)

পদার্থসমূহ সাধারণত তিনটি অবস্থায় থাকতে পারে। যেমন— কঠিন পদার্থকে তাপ প্রয়োগ করলে প্রথমে তরলে এবং পরে আরও বেশি তাপ প্রয়োগ করলে বাষ্পে পরিণত হয়। আবার গ্যাসীয় পদার্থকে ঠাণ্ডা করলে প্রথমে তরলে পরিণত হয় এবং তরলকে আরও বেশি ঠাণ্ডা করলে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।



প্রকৃতিতে এমন কিছু পদার্থ আছে যাদেরকে তাপ প্রয়োগ করলে তরলে পরিণত না হয়ে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়। আবার সেই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করলে পুনরায় তরলে পরিণত না হয়ে কঠিন অবস্থায় ফিরে আসে। এসব পদার্থকে উৎক্ষেপ (Sublimate) বলা হয়।

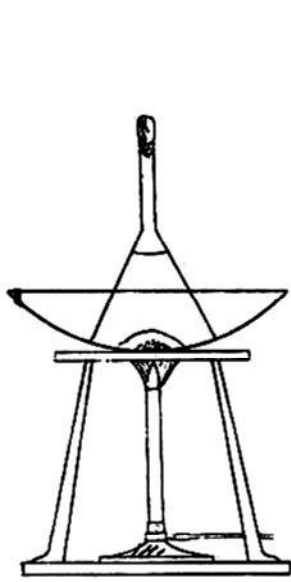


মূলনীতি : যে প্রক্রিয়ায় কোনো কঠিন পদার্থকে তাপ প্রয়োগে সরাসরি বাষ্পে পরিণত করে সেই বাষ্পকে শীতল করলে আবার তরল অবস্থা প্রাপ্ত না হয়ে সরাসরি কঠিন অবস্থায় ফিরে আসে তাকে **উর্ধ্বপাতন** বলে।

কক্ষ তাপমাত্রায় যেসব কঠিন পদার্থের বাষ্পচাপ (P_1) বায়ুচাপ (P) অপেক্ষা বেশি অর্থাৎ $P_1 > P$ কেবল সেসব পদার্থই উর্ধ্বপাতিত হয়ে থাকে। প্রকৃতিতে এ ধরনের পদার্থের সংখ্যা খুবই সীমিত।

উর্ধ্বপাতনধর্মী যেকোনো পদার্থকে সহজেই অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থের মিশ্রণ হতে উর্ধ্বপাতিত করে পৃথক করা যায়। প্রথমে মিশ্রণকে একটি চীনামাটির বেসিনে নিয়ে একটি ফানেলকে বেসিনের উপর উপড় করে বসিয়ে দিয়ে ফানেলের নলটি তুলা দিয়ে বন্ধ করে দেওয়া হয় এবং ফানেলের গায়ে ভিজা ন্যাকড়া বা ভিজা ফিল্টার কাগজ জড়িয়ে বেসিনটিকে উত্তপ্ত করলে উদ্বায়ী পদার্থটি উর্ধ্বপাতিত হয়ে ফানেলের গায়ে জমা হয়। এ প্রক্রিয়ায় বেনজয়িক এসিডকে (গলনাঙ্ক 121° সে.) ধীরে ধীরে তাপ প্রয়োগ করলে এটি 100° সে. তাপমাত্রায় উর্ধ্বপাতিত হয়। অবিশুদ্ধ বেনজয়িক এসিডকে এভাবে বিশোধন করা হয়। কর্পূর, ন্যাপথালিন, নিশাদল, আয়োডিন ইত্যাদি তাপে উর্ধ্বপাতিত হয়।


আবার, যেসব কঠিন জৈব যৌগকে স্বাভাবিক বায়ুচাপে উত্তপ্ত করলে আংশিক বিয়োজিত হয় তাদেরকে নিম্নচাপে উর্ধ্বপাতিত করে বিশোধন করা হয়। এক্ষেত্রে একটি সরু পার্শ্বনলযুক্ত মোটা কাচনলের তলদেশে অবিশুদ্ধ জৈব যৌগটি নেওয়া হয়। কাচনলের মুখে ছিপির সাহায্যে একটি শীতক যুক্ত করা হয়। কাচনলের পার্শ্বনলকে রবার টিউবের সাহায্যে পাম্পের সাথে যুক্ত করে নলের ভিতরের বায়ুচাপ কমানো হয়। শীতকে পানির প্রবাহ অব্যাহত রেখে মোটা কাচনলে তাপ প্রয়োগ করা হয়। ফলে উর্ধ্বপাতনযোগ্য জৈব যৌগ উর্ধ্বপাতিত হয়ে শীতকের গায়ে জমা হয়।



চিত্র-৪.৭(ক) : উর্ধ্বপাতন প্রণালি



চিত্র-৪.৭(খ) : নিম্নচাপে উর্ধ্বপাতন

	শিক্ষার্থীর কাজ	ল্যাবরেটরিতে নিশাদল, আয়োডিনের উর্ধ্বপাতন পরীক্ষা কর।
---	------------------------	---

দ্রাবক নিষ্কাশন (Solvent Extraction)

জৈব যৌগসমূহ পানি অপেক্ষা জৈব দ্রাবক যেমন— ইথার, অ্যালকোহল, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদিতে অধিক দ্রবণীয়। দ্রাবক নিষ্কাশন পদ্ধতিতে কঠিন এবং তরল উভয় প্রকার যৌগই বিশুদ্ধ করা যায়। কোনো জৈব যৌগ পানিতে দ্রবীভূত হলে তাকে নির্দিষ্ট কোনো জৈব দ্রাবক দ্বারা বিশুদ্ধ আকারে পৃথক করা যায় তবে এক্ষেত্রে ব্যবহৃত জৈব দ্রাবকটি পানিতে অমিশ্রণীয় হতে হবে।

“কোনো জৈব যৌগকে জলীয় দ্রবণ বা অন্য কোনো জৈব দ্রাবকের দ্রবণ হতে উপযুক্ত দ্রাবক যোগে পৃথক করার পদ্ধতিকে দ্রাবক নিষ্কাশন বলে।”

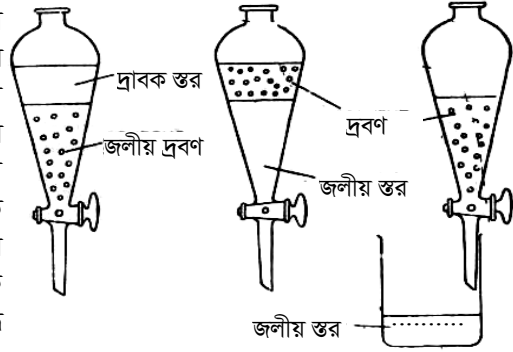
দ্রাবক নিষ্কাশন দুভাবে হতে পারে। যথা— (ক) জলীয় দ্রবণ হতে নিষ্কাশন এবং (খ) কঠিন পদার্থ হতে নিষ্কাশন।

জলীয় দ্রবণ হতে নিষ্কাশন :

যখন কোনো জৈব যৌগ জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে তখন সেই জৈব যৌগকে জলীয় দ্রবণ হতে নিম্নোক্ত কয়েকটি ধাপে পুনরুদ্ধার করা হয়।

- (১) জলীয় দ্রবণকে পানিতে অমিশ্রণীয় জৈব দ্রাবক দ্বারা উত্তমরূপে ঝাঁকানো হয়। ফলে জৈব যৌগ জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়।
- (২) দ্রাবক স্তরকে পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে পৃথক করা হয়।
- (৩) দ্রাবককে পাতন করে জৈব যৌগ এবং দ্রাবক বিশুদ্ধরূপে পৃথক করা হয়।

বর্ণনা : জলীয় দ্রবণকে একটি পৃথকীকরণ ফানেলে (Separating funnel) নেওয়া হয়। দ্রবণে অল্প পরিমাণে জৈব দ্রাবক, যেমন- ইথার বা ক্লোরোফর্ম যোগ করা হয়। পানিতে জৈব দ্রাবক অমিশ্রণীয় হওয়ায় পানি এবং দ্রাবক আলাদা আলাদা স্তর গঠন করে। পৃথকীকরণ ফানেলের মুখ কর্ক দিয়ে বন্ধ করার পর ফানেলকে দুহাতে ধরে উত্তমরূপে ঝাঁকিয়ে স্ট্যান্ডের সাহায্যে স্থিরভাবে ফানেলকে ঝুলিয়ে রাখা হয়। জৈব যৌগ জৈব দ্রাবকে পানি অপেক্ষা অধিক পরিমাণে দ্রবণীয় হওয়ায় তা জলীয় দ্রবণ হতে জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় চলে আসে। এখন পৃথকীকরণ ফানেলের নিচের স্তরকে স্টপ কর্ক খুলে অন্য পাত্রে পৃথক করা হয়। দ্রাবক স্তরকে পরবর্তীতে পাতন প্রক্রিয়ায় জৈব যৌগ এবং দ্রাবক উভয়কেই বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা হয়।



চিত্র-৪.৮ : দ্রাবক সহযোগে নিষ্কাশন

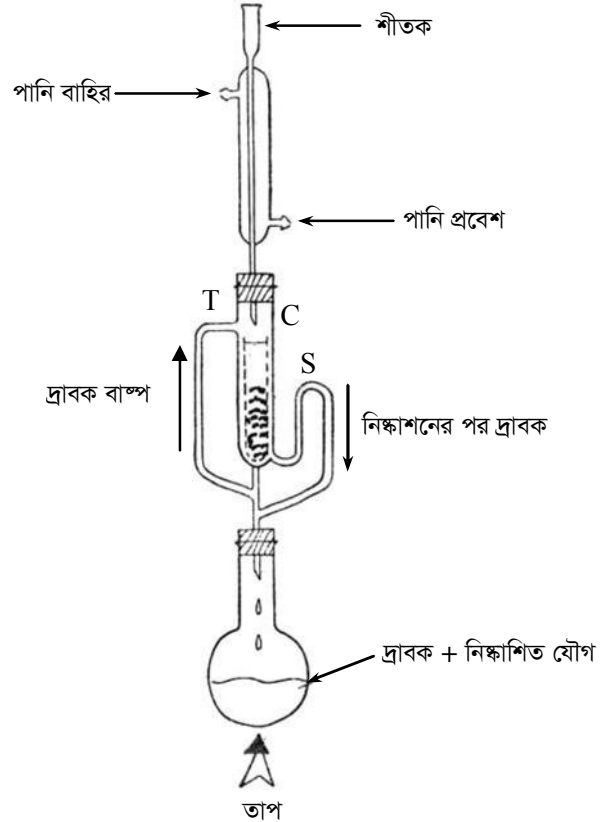
কঠিন পদার্থ হতে নিষ্কাশন : স-লেট নিষ্কাশন :

এই নিষ্কাশন পদ্ধতিতে কোনো কঠিন জৈব যৌগের বিশোধন করা

হয়। এমন একটি সুবিধাজনক জৈব দ্রাবক নির্বাচন করা হয় যাতে জৈব যৌগ দ্রবীভূত হয় অথচ ভেজাল উপাদানসমূহ দ্রাবকে অদ্রবণীয় হয়। প্রাকৃতিক উপাদান, যেমন- গাছের বাকল, পাতা, কাণ্ড, শুকনা ফল ইত্যাদি হতে এই পদ্ধতিতে জৈব যৌগ নিষ্কাশন করা হয়। এজন্য বিশেষ নিষ্কাশন যন্ত্র সস্বলেট এক্সট্রাক্টর (Soxhlet Extractor) ব্যবহার করা হয়।

এতে একটি গ্লাস সিলিন্ডার (C) এবং এর এক পার্শ্বে পার্শ্চিউব (T) এবং অন্য পার্শ্বে সাইফন (S) যুক্ত আছে। সিলিন্ডারটির উপরে একটি লিবিগ শীতক কর্কের মাধ্যমে এবং নিচের অংশে একটি পাতন ফ্লাস্ক যুক্ত থাকে। যে প্রাকৃতিক উৎস হতে জৈব যৌগ নিষ্কাশন করা হবে তাকে (গাছের পাতা, কাণ্ড, বাকল ইত্যাদি) ভালোভাবে শুকিয়ে নিয়ে গুঁড়ো করে নিতে হবে। এই গুঁড়ো বস্তু একটি পুরু ফিল্টার পেপার মুড়িয়ে (চিত্রানুযায়ী) সিলিন্ডারের মাঝখানে ভালোভাবে বসানো হয়। পাতন ফ্লাস্কে সুবিধাজনক দ্রাবক নিয়ে পাত্রটিকে পানিগাহে বা বালিখোলায় বসিয়ে উত্তপ্ত করা হয়। দ্রাবক উত্তপ্ত হয়ে বাষ্প পরিণত হতে থাকে এবং সেই বাষ্প পার্শ্বনল (T) বেয়ে শীতকে পৌঁছায়। শীতকে বাষ্প ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয়। এ তরল ফোঁটায় ফোঁটায় ফিল্টার পেপার মোড়ানো টোপরের উপর পড়ে। দ্রাবকে জৈব যৌগ দ্রবীভূত হয়ে দ্রাবকসহ সাইফনের সাহায্যে পুনরায় পাতন ফ্লাস্কে ফিরে আসে। এভাবে অবিরাম প্রক্রিয়াটি চলতে থাকে। সবশেষে পাতন ফ্লাস্ক হতে জৈব যৌগের দ্রবণকে আংশিক পাতন করে জৈব যৌগকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা হয়।

সস্বলেট নিষ্কাশন প্রক্রিয়ায় গাছের পাতা বা বাকল থেকে অ্যালক্যালয়েড জাতীয় জৈব যৌগ, বীজ থেকে তৈল ফুল থেকে সুগন্ধি জাতীয় পদার্থ নিষ্কাশন করা হয়।



চিত্র-৪.৯ : সস্বলেট যন্ত্রের সাহায্যে নিষ্কাশন



শিক্ষার্থীর কাজ

কাজ (একক) : তুঁতে ও গ্লুকোজের মিশ্রিত দ্রবণ থেকে কীভাবে উপাদান দুটি পৃথক করবে? বর্ণনা কর।



সারসংক্ষেপ :

- **কেলাসন** : কোনো কঠিন অবিশুদ্ধ বস্তুকে উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত করে উক্ত বস্তুর সম্পৃক্ত দ্রবণকে তাপ প্রয়োগে উত্তপ্ত করার পর ধীরে ধীরে শীতল করে অবিশুদ্ধ বস্তুকে বিশুদ্ধ কেলাসরূপে পৃথক করার পদ্ধতিকে কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ বলে। এ প্রক্রিয়ায় সাধারণত যেসব দ্রাবক ব্যবহৃত হয় সেগুলো হলো পাতিত পানি, ইথানল, ইথার, এসিটোন, হেক্সেন, ডাইক্লোরোমিথেন, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি।
- **পাতন** : দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রণ হতে তাপ প্রয়োগে মিশ্রণের উপাদানসমূহকে বাষ্প পরিণত করে আবার সেই বাষ্পকে শীতল করে তরল আকারে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে পাতন বলে।
- **আংশিক পাতন** : ‘অংশ কলাম’ ব্যবহার করে পাতন প্রক্রিয়ায় মিশ্রণের তরল উপাদানসমূহকে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে আংশিক পাতন বলে।
- **বাষ্প পাতন** : যেসব কঠিন ও তরল জৈব যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় এবং ফুটন্ত পানিতে বিয়োজিত হয় না তবে কিছু পরিমাণ হলেও বাষ্পায়িত হয়, তাদেরকে অনুদ্বায়ী ভেজাল হতে জলীয় বাষ্পের সাহায্যে পাতন করে পৃথক করার প্রক্রিয়াকে বাষ্প পাতন বা স্টিম পাতন বলে।
- **উর্ধ্বপাতন** : যে প্রক্রিয়ায় কোনো কঠিন পদার্থকে তাপ প্রয়োগে সরাসরি বাষ্প পরিণত করে সেই বাষ্পকে শীতল করলে আবার তরল অবস্থা প্রাপ্ত না হয়ে সরাসরি কঠিন অবস্থায় ফিরে আসে তাকে উর্ধ্বপাতন বলে।
- **দ্রাবক নিষ্কাশন** : “কোনো জৈব যৌগকে জলীয় দ্রবণ বা অন্য কোনো জৈব দ্রাবকের দ্রবণ হতে উপযুক্ত দ্রাবক যোগে পৃথক করার পদ্ধতিকে দ্রাবক নিষ্কাশন বলে।”



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- স্ফুটনাঙ্কের ব্যবধান 40°C এর বেশি হলে দুটি তরলের মিশ্রণ থেকে উপাদানসমূহকে কিভাবে আলাদা করা হয়?

(ক) পাতন	(খ) আংশিক পাতন
(গ) বাষ্পপাতন	(ঘ) উর্ধ্বপাতন
- সুগন্ধি ফুল থেকে নির্যাস বের করা হয় কোন পদ্ধতিতে?

(ক) পাতন	(খ) বাষ্পপাতন
(গ) উর্ধ্বপাতন	(ঘ) বিধ্বংসী পাতন
- পেট্রোলিয়াম বিশোধন করা হয় কোন প্রক্রিয়ায়?

(ক) পাতন	(খ) আংশিক পাতন
(গ) উর্ধ্বপাতন	(ঘ) কেলাসন
- গাছের পাতা ও বাকল হতে অ্যালকালয়েড জাতীয় ঔষধ নিষ্কাশনকরা হয় কোন পদ্ধতিতে?

(ক) বাষ্প পাতন	(খ) দ্রাবক নিষ্কাশন
(গ) উর্ধ্বপাতন	(ঘ) নিমুচাপে পাতন

পাঠ-৬.৫

ক্রোমাটোগ্রাফি



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- ক্রোমাটোগ্রাফির ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি, পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি ও পাতলাস্তর ক্রোমাটোগ্রাফির বর্ণনা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ক্রোমাটোগ্রাফি, R_f মান, ইলিউয়েন্ট, ইলিউশন, ফিল্টার, মাইক্রোসিরঞ্জ।



ক্রোমাটোগ্রাফির প্রাথমিক ধারণা (Primary Concept of Chromatography)

অবিশুদ্ধ যৌগের মিশ্রণের পরিমাণ অনেক বেশি হলে সাধারণত আংশিক পাতন, আংশিক কেলাসন, বাষ্প পাতন ইত্যাদি পৃথকীকরণ কৌশল ব্যবহার করে যৌগের বিশোধন করা হয়। কিন্তু যদি মিশ্রণে প্রায় একই দ্রাব্যতাবিশিষ্ট দুয়ের অধিক কঠিন উপাদান উপস্থিত থাকে অথবা দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রণ যাদের স্ফুটনাঙ্ক প্রায় একই, তাদেরকে এ পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না। এক্ষেত্রে ক্রোমাটোগ্রাফি পদ্ধতির সাহায্যে অতি অল্প পরিমাণ অবিশুদ্ধ মিশ্রণ হতে যৌগ উপাদানসমূহকে পৃথক করা যায়। ক্রোমাটোগ্রাফি শব্দটির অর্থ রং চিত্রণ (গ্রিক, Chroma অর্থ রং এবং Graphe অর্থ চিত্রণ)।

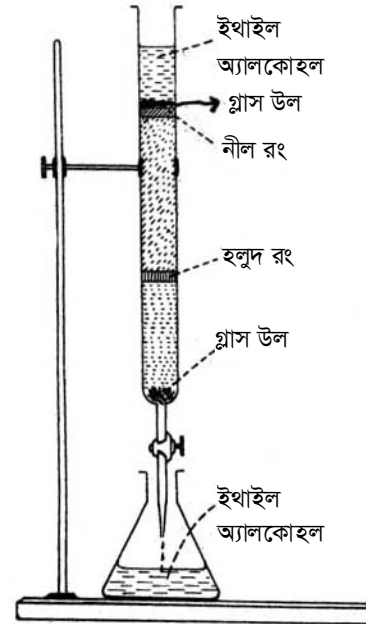
ক্রোমাটোগ্রাফিক কৌশল যে নীতির উপর প্রতিষ্ঠিত তা হলো মিশ্রণের উপাদানসমূহ দুটি দশার মধ্যে বন্টিত হয়ে পৃথক হয় যার একটি হলো স্থির দশা (Stationary phase) এবং অন্যটি হলো চলমান দশা (Mobile phase)। স্থির দশা হলো কলাম অথবা প্লেট অথবা পেপার এবং চলমান দশা হলো তরল বা গ্যাস যা স্থির দশার উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়। স্থির দশায় এবং চলমান দশায় মিশ্রণের উপাদানসমূহের অধিশোষণ এবং দ্রাব্যতা ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় যে উপাদানের অধিশোষণ ক্ষমতা সবচেয়ে কম সে উপাদান প্রথমে এবং যে উপাদানের অধিশোষণ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি সে উপাদান সবশেষে সচল মাধ্যম দ্বারা পৃথক হয়। যদি স্থির মাধ্যম কঠিন হয় তবে তাকে অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি এবং স্থির মাধ্যম তরল হলে তাকে পার্টিশন (Partition) ক্রোমাটোগ্রাফি বলে।

নিম্নলিখিত সাধারণ কয়েক প্রকার ক্রোমাটোগ্রাফিক পদ্ধতি হলো-

- (১) কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি (Column Chromatography)
- (২) পাতলা স্তর ক্রোমাটোগ্রাফি (Thin Layer Chromatography)
- (৩) পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি (Paper Chromatography)
- (৪) গ্যাস ক্রোমাটোগ্রাফি (Gas Chromatography)

কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি (Column Chromatography) :

কলাম ক্রোমাটোগ্রাফিতে একটি পরিষ্কার শুষ্ক কলাম নিয়ে এর নিম্নাংশে 0.25 ইঞ্চি পুরু গ্লাসউল দেওয়া হয়। এর পর শুকনা পাউডার আকৃতির স্থির দশার জন্য অধিশোষক হিসেবে অ্যালুমিনা (Al_2O_3) অথবা সিলিকা জেল দ্বারা কলাম পূর্ণ করা হয়। অতঃপর বিশ্লেষণযোগ্য যৌগের মিশ্রণকে সামান্য পরিমাণে সিলিকা জেল বা অ্যালুমিনার সাথে মিশ্রিত করে কলামের উপর অংশে যোগ করে এর উপরে পুনরায় সামান্য পরিমাণে গ্লাসউল বা তুলা দেওয়া হয়। অতঃপর সুবিধাজনক দ্রাবক (ইথার, অ্যালকোহল, বেনজিন ইত্যাদি) কলামের উপর হতে নিচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। ফলে বর্ণযুক্ত যৌগের মিশ্রণটি স্থির মাধ্যমে নিচে নেমে



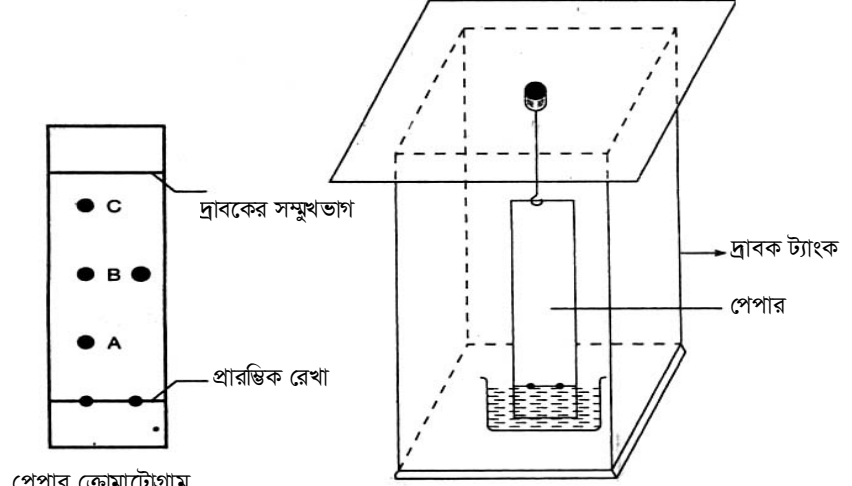
চিত্র-৫.১ : ক্রোমাটোগ্রাফিক প্রক্রিয়ায় পৃথকীকরণ

আসার সময় স্থির মাধ্যম কর্তৃক অধিক শোষিত যৌগটি পরে এবং কম শোষিত যৌগটি আগে নেমে আসে। এ সময় কলামে যৌগসমূহের পৃথক পৃথক বর্ণযুক্ত ব্যান্ড দেখা যায়। ক্রমাগত দ্রাবক প্রবাহের ফলে একটি পর একটি উপাদান কলাম থেকে দ্রাবকের সাথে গ্রাহক পাত্রে নেমে আসে। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত দ্রাবককে ইলিউয়েন্ট (eluent) এবং গ্রাহক পাত্রের দ্রাবকসহ দ্রবকে ইলিউশন (elution) বলে। প্রাপ্ত ইলিউশনকে পাতন করে দ্রাবক এবং মিশ্রণের যৌগ উপাদানকে বিশুদ্ধরূপে পৃথক করা হয়।

পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি (Paper Chromatography)

পরস্পর আংশিকভাবে মিশ্রণীয় বা সম্পূর্ণভাবে অমিশ্রণীয় এমন দুটি দ্রাবকের প্রবাহের ফলে মিশ্রণের উপাদান যৌগকে পেপার ক্রোমাটোগ্রাফির সাহায্যে শনাক্তকরণ ও পৃথকীকরণ করা সম্ভব। কৈশিক ক্রিয়ার (Capillary action) মাধ্যমে দ্রাবক পেপার বেয়ে উপরে উঠার সাথে সাথে মিশ্রণের বিভিন্ন উপাদানের পেপারে অধিশোষণ আসক্তির বিভিন্নতার কারণে ভিন্ন ভিন্ন দূরত্বে পৃথক হয়ে পড়ে।

একটি হোয়াটম্যান ফিল্টার পেপার (4"×12") নিয়ে এর নিম্নাংশের 2"-3" উপরে কৈশিক নল দ্বারা নমুনা মিশ্রণের ফোঁটা দিয়ে তা শুকিয়ে নেওয়া হয়। ফিল্টার পেপার পানি শোষণ করে যা স্থির মাধ্যম হিসেবে কাজ করে। সচল মাধ্যম হিসেবে মিশ্রণের যৌগের প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে দ্রাবক নির্বাচন করা হয়। একটি ট্যাংকের তলদেশে একটি পাত্রে নির্বাচিত দ্রাবক রেখে পাত্রের উপর থেকে পেপার এমনভাবে বুলিয়ে দেওয়া হয় যাতে ফিল্টার কাগজের শেষ প্রান্তের



পেপার ক্রোমাটোগ্রাম

চিত্র-৫.২ : পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি

কিছুটা অংশ দ্রাবকে ডুবে থাকে কিন্তু নমুনার ফোঁটায়ুক্ত অংশ কিছুটা উপরে থাকে। যখন দ্রাবক উপরের দিকে উঠতে থাকে এবং ফোঁটায়ুক্ত অংশ অতিক্রম করে তখন এটি মিশ্রণের উপাদান যৌগসমূহকে উপরের দিকে বিভিন্ন গতিতে বহন করে নিয়ে যায়। দ্রাবকের সাথে এসব যৌগের উপরের দিকে প্রবাহের গতি সাধারণত দ্রাবকের পোলারিটি, অণুর আকার, যৌগের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। দ্রাবক ফিল্টার পেপারের উপরের প্রান্তে পৌঁছালে কাগজটি বের করে নেওয়া হয়। নমুনার উপাদানসমূহের অবস্থান রাসায়নিক বা ভৌত উপায়ে শনাক্ত করা হয়। অতঃপর উপাদানসমূহের অবস্থান অনুসারে ফিল্টার কাগজ কেটে নিয়ে উপযুক্ত দ্রাবকের সাহায্যে যৌগসমূহ দ্রবীভূত করে পৃথক করা হয়।

R_f মান (Retardation factor value) :

দ্রব এবং দ্রাবকের আপেক্ষিক গতি বেগকে R_f মান দ্বারা প্রকাশ করা হয়। উপাদান কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং দ্রাবক কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্বের অনুপাতকে R_f বলে। অর্থাৎ,

$$R_f = \frac{\text{উপাদান কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{দ্রাবক কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব}}$$

R_f এর বৈশিষ্ট্য :

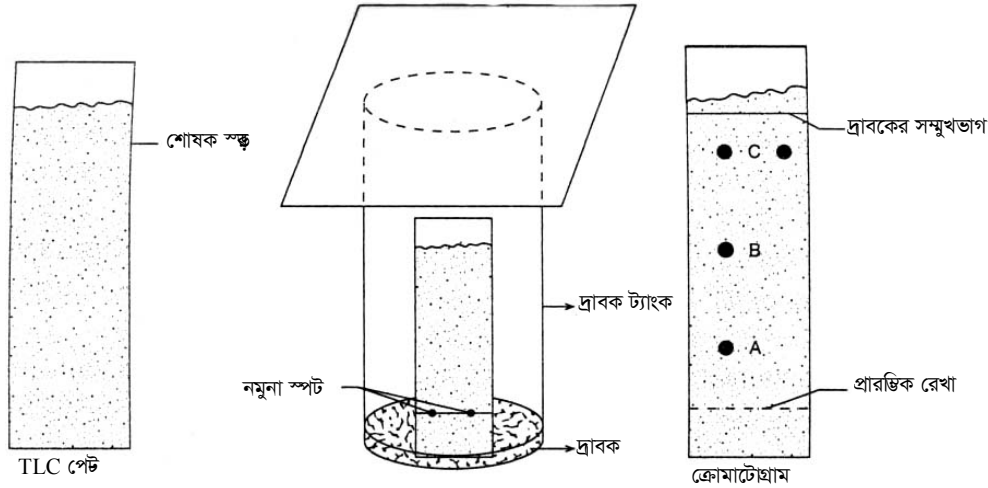
- (১) নির্দিষ্ট শর্তে কোনো উপাদানের R_f এর মান ধ্রুবক।
- (২) R_f মান নির্ণয় করে যেকোনো উপাদানকে শনাক্ত করা যায়।
- (৩) R_f মানের কোনো একক নেই। কিন্তু দ্রাবক পরিবর্তনে এটির মানের পরিবর্তন ঘটে।

ব্যবহার : পেপার ক্রোমাটোগ্রাফির সাহায্যে বিভিন্ন অ্যামাইনো এসিডের মিশ্রণ হতে উপাদানসমূহ পৃথক করা যায়। এছাড়াও বিভিন্ন গ্লুকোজ, লিপিডসমূহ, হরমোনসমূহ পৃথকীকরণ ও শনাক্তকরণ করা হয়।

পাতলা স্তর ক্রোমাটোগ্রাফি (Thin Layer Chromatography) :

পাতলা স্তর ক্রোমাটোগ্রাফির (TLC) সাহায্যে অতি অল্প (minute quantities of mixtures) পরিমাণে মিশ্রণের উপাদানসমূহ পৃথক করা, শনাক্তকরণ সম্ভব। একটি গ্লাস প্লেটের (5 × 20 cm) উপর পাতলা পুরুর (0.25 mm) আস্তরণ দেওয়া হয়। এই আস্তরণ সাধারণত সিলিকাজেল, অ্যালুমিনা বা সেলুলোজের হয়ে থাকে, যা শোষক হিসেবে ব্যবহার করা হয়। সাধারণত পানিতে শোষকের স্লুরি (Slurry) তৈরি করে তা TLC প্লেটের উপর ছড়ানো যন্ত্রের (Spreading device) সাহায্যে সমভাবে ছড়ানো হয়। প্লেটকে এবার 120° সে. তাপমাত্রায় বৈদ্যুতিক ওভেনে শুকানো হয়।

সাধারণত 1–2 % মিশ্রণের দ্রবণ কৈশিক নলের সাহায্যে অথবা মাইক্রোসিরিঞ্জের (microsyringe) সাহায্যে প্লেটের যেকোনো প্রান্ত থেকে 1.5–2 সে. উপরে ফোঁটা স্থাপন করা হয়। একটি ফোঁটা হতে অপর ফোঁটার দূরত্ব কমপক্ষে 1.0 সে.মি. হওয়া বাঞ্ছনীয়। প্লেটের ফোঁটা শুকিয়ে গেলে প্লেটকে দ্রাবক চেম্বারে সুবিধাজনক দ্রাবকে এমনভাবে রাখা হয় যেন মিশ্রণের ফোঁটা দ্রাবকের কিছুটা উপরে থাকে। যখন দ্রাবক ধীরে ধীরে পরিশোষক স্তর বেয়ে উপরে উঠতে থাকে তখন মিশ্রণের উপাদানগুলো পৃথক স্তরে বিভক্ত হয়ে পড়ে। যখন দ্রাবক প্লেটের $\frac{3}{8}$ অংশ অতিক্রম করে তখন প্লেটটি দ্রাবক চেম্বার থেকে বের করে আনা হয় এবং উপযুক্ত দ্রাবক দ্বারা ধৌত করে মিশ্রণের উপাদানসমূহ আলাদাভাবে পাতন করে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র-৫.৩ : TLC ক্রোমাটোগ্রামের প্রক্রিয়া বিভিন্ন ধাপ

ব্যবহার : অ্যামাইনো এসিড, ভিটামিন, প্রোটিন ইত্যাদির মিশ্রণের উপাদানসমূহ এ প্রক্রিয়ায় পৃথকীকরণ ও শনাক্ত করা যায়।

	শিক্ষার্থীর কাজ	কাজ (দলীয়) : কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি, পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি ও পাতলা স্তর ক্রোমাটোগ্রাফির তুলনামূলক আলোচনা করুন।
--	------------------------	---

	সারসংক্ষেপ :
<ul style="list-style-type: none"> ক্রোমাটোগ্রাফি : এ পদ্ধতিতে উপাদানকে বিশুদ্ধ আকারে পৃথকীকরণ, একই সাথে শনাক্তকরণ এবং পরিমাণ নির্ণয় করা হয়ে থাকে। অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি ও পার্টিশন ক্রোমাটোগ্রাফি : স্থির দশায় এবং চলমান দশায় মিশ্রণের উপাদানসমূহের অধিশোষণ এবং দ্রাব্যতা ভিন্ন ভিন্ন হওয়ায় যে উপাদানের অধিশোষণ ক্ষমতা সবচেয়ে কম সে উপাদান প্রথমে এবং যে উপাদানের অধিশোষণ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি সে উপাদান সবশেষে সচল মাধ্যম দ্বারা পৃথক হয়। যদি স্থির মাধ্যম কঠিন হয় তবে তাকে অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি এবং স্থির মাধ্যম তরল হলে তাকে পার্টিশন (Partition) ক্রোমাটোগ্রাফি বলে। 	



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। ক্রোমাটোগ্রাফিতে কয়টি দশা থাকে?

(ক) ১টি (খ) ২টি (গ) ৩টি (ঘ) ৪টি

২। পেপার ক্রোমাটোগ্রাফির স্থির মাধ্যম ও চলনশীল মাধ্যম হলো—

(ক) কঠিন, তরল (খ) তরল, গ্যাস (গ) তরল, তরল (ঘ) কঠিন, গ্যাস

৩। পেপার ক্রোমাটোগ্রাফির স্থির দশা কোনটি?

(ক) পানি (খ) সেলুলোজ অণু (গ) দ্রাবক (ঘ) মিশ্রণ

৪। ক্রোমাটোগ্রাফী হলো—

- বর্ণ চিত্রণ পদ্ধতি
- আণবিক মিশ্রণ পৃথকীকরণে লাগে
- প্রসাধনী শিল্পে ব্যবহৃত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৫। ক্রোমাটোগ্রাফী—

- বিভিন্ন রঞ্জক পদার্থ পৃথকীকরণে ব্যবহৃত হয়
- দুই ধরনের দশার উদ্ভব হয়
- চলমান দশাটি একটি তল বা গ্যাস

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৬.৬

পানির আয়নিক গুণফল ও এসিড ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- পানির আয়নিক গুণফল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- এসিড ও ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক বর্ণনা করতে পারবেন।
- বিয়োজন ধ্রুবক ও এসিড-ক্ষারের তীব্রতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- pH ও pH স্কেলের গুরুত্ব বর্ণনা করতে পারবেন।



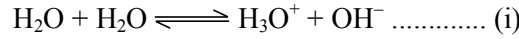
মুখ্য শব্দ

আয়নিক গুণফল, বিয়োজন ধ্রুবক, প্রোটন, pH, pH স্কেল, মৃদু, তীব্র, মধ্যম।



পানির আয়নিক গুণফল (Ionic Product of Water)

1894 সালে বিজ্ঞানী কোলরাস ও হেডউইলার (Kohlrausch and Heydweiller) বিশুদ্ধ পানির পরিবাহিতা মেপে দেখেন যে, বিশুদ্ধ পানিও অতি অল্প পরিমাণে বিদ্যুৎ পরিবহন করে। যেহেতু পানি বিদ্যুৎ পরিবহন করে সেহেতু পানিতে অতি সামান্য পরিমাণে হলেও H^+ ও OH^- আয়ন থাকে। পানির বিয়োজন বিক্রিয়া নিম্নরূপ :



H_2O একটি উভধর্মী যৌগ হওয়ায় পানিতে H^+ আয়ন মুক্তভাবে থাকতে পারে না। H^+ আয়ন পানির অণুর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ($H_3O^+ \rightleftharpoons H_2O + H^+$) হিসেবে অবস্থান করে।

ভর-ক্রিয়ার সূত্রানুসারে (i) নং সমীকরণ হতে লেখা যায়-

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2} \dots\dots\dots (ii)$$

যেহেতু পানির বিয়োজন মাত্রা অতি সামান্য, সেহেতু পানির ঘনমাত্রাকে ধ্রুবক ধরা হয়। সুতরাং (ii) নং সমীকরণকে নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়-

$$K \times [H_2O]^2 = [H_3O^+][OH^-]$$

$$\text{Or, } k_w = [H_3O^+][OH^-] \dots\dots\dots (iii)$$

এখানে k_w হলো ধ্রুবক, একে পানির আয়নিক গুণফল বলে অর্থাৎ “পানির হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বা হাইড্রোনিয়াম আয়ন (H_3O^+) এবং হাইড্রোক্সিল (OH^-) আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল সর্বদাই ধ্রুবক। এই ধ্রুবক রাশি k_w -কে পানির আয়নিক গুণফল বলে।” পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে, 25° সে. তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানিতে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা 1×10^{-7} । যেহেতু, বিশুদ্ধ পানিতে $[H^+] = [OH^-]$

$$\begin{aligned} \therefore k_w &= [H^+][OH^-] \\ &= (1 \times 10^{-7}) \times (1 \times 10^{-7}) \\ &= 1 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

k_w -এর তাৎপর্য :

k_w হলো কোনো দ্রবণের H^+ আয়ন এবং OH^- আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল। অর্থাৎ,

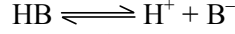
$$k_w = [H^+][OH^-]$$

$25^\circ C$ তাপমাত্রায় পানির $k_w = 1.0 \times 10^{-14}$ অর্থাৎ, $[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ । এ সমীকরণটি নির্দেশ করে যে, $25^\circ C$ তাপমাত্রায় পানির H^+ এবং OH^- আয়নের ঘনমাত্রার সর্বোচ্চ সীমা 1.0×10^{-7} । k_w -এর মান হতে দ্রবণে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা জানা থাকলে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা যায়। আবার কোনো দ্রবণের OH^- আয়নের ঘনমাত্রা জানা থাকলে উক্ত দ্রবণের H^+ আয়নের ঘনমাত্রা তথা pH মান জানা যায়।

বিশুদ্ধ পানিতে সমান সংখ্যক H^+ ও OH^- আয়ন থাকায় পানি নিরপেক্ষ যৌগ। আবার যদি কোনো দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা 10^{-7} এর বেশি হয় তবে ঐ যৌগটি অম্লীয় প্রকৃতির এবং 10^{-7} এর কম হলে দ্রবণটি ক্ষারীয় প্রকৃতির। তবে দ্রবণ অম্লীয় বা ক্ষারীয় যাই হোক না কেন H^+ ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রার গুণফল সর্বদা 10^{-14} হবে।

এসিড ও ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক (Dissociation Constant of Acid and Base)

এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক : আমরা জানি, এসিড জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে প্রোটন বা H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। সাধারণভাবে HB একটি এসিড হলে জলীয় দ্রবণে তা নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় :



সাম্যাবস্থায়, $K_a = \frac{[H^+][B^-]}{[HB]}$ (i)

এক্ষেত্রে K_a এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক বলে। এর একক mol L^{-1} । (i) সমীকরণ হতে দেখা যাচ্ছে, HB বিয়োজিত হয়ে যত বেশি H^+ ও B^- আয়ন উৎপন্ন করবে ঐ এসিডের K_a এর মান তত বেশি হবে। অর্থাৎ যে এসিড জলীয় দ্রবণে যত বেশি বিয়োজিত হবে ঐ এসিডের K_a এর মান তত বেশি হবে। K_a এর মান দ্বারা এসিডের তীব্রতা প্রকাশ করা হয়। যে এসিডের K_a এর মান যত বেশি ঐ এসিডের তীব্রতা তত বেশি এবং এর উল্টোটাও সঠিক (Vise-Versa)। উল্লেখ্য, তীব্র এসিড জলীয় দ্রবণে প্রায় 100% বিয়োজিত হয়।

ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক : এসিডের মতো ক্ষারক জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। সাধারণত BOH একটি ক্ষারক হলে জলীয় দ্রবণে তা নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় :



সাম্যাবস্থায়, $K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$ (ii)

এক্ষেত্রে K_b কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়। এর একক mol L^{-1} । (ii) নং সমীকরণ হতে দেখা যায় BOH যত বেশি বিয়োজিত হয়ে B^+ আয়ন ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করবে ঐ ক্ষারকের K_b এর মান তত বেশি হবে। অর্থাৎ যে ক্ষারক জলীয় দ্রবণে যত বেশি বিয়োজিত হবে ঐ ক্ষারকের K_b এর মান তত বেশি হবে। K_b এর মান দ্বারা ক্ষারকের তীব্রতা প্রকাশ করা হয়। উল্লেখ্য, তীব্র ক্ষার জলীয় দ্রবণে 100% বিয়োজিত হয়।

বিয়োজন ধ্রুবক ও এসিড-ক্ষারের তীব্রতা (Dissociation Constant and Strength of Acids and Bases)

এসিড ও ক্ষার এর আরহেনিয়াস মতবাদ অনুযায়ী জলীয় দ্রবণে যেসব যৌগ হাইড্রোজেন আয়ন দান করে তাদের এসিড বলে এবং যেসব যৌগ হাইড্রোক্সিল আয়ন দান করে তাদেরকে ক্ষারক বলে।

আবার ব্রনস্টেড লাউরি বা প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে, যেসব যৌগ প্রোটন দান করে তারা এসিড এবং যেসব যৌগ প্রোটন গ্রহণ করে তারা ক্ষারক।

অপরদিকে লুইসের মতবাদ অনুসারে যেসব যৌগ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে তারা এসিড এবং যারা এক জোড়া ইলেকট্রন দান করে থাকে তারা ক্ষার।

সুতরাং যেসব এসিড জলীয় দ্রবণে যত সহজেই প্রোটন (H^+) উৎপন্ন করতে পারে বা যে এসিড যত সহজেই নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে তার তীব্রতা তত বেশি। একইভাবে যেসব ক্ষারক যত সহজেই প্রোটন গ্রহণ করতে পারে বা এক জোড়া ইলেকট্রন দান করতে পারে তার তীব্রতা তত বেশি।

এসিডের হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন হওয়া বা ক্ষারের হাইড্রোক্সিল আয়ন উৎপন্ন হওয়া তাদের বিয়োজন ধ্রুবকের উপর নির্ভর করে। যে এসিডের বিয়োজন ধ্রুবকের মান যত বেশি ঐ এসিডের তীব্রতা তত বেশি এবং ঐ এসিড দ্রবণে তত সহজেই বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করতে পারে। একইভাবে যে ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক এর মান যত বেশি ঐ ক্ষার দ্রবণে তত সহজেই হাইড্রোক্সিল আয়ন দান করতে পারে।

অম্লের শক্তিমাত্রা নিম্নোক্ত নিয়ামকের উপর নির্ভর করে :

- ১। এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক(K_a) এর মানের উপর।
- ২। এসিডের অণুস্থিত ঋণাত্মক আয়নের আকারের উপর।
- ৩। এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ মানের উপর।
- ৪। এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকারের উপর।

এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক(K_a) এর মান যত বেশি হবে এসিডটি তত বেশি শক্তিশালী হবে।

HCl, HBr, HI, HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄ প্রভৃতি এসিড জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় বলে এদের এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক উচ্চ। তাই এগুলোকে তীব্র এসিড বলে। নিচে প্রথম আয়নিকরণের মানগুলো দেওয়া হলো। যেমন,

HClO ₄	HCl	HBr	HI	H ₂ SO ₄	HNO ₃	H ₃ PO ₄
$K_a = 10^{10}$	$K_a = 2.5 \times 10^7$	$K_a = 3.2 \times 10^9$	$K_a = 1 \times 10^{10}$	$K_a = 24 \times 10^6$	$K_a = 200$	$K_a = 7.5 \times 10^{-3}$

অপরদিকে K_a এর মান যত কম হবে ততই এসিডটি দুর্বল হয়। কারণ এই সমস্ত এসিড জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়। যেমন,

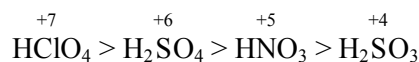
H ₂ CO ₃	CH ₃ COOH	HCN	H ₂ S	HCOOH
$K_a = 4.35 \times 10^{-7}$	$K_a = 1.75 \times 10^{-5}$	$K_a = 5.8 \times 10^{-10}$	$K_a = 9 \times 10^{-8}$	$K_a = 1.8 \times 10^{-4}$
C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ OH			
$K_a = 6.31 \times 10^{-5}$	$K_a = 1.20 \times 10^{-10}$			

এসিডের অণুস্থিত ঋণাত্মক আয়নের আকারের উপর :

হাইড্রাসিডসমূহের তীব্রতা তাদের অণুস্থ ঋণাত্মক আয়নের উপর নির্ভর করে। যে হাইড্রাসিডের ঋণাত্মক আয়ন যত বড় তার অণুর স্থিতিশীলতা তত কম এবং বিয়োজন ঘটে সহজেই। এ জন্য তার তীব্রতা তত অধিক। যেমন, Cl⁻ আয়নের চেয়ে Br⁻ এবং তার চেয়ে I⁻ আয়নের আকার বড় বলে HI সহজে বিয়োজিত হয়। তাই এসিডের তীব্রতার ক্রমানুসারে, HI > HBr > HCl > HF

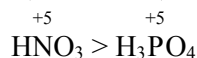
এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ মানের উপর :

যে এসিডের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনসহ অন্যান্য পরমাণু থাকে তাদেরকে অক্সি-এসিড বলে। যেমন- HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, HClO₄ ইত্যাদি। অক্সি-এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ মান যত বেশি ঐ এসিডের তীব্রতা তত বেশি হয়। যেমন,



এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকারের উপর :

যদি কখনো অক্সি-এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ মান সমান হয় তা হলে যে এসিডের পরমাণুর আকার ছোট হবে সে এসিডের তীব্রতা বেশি হবে। কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার ছোট হলে এর চার্জ ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। কেন্দ্রীয় পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে এসিডের তীব্রতা বৃদ্ধি ঘটে। যেমন, নাইট্রোজেনের আকার ফসফরাস অপেক্ষা কম বলে নাইট্রোজেনের চার্জ ঘনত্ব ফসফরাস অপেক্ষা বেশি হবে। তাই নাইট্রিক এসিড ফসফরিক এসিড অপেক্ষা বেশি শক্তিশালী হবে যদিওবা তাদের জারণ মান সমান।



25°C তাপমাত্রায় বিভিন্ন এসিডের ও ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক নিম্নরূপ—

এসিড	বিয়োজন ধ্রুবক	ক্ষারক	বিয়োজন ধ্রুবক
CH ₃ —COOH	1.75×10^{-5}	NH ₃	1.74×10^{-5}
C ₆ H ₅ —COOH	6.3×10^{-5}	NH ₂ —NH ₂	2.2×10^{-6}
CH ₂ Cl—COOH	1.35×10^{-3}	CH ₃ —NH ₂	5.01×10^{-4}
H—COOH	1.77×10^{-4}	(CH ₃) ₂ NH	7.40×10^{-4}
C ₂ H ₅ —COOH	1.34×10^{-5}	(CH ₃) ₃ N	7.40×10^{-3}
C ₆ H ₅ OH	1.20×10^{-10}	C ₆ H ₅ NH ₂	4.08×10^{-10}
HCN	7.24×10^{-10}	C ₂ H ₅ NH ₂	5.60×10^{-4}
HCl	2.5×10^7		

pH ও pH স্কেল (pH and pH Scale)

pH : তোমরা ইতোমধ্যে জেনেছ যে, পানির বা কোনো প্রশম দ্রবণের ক্ষেত্রে $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ । সাধারণত রাসায়নিক পরীক্ষাকার্যে যেসব এসিড বা ক্ষারক ব্যবহার করা হয় তাদের ক্ষেত্রে $[H^+]$ আয়নের ঘনমাত্রা 10^0 mol L^{-1} থেকে $10^{-14} \text{ mol L}^{-1}$ হয়। কোনো অম্লীয় দ্রবণে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা 10^{-1} হলে ঐ দ্রবণে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা $10^{-13} \text{ mol L}^{-1}$ হবে। কারণ H^+ আয়নের ঘনমাত্রা ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রার গুণফল এসব দ্রবণের ক্ষেত্রে সব সময় 10^{-14} । এসিড ও ক্ষারক দ্রবণের H^+ ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রার এই বিশাল পার্থক্য ও 10 এর ঋণাত্মক ঘাত ব্যবহারের অসুবিধা দূর করার জন্য 1909 সালে ড্যানিশ প্রাণ-রসায়নবিদ সোরেনসেন কোনো দ্রবণের H^+ ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য pH স্কেল ব্যবহার করেন।

pH (Puissance d' Hydrogen অর্থাৎ হাইড্রোজেন আয়নের প্রাবল্য)

কোনো দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের $[H^+]$ মোলার ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে pH বলে।

অর্থাৎ $pH = -\log [H^+]$

যেমন, পানিতে $[H^+] = 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ হলে এই পানির $pH = -\log 10^{-7} = 7$

একইভাবে, কোনো দ্রবণের হাইড্রোক্সাইড আয়নের $[OH^-]$ মোলার ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে pOH বলে।

$pOH = -\log [OH^-]$

pH স্কেল : আমরা জানি, 25°C তাপমাত্রায় পানির $[H^+]$ ও $[OH^-]$ এর গুণফল 10^{-14} ।

অর্থাৎ $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

বা, $\text{Log } [H^+] + \text{Log } [OH^-] = \text{Log } 10^{-14}$ [উভয় পক্ষে Log নিয়ে]

বা, $\text{Log } [H^+] + \text{Log } [OH^-] = -14$

বা, $-\text{Log } [H^+] - \text{Log } [OH^-] = 14$

বা, $pH + pOH = 14$

যেকোনো নিরপেক্ষ দ্রবণে $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$

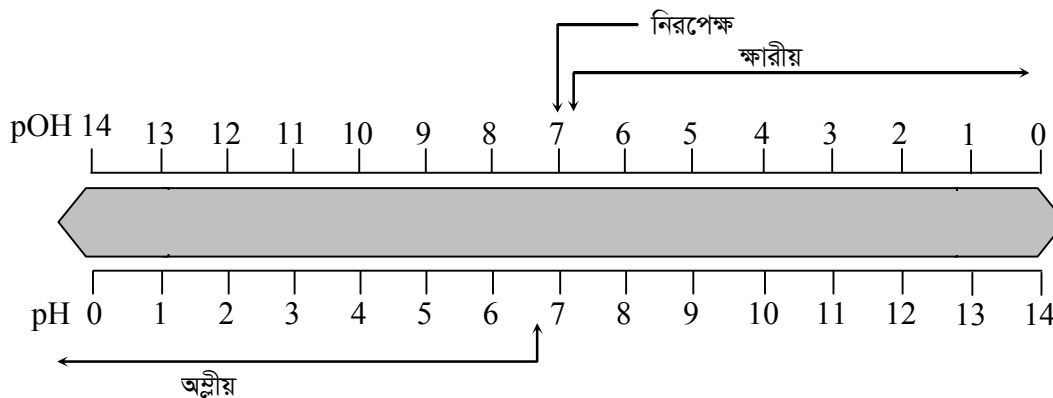
তাই নিরপেক্ষ দ্রবণের $pH = pOH = 7$

বিশুদ্ধ পানির pH এবং pOH একই অর্থাৎ $pH = pOH = 7$ । বিশুদ্ধ পানি নিরপেক্ষ। বিশুদ্ধ পানিতে এসিড যোগ করা হলে pH এর মান কমতে থাকে অর্থাৎ $pH < 7$ হয়। আবার বিশুদ্ধ পানিতে ক্ষার যোগ করা হলে pH এর মান বাড়তে থাকে অর্থাৎ $pH > 7$ হয়। সুতরাং আমরা বলতে পারি, কোনো দ্রবণের pH বা pOH = 7 হলে উক্ত দ্রবণ নিরপেক্ষ। $pH < 7$ হলে উক্ত দ্রবণ অম্লীয় এবং $pH > 7$ হলে উক্ত দ্রবণ ক্ষারকীয় হবে।

সাধারণত গবেষণাগারে 1M ঘনমাত্রার চেয়ে অধিক ঘনমাত্রার দ্রবণ ব্যবহার করা হয় না। যদি গবেষণাগারে ব্যবহৃত এসিডে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা, $[H^+] = 1 \text{ mol L}^{-1}$ হয় তা হলে ঐ দ্রবণের $pH = 0$ এবং $pOH = 14$ । একইভাবে যদি ব্যবহৃত ক্ষারের OH^- আয়নের ঘনমাত্রা, $[OH^-] = 1 \text{ mol L}^{-1}$ হয় তা হলে ঐ দ্রবণের $pOH = 0$ এবং $pH = 14$ ।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, গবেষণাগারে ব্যবহৃত এসিড বা ক্ষারের pH ও pOH এর মান 0 থেকে 14 এর মধ্যেই থাকে।

বিজ্ঞানী সোরেনসেন উদ্ভাবিত pH স্কেলটি নিম্নরূপ :



চিত্র-৬.১ : pH চার্ট

কোনো দ্রবণের H^+ আয়নের ঘনমাত্রা বাড়তে থাকলে তার pH কমে এবং ঘনমাত্রা কমলে pH বাড়ে। pH এর মান 7 এর কম হলে দ্রবণ অম্লীয় প্রকৃতির এবং pH এর মান 7 এর বেশি হলে দ্রবণ ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়। যে এসিডের pH মান 7 অপেক্ষা যত কম হয় তার তীব্রতা তত বেশি এবং কোনো ক্ষারকের pH মান 7 অপেক্ষা যত বেশি তার তত তীব্রতা বেশি হয়।

উল্লেখ্য, এসিডের pH এর মান শূন্য অপেক্ষা কম অর্থাৎ ঋণাত্মক হতে পারে আবার ক্ষারকের pH মান 14 থেকে বেশি হতে পারে।

দ্রবণের pH	দ্রবণের প্রকৃতি	ইউনিভার্সাল নির্দেশকের বর্ণ
pH = 0 – 2	তীব্র অম্লীয়	লাল
pH = 2 – 4	মধ্যম অম্লীয়	হলুদ
pH = 4 – 6.9	মৃদু অম্লীয়	হালকা হলুদ
pH = 7	নিরপেক্ষ	সবুজ
pH = 7.1 – 10	মৃদু ক্ষারীয়	হালকা নীল
pH = 10 – 12	মধ্যম ক্ষারীয়	নীল
pH = 12 – 14	তীব্র ক্ষারীয়	বেগুনি

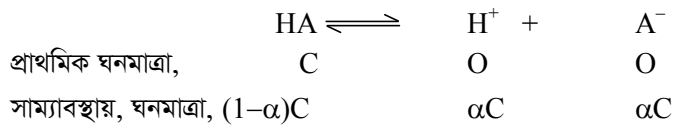
pH-এর মান 0-এর থেকে কম বা 14-এর চেয়ে বেশি হতে পারে কি না।

যদিও pH দ্বারা কোনো দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের মোলার গাঢ়ত্ব প্রকাশ করা হয়, তবুও এটি কেবল লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। হাইড্রোজেন আয়নের অধিক গাঢ়ত্বের দ্রবণে pH মান 0 থেকে 14-এর মধ্যে থাকে না। যেমন- কোনো দ্রবণে H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব 1.0 g আয়ন/লিটারের বেশি হলে pH-এর মান 0-এর কম হয় অর্থাৎ ঋণাত্মক হয়। আবার OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব 1.0 g আয়ন/লিটার অপেক্ষা বেশি হলে উক্ত দ্রবণের pH মান 14 অপেক্ষা বেশি হয়ে থাকে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে অধিক গাঢ়ত্বের অম্ল বা ক্ষারের দ্রবণের ক্ষেত্রে pH-এর মান 0-এর থেকে কম বা 14-এর থেকে বেশি হতে পারে।

মৃদু এসিড বা ক্ষারকের দ্রবণের pH নির্ণয় :

দুর্বল বা মৃদু এসিড বা ক্ষারক দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় থাকে না। তাই ঐ দ্রবণে $[H^+]$ বা $[OH^-]$ নির্ণয় করতে K_a বা K_b সমীকরণ ব্যবহার করতে হয়।

সাধারণভাবে কোনো এসিড HA-এর ঘনমাত্রা $C \text{ mol L}^{-1}$ এবং তার $\alpha \text{ mol L}^{-1}$ বিয়োজিত হলে সাম্যাবস্থায় $(C-\alpha) \text{ mol L}^{-1}$ এসিড, $\alpha \text{ mol L}^{-1} H^+$ ও $\alpha \text{ mol L}^{-1} A^-$ আয়ন থাকে।



$$\text{বিয়োজন ধ্রুবক } K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$\text{বা, } K_a = \frac{\alpha C \cdot \alpha C}{(1-\alpha)C}$$

$$\text{বা, } K_a = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$$

$$\text{বা, } K_a = \alpha^2 C \quad [\text{দুর্বল এসিডের ক্ষেত্রে } \alpha \ll 1 \text{ হলে } 1-\alpha \cong 1]$$

$$\text{বা, } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

$$\text{সুতরাং ঐ এসিডে } [H^+] = \alpha C$$

হাইড্রোজেন আয়নের এ ঘনমাত্রা থেকে pH গণনা করতে হয়। সুতরাং লঘু মনোপ্রোটিক এসিড বা ক্ষারকের ক্ষেত্রে $[H^+]$ বা

$$[OH^-] = \alpha C \text{ এবং } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \text{ অথবা } \alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}}।$$



সারসংক্ষেপ :

- পানির আয়নিক গুণফল : পানির হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) বা হাইড্রোনিয়াম আয়ন (H_3O^+) এবং হাইড্রোক্সিল (OH^-) আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল সর্বদাই ধ্রুবক। এই ধ্রুবক রাশি k_w -কে পানির আয়নিক গুণফল বলে।
- এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক : এসিড জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে প্রোটন বা H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। সাধারণভাবে HB একটি এসিড হলে জলীয় দ্রবণে তা নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় :

$$HB \rightleftharpoons H^+ + B^-$$
সাম্যাবস্থায়, $K_a = \frac{[H^+][B^-]}{[HB]}$; এক্ষেত্রে K_a এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক বলে। এর একক $mol L^{-1}$ ।
- ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক : এসিডের মতো ক্ষারক জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। সাধারণত BOH একটি ক্ষারক হলে জলীয় দ্রবণে তা নিম্নরূপে বিয়োজিত হয় :

$$BOH(aq) \rightleftharpoons B^+ + OH^-$$
সাম্যাবস্থায়, $K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$; এক্ষেত্রে K_b কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়।
- pH : কোনো দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের $[H^+]$ মোলার ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদমকে pH বলে।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- একটি মৃদু এসিডের 0.105M ঘনমাত্রার জলীয় দ্রবণে এসিডের 2.5% বিয়োজিত হয়। দ্রবণে H_3O^+ ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রা হবে যথাক্রমে—
 (ক) $0.105 \times 10^{-3}M$ এবং $2.625 \times 10^{-11}M$ (খ) $1.5 \times 10^{-3}M$ এবং $3 \times 10^{-11}M$
 (গ) $2 \times 10^{-3}M$ এবং $4 \times 10^{-12}M$ (ঘ) $2.625 \times 10^{-3}M$ এবং $3.809 \times 10^{-12}M$
- এসিডের ঘনমাত্রা $6.84 \times 10^{-3}M$ যদি এসিডটি 5% বিয়োজিত হয়। তবে এর বিয়োজন ধ্রুবকের মান হবে—
 (ক) 1.7×10^{-4} (খ) 1.7×10^{-5} (গ) 1.8×10^{-4} (ঘ) 1.8×10^{-5}
- বিশুদ্ধ পানিতে H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7}g-ion.L^{-1}$ হলে, পানির শতকরা বিয়োজনমাত্রা হলো—
 (ক) 7.0×10^{-9} (খ) 1.8×10^{-9} (গ) 3.6×10^{-8} (ঘ) 1.8×10^{-7}
- কোনো জলীয় দ্রবণে pH = 0 দ্রবণটির প্রকৃতি হবে—
 (ক) প্রশম (খ) অম্লীয় (গ) ক্ষারীয় (ঘ) উভধর্মী
- বিশুদ্ধ পানি বা দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—
 i. তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে বিশুদ্ধ পানির pH মানের হ্রাস ঘটে
 ii. যেকোনো উষ্ণতায় বিশুদ্ধ পানি বা কোনো জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে $pH + pOH = 14$
 iii. $25^\circ C$ তাপমাত্রায় লঘু জলীয় দ্রবণের pH মান 0 থেকে 14 পর্যন্ত বিস্তৃত
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৬.৭

এসিড ও ক্ষারের সাম্যাবস্থা ও লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- অম্ল-ক্ষার সাম্যাবস্থা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- এসিড ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ ও দ্রবণের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

বাফার, বাফার ক্ষমতা, অম্লীয় বাফার, ক্ষারীয় বাফার।



অম্ল-ক্ষার সাম্যাবস্থা (Acid-Base Equilibrium)

রাসায়নিক পদার্থসমূহের মধ্যে এসিড ও ক্ষারক একটি বিশেষ স্থান দখল করে আছে। অন্যান্য রাসায়নিক সাম্য বিক্রিয়ার মত এসিড ও ক্ষারকের প্রশমন বিক্রিয়াও একটি নির্দিষ্ট অবস্থায় এসে থেমে যায়। বাস্তবে এ অবস্থায় অন্যান্য সাম্য বিক্রিয়ার মত এসিড-ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়ার সম্মুখমুখী ও পশ্চাৎমুখী বিক্রিয়ার গতি সমান হয়, এর ফলে এ অবস্থায় উৎপাদ আর বেড়ে যায় না। যে অবস্থায় এসিড-ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়ার উভয় দিকের গতি সমান হয়ে যায় তাকে এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থা বলে। তবে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা ও এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থার মূল পার্থক্য হলো রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় সংশ্লিষ্ট পদার্থগুলো কঠিন, তরল ও গ্যাস যে কোন অবস্থায় থাকতে পারে এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রেই পদার্থ আণবিক অবস্থায় থাকে। কিন্তু এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থার সাথে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলো দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় থাকে।

লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis of Salts)

এসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন হয়। বেশির ভাগ লবণ পানিতে দ্রবীভূত হয়। আবার কোনো কোনো লবণ পানিতে দ্রবীভূত হয় না। এসব লবণের পানিতে দ্রাব্যতা গুণ নেই। লবণ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে যে দ্রবণ উৎপন্ন করে তা নিরপেক্ষ, অম্লীয় বা ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়। কোনো লবণকে পানিতে দ্রবীভূত করে যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে লবণটি জলীয় দ্রবণে H_3O^+ বা OH^- আয়নের পরিমাণে বৃদ্ধি ঘটিয়ে দ্রবণটির প্রকৃতি অম্লীয় বা ক্ষারীয় করে, সে বিক্রিয়াকে লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ বলে। লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণে লবণটি পানির সাথে বিক্রিয়া করে ওই লবণের উৎপাদন এসিড ও ক্ষার উৎপন্ন করে। যে লবণ পানিতে দ্রবীভূত হয় না সে লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ হয় না।

বিভিন্ন প্রকার এসিড ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ নিম্নরূপ :

- তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ : $NaCl$, KCl , $NaNO_3$, KNO_3 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 ইত্যাদি।
- তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ NH_4Cl , NH_4NO_3 , $(NH_4)_2SO_4$, $CuSO_4$, $FeSO_4$, $FeCl_3$, $AlCl_3$ ইত্যাদি।
- মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ : Na_2CO_3 , $CH_3-COONa$, KCN , $H-COONa$, K_2CO_3 ইত্যাদি।
- মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ : $(NH_4)_2CO_3$, $H-COONH_4$, $CH_3-COONH_4$ ইত্যাদি।

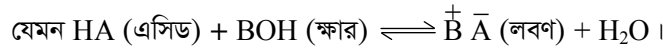
লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণে উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। উদাহরণস্বরূপ :

- তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি নিরপেক্ষ বা প্রশম প্রকৃতির হয়। এ লবণের জলীয় দ্রবণের pH মান 7 হয়। যেমন : $NaCl$, KCl , $NaNO_3$, KNO_3 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 প্রভৃতি লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় নিরপেক্ষ।

- ii. তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় হয়। এ লবণের জলীয় দ্রবণের pH মান 7 অপেক্ষা ছোট হয়। অর্থাৎ $pH < 7$ । যেমন— NH_4Cl , NH_4NO_3 , $(NH_4)_2SO_4$, $CuSO_4$, $FeSO_4$, $FeCl_3$, $AlCl_3$ ইত্যাদি লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় হয়।
- iii. মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় ক্ষারীয়। এ দ্রবণের pH মান 7 অপেক্ষা বড় হয়। অর্থাৎ $pH > 7$ । যেমন : Na_2CO_3 , K_2CO_3 , $H-COONa$, $CH_3-COONa$, KCN ইত্যাদি লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি ক্ষারীয় হয়।
- iv. মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয় বা ক্ষারীয় অথবা নিরপেক্ষ যে কোনোই হতে পারে। অর্থাৎ এরূপ লবণের জলীয় দ্রবণের pH মান 7, 7 অপেক্ষা বড় অথবা 7 অপেক্ষা ছোট হতে পারে। যেমন : $(NH_4)_2CO_3$ এর জলীয় দ্রবণের $pH > 7$ অর্থাৎ দ্রবণের প্রকৃতি ক্ষারীয়। $H-COONH_4$ এর জলীয় দ্রবণের $pH < 7$ অর্থাৎ দ্রবণের প্রকৃতি অম্লীয়। $CH_3-COONH_4$ এর জলীয় দ্রবণের $pH = 7$ অর্থাৎ দ্রবণের প্রকৃতি নিরপেক্ষ। এক্ষেত্রে লবণ থেকে উৎপন্ন যৌগের অনুবন্ধী এসিড এ অনুবন্ধী ক্ষারকের তীব্রতার উপর দ্রবণের প্রকৃতি নির্ভর করে।

লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণের কারণ (Causes of Hydrolysis of Salts)

পানিতে লবণের বিয়োজনের ফলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সৃষ্টি হয়। সাধারণত ক্যাটায়ন ধাতব অংশ এবং অ্যানায়ন অধাতব অংশ হয়। ব্যতিক্রম NH_4^+ এর লবণ। সব সময়ই ক্যাটায়ন হলো লবণ উৎপন্নকারী ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড এবং অ্যানায়নটি লবণ উৎপন্নকারী এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।



এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে B^+ ক্যাটায়নটি BOH ক্ষারের অনুবন্ধী এসিড এবং A^- অ্যানায়নটি HA এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক।

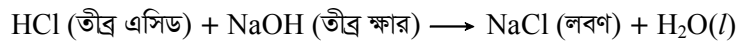
এক্ষেত্রে লবণের অনুবন্ধী এসিড তীব্র অথবা মৃদু হতে পারে। একইভাবে লবণের অনুবন্ধী ক্ষারকও তীব্র অথবা মৃদু হতে পারে। স্বাভাবিক নিয়মে লবণের অনুবন্ধী এসিড ও অনুবন্ধী ক্ষারক সমান শক্তিসম্পন্ন হলে লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় নিরপেক্ষ বা প্রশম। পক্ষান্তরে লবণের অনুবন্ধী এসিড তীব্র ও অনুবন্ধী ক্ষারক দুর্বল হলে জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় অম্লীয়। বিপরীতভাবে লবণের অনুবন্ধী এসিড দুর্বল এবং অনুবন্ধী ক্ষারক তীব্র সেক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি ক্ষারীয় হয়। আর যদি অনুবন্ধী এসিড ও অনুবন্ধী ক্ষারক উভয়েই তীব্র হয়, সেক্ষেত্রে তাদের তীব্রতার মান অনুযায়ী জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি নিরপেক্ষ, অম্লীয় অথবা ক্ষারীয় এর যেকোনোটিই হতে পারে।

উদাহরণস্বরূপ :

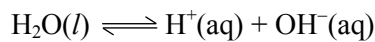
(i) তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ

একটি সুনির্দিষ্ট উদাহরণের মাধ্যমে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যাক।

তীব্র এসিড HCl ও তীব্র ক্ষার, $NaOH$ এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ $NaCl$



উৎপন্ন লবণ, $NaCl$ তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় পানিতে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে ক্যাটায়ন, Na^+ ও অ্যানায়ন, Cl^- উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ক্যাটায়ন Na^+ হলো তীব্র ক্ষার $NaOH$ এর দুর্বল অনুবন্ধী এসিড। একইভাবে অ্যানায়ন Cl^- হলো তীব্র এসিড HCl এর অনুবন্ধী ক্ষারক। পানি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ আয়নিত হয়ে সমসংখ্যক H^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

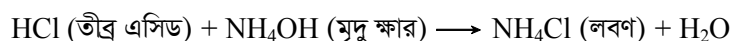


কিন্তু পানিতে উপস্থিত Na^+ আয়ন দুর্বল অনুবন্ধী এসিড হওয়ায় উহা পানি থেকে উৎপন্ন OH^- আয়নকে গ্রহণ করে না। অর্থাৎ $Na^+ + H_2O(l) \rightleftharpoons NaOH + H^+$ এ বিক্রিয়া ঘটে না এবং একইভাবে Cl^- আয়নটি দুর্বল অনুবন্ধী ক্ষারক হওয়ায় উহা পানি থেকে উৎপন্ন H^+ আয়নকে গ্রহণ করে না। অর্থাৎ $Cl^- + H_2O(l) \rightleftharpoons HCl + OH^-$ এ বিক্রিয়াটিও ঘটে না। সুতরাং, $NaCl$ এর পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার কারণে কোনো অতিরিক্ত H^+ আয়ন বা OH^- আয়নের সৃষ্টি হয় না। শুধু পানির বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন সম সংখ্যক H^+ ও OH^- আয়ন উপস্থিত থাকে। এ কারণে পানিতে $NaCl$ এর জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় প্রশম।

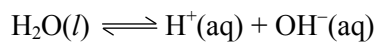
এভাবে তীব্র এসিড এ তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের আর্দ্র বিশ্লেষিত দ্রবণের প্রকৃতি প্রশম হয়।

(ii) তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ

এটি মূলত ক্যাটায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণ। একটি সুনির্দিষ্ট উদাহরণের মাধ্যমে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যাক। তীব্র এসিড HCl ও মৃদু ক্ষার NH₄OH এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ NH₄Cl।



উৎপন্ন লবণ NH₄Cl তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় পানিতে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে ক্যাটায়ন, NH₄⁺ ও অ্যানায়ন Cl⁻ উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ক্যাটায়ন NH₄⁺ হলো মৃদু ক্ষার NH₄OH এর তীব্র অনুবন্ধী এসিড এবং অ্যানায়ন Cl⁻ হলো তীব্র এসিড HCl এর দুর্বল অনুবন্ধী ক্ষারক। পানি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় দ্রবণে সামান্য পরিমাণ আয়নিত হয়ে সম সংখ্যক H⁺ ও OH⁻ আয়ন উৎপন্ন করে।



কিন্তু পানিতে উপস্থিত তীব্র অনুবন্ধী এসিড NH₄⁺ অতিসহজে পানি থেকে OH⁻ আয়নকে গ্রহণ করে এবং H⁺ আয়ন উৎপন্ন করে।

NH₄⁺ + H₂O → NH₄OH (OH⁻ গ্রহণ) + H⁺ (H⁺ উৎপাদন) এদিকে Cl⁻ দুর্বল অনুবন্ধী ক্ষারক হওয়ায় তা পানি থেকে H⁺ কে গ্রহণ করে নিজে HCl এর পরিণত হতে পারে না এবং OH⁻ ও উৎপন্ন করতে পারে না। অর্থাৎ, Cl⁻(aq) + H₂O(l) → HCl + OH⁻ বিক্রিয়াটি ঘটে না।

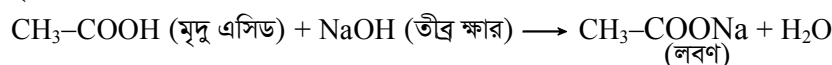
সুতরাং, NH₄Cl এর জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন H⁺ ও OH⁻ আয়নগুলো হলো— পানির বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন সম সংখ্যক H⁺ ও OH⁻ আয়ন এবং দ্রবণে NH₄Cl এর উপস্থিতিতে উৎপন্ন অতিরিক্ত H⁺ আয়ন। এ কারণে সামগ্রিকভাবে জলীয় দ্রবণে H⁺ আয়নের পরিমাণ OH⁻ আয়নের তুলনায় অধিক হয়। অর্থাৎ দ্রবণে [H⁺] > [OH⁻]। ফলে জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় অম্লীয়।

এক্ষেত্রে শুধু ক্যাটায়নটি আর্দ্র বিশ্লেষণে অংশগ্রহণ করেছে। এ কারণে এ আর্দ্র বিশ্লেষণকে ক্যাটায়নিক আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে।

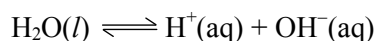
(iii) মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ

এটি মূলত অ্যানায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণ। একটি সুনির্দিষ্ট উদাহরণের মাধ্যমে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যাক।

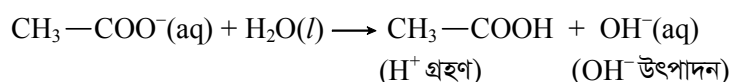
মৃদু এসিড CH₃-COOH ও তীব্র ক্ষার NaOH এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ CH₃-COONa।



উৎপন্ন লবণ CH₃-COONa তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ার পানিতে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে ক্যাটায়ন, Na⁺ ও অ্যানায়ন CH₃-COO⁻ উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ক্যাটায়ন Na⁺ হলো তীব্র ক্ষার NaOH এর দুর্বল অনুবন্ধী এসিড এবং অ্যানায়ন CH₃-COO⁻ হলো মৃদু এসিড CH₃-COOH এর তীব্র অনুবন্ধী ক্ষারক। পানি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে আয়নিক হয়ে সম সংখ্যক H⁺ আয়ন ও OH⁻ আয়ন উৎপন্ন করে।



কিন্তু পানি উপস্থিত তীব্র অনুবন্ধী ক্ষারক, CH₃-COO⁻ অতি সহজে পানি থেকে উৎপন্ন H⁺ আয়নকে গ্রহণ করে এবং OH⁻ উৎপন্ন করে।

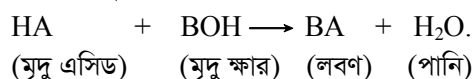


সুতরাং CH₃-COONa এর জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন H⁺ ও OH⁻ আয়নগুলো হলো পানির বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন সমসংখ্যক H⁺ আয়ন ও OH⁻ আয়ন এবং দ্রবণে CH₃-COONa এর উপস্থিতিতে অতিরিক্ত OH⁻ আয়ন। এ কারণে দ্রবণে সামগ্রিকভাবে OH⁻ আয়নের পরিমাণ H⁺ আয়নের তুলনায় অধিক হয়। অর্থাৎ দ্রবণে [OH⁻] > [H⁺]। ফলে জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি হয় ক্ষারীয়।

এক্ষেত্রে শুধু অ্যানায়নটি আর্দ্র বিশ্লেষণে অংশগ্রহণ করেছে। এ কারণে এ জাতীয় আর্দ্র বিশ্লেষণকে অ্যানায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণ বলে।

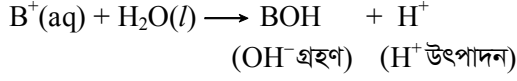
(iv) মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ

একটি সাধারণ উদাহরণের মাধ্যমে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যাক। মনেকরি, HA একটি মৃদু এসিড ও BOH একটি মৃদু ক্ষার। এ মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ BA।

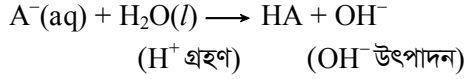


BA লবণটি জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে B^+ ক্যাটায়ন এবং A^- অ্যানায়ন উৎপন্ন করে। B^+ ক্যাটায়ন মৃদু ক্ষার BOH এর তীব্র অনুবন্ধী এসিড এবং অ্যানায়নটি A^- মৃদু এসিড HA এর তীব্র অনুবন্ধী ক্ষারক। এখন— অনুবন্ধী এসিড B^+ ও অনুবন্ধী ক্ষার A^- এর তীব্রতার ক্ষেত্রে তিন ধরনের ঘটনা ঘটতে পারে—

(i) অনুবন্ধী এসিড B^+ এর তীব্রতা ও অনুবন্ধী ক্ষার A^- এর তীব্রতা সমান হলে, তীব্র অনুবন্ধী এসিড পানির অণু থেকে সহজে OH^- আয়ন গ্রহণ করে H^+ আয়ন উৎপন্ন করতে পারে।



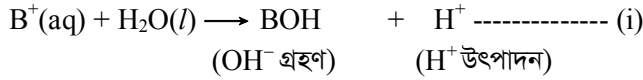
একইভাবে A^- তীব্র অনুবন্ধী ক্ষারক হওয়ায় পানি অণু থেকে সহজে H^+ আয়ন গ্রহণ করে OH^- আয়ন উৎপন্ন করতে পারে।



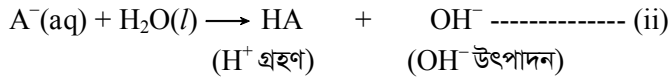
অনুবন্ধী এসিড B^+ ও অনুবন্ধী ক্ষারক A^- উভয়েই তীব্র হওয়ায় পানির সাথে বিক্রিয়া করে সমান সংখ্যক H^+ আয়ন ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে থাকে।

সুতরাং, দ্রবণে H^+ আয়ন ও OH^- আয়নের সংখ্যা সমান হওয়ায় দ্রবণটি প্রশম হয়।

(ii) অনুবন্ধী এসিড B^+ এর তীব্রতা অনুবন্ধী ক্ষারক A^- এর তীব্রতা অপেক্ষা বেশি হলে, B^+ তীব্র অনুবন্ধী এসিড হওয়ায় পানি অণু থেকে সহজেই OH^- আয়নকে গ্রহণ করে এবং H^+ আয়ন উৎপন্ন করে থাকে।



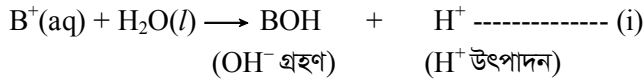
একইভাবে A^- তীব্র অনুবন্ধী ক্ষারক হওয়ায় পানি অণু থেকে সহজে H^+ আয়নকে গ্রহণ করে এবং OH^- আয়ন উৎপন্ন করতে পারে।



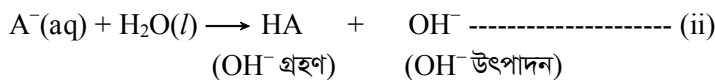
কিন্তু এক্ষেত্রে B^+ অনুবন্ধী এসিডের তীব্রতা $>$ A^- অনুবন্ধী ক্ষারকের তীব্রতা। সুতরাং (i) নং বিক্রিয়াটি (ii) নং বিক্রিয়ার সাপেক্ষে অধিক হারে ঘটবে। ফলে দ্রবণে H^+ আয়নের পরিমাণ OH^- আয়নের তুলনায় বেশি বেড়ে যাবে।

অর্থাৎ দ্রবণে $[H^+] > [OH^-]$ হওয়ায় দ্রবণের প্রকৃতি হয় অম্লীয়।

(iii) অনুবন্ধী এসিড B^+ এর তীব্রতা অনুবন্ধী ক্ষারক A^- এর তীব্রতা অপেক্ষা কম হলে, B^+ তীব্র অনুবন্ধী এসিড হওয়ায় পানি অণু থেকে সহজেই OH^- আয়নকে গ্রহণ করে এবং H^+ আয়ন উৎপন্ন করে থাকে।



একইভাবে A^- তীব্র অনুবন্ধী ক্ষারক হওয়ায় পানি অণু থেকে সহজে H^+ আয়নকে গ্রহণ করে এবং OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।



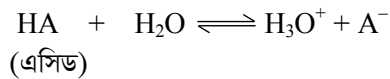
কিন্তু এক্ষেত্রে A^- অনুবন্ধী ক্ষারকের তীব্রতা $>$ B^+ অনুবন্ধী এসিডের তীব্রতা। সুতরাং (ii) নং বিক্রিয়াটি (i) নং বিক্রিয়ার সাপেক্ষে অধিক হারে ঘটবে। ফলে দ্রবণে OH^- আয়নের পরিমাণ H^+ আয়নের তুলনায় বেশি বেড়ে যাবে।

অর্থাৎ দ্রবণে $[OH^-] > [H^+]$ হওয়ায় দ্রবণের প্রকৃতি হয় ক্ষারীয়।

মনে রাখবেন :

১. যেকোনো এসিড দ্রবণের ক্ষেত্রে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা শূন্য হতে পারে না—

এসিড পানিতে দ্রবীভূত হয়ে H^+ আয়ন তথা H_3O^+ দান করে।



এসিড দ্রবণে H^+ আয়ন তথা H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা অধিক থাকে। পানির আয়নিক গুণফলের তাৎপর্য হলো— নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেকোনো জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রার সর্বাধিক সীমা থাকে। $25^\circ C$ তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল K_w এর মান 1.008×10^{-14} । $25^\circ C$ তাপমাত্রায় K_w এর মান নির্দিষ্ট হওয়ায় যদি কোনো দ্রবণে $C_{H^+} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ হয়, তবে ওই জলীয় দ্রবণে $C_{OH^-} = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$ অবশ্যই হবে। H^+ ও OH^- এর যেকোনো একটির ঘনমাত্রার পরিবর্তন হলে অপরটিও অবশ্যই পরিবর্তিত হতে হবে।

তাই যেকোনো জলীয় দ্রবণেই H^+ ও OH^- উভয় আয়নই যুগপৎ বর্তমান থাকে। একটি গাঢ় এসিড দ্রবণেও OH^- আয়ন বর্তমান, যদিও তার পরিমাণ কম। যদি এসিড দ্রবণের ক্ষেত্রে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা শূন্য হয়, তাহলে $K_w = [H^+] \times [OH^-]$ সমীকরণটি অর্থহীন হয়ে পড়বে। সাধারণভাবে এসিড দ্রবণের ক্ষেত্রে : $[H_3O^+] > [OH^-]$ হয়।

২. যেকোনো ক্ষার দ্রবণের ক্ষেত্রে H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা শূন্য হতে পারে না—

ক্ষার জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন দান করে থাকে।



সাধারণভাবে জলীয় দ্রবণে OH^- আয়নের ঘনমাত্রা অধিক হয় তবে দ্রবণটি ক্ষার হয়। পানির আয়নিক গুণফলের তাৎপর্য হলো— নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেকোনো জলীয় দ্রবণে H_3O^+ আয়ন ও OH^- আয়নের ঘনমাত্রার সর্বাধিক সীমা থাকে।

$25^\circ C$ তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল,

$$K_w = [H^+] \times [OH^-] = [H_3O^+] \times [OH^-] = 1.008 \times 10^{-14}$$

$25^\circ C$ তাপমাত্রায় K_w এর মান নির্দিষ্ট হওয়ায় যদি কোনো দ্রবণে $C_{H^+} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ হয় তবে ওই জলীয় দ্রবণে $C_{OH^-} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$ অবশ্যই হবে। OH^- ও H_3O^+ এর যেকোনো একটির ঘনমাত্রার পরিবর্তন হলে অপরটিও অবশ্যই পরিবর্তিত হতে হবে।

তাই যেকোনো জলীয় দ্রবণে OH^- ও H^+ উভয় আয়নই যুগপৎ বর্তমান থাকে। একটি গাঢ় ক্ষার দ্রবণেও H_3O^+ আয়ন বর্তমান, যদিও এর পরিমাণ কম। যদি ক্ষার দ্রবণের ক্ষেত্রে H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রা শূন্য হয়, তাহলে $K_w = [H_3O^+] \times [OH^-]$ সমীকরণটি অর্থহীন হয়ে পড়বে। সাধারণভাবে ক্ষার দ্রবণের ক্ষেত্রে $[OH^-] > [H_3O^+]$ হয়।

৩. মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রার মান 1 অপেক্ষা ছোট—

মৃদু এসিড বা মৃদু ক্ষার দ্রবণে আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়ে আয়ন উৎপন্ন করে থাকে। বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নগুলোর সাথে অবিয়োজিত অণুর একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা বর্তমান থাকে।

$$\text{তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা, } \alpha = \frac{\text{বিয়োজিত অণুর সংখ্যা}}{\text{মোট অণুর সংখ্যা}}$$

এ আনুপাতিক রাশি হতে দেখা যায় বিয়োজন মাত্রা α বলতে প্রকৃত অর্থে বোঝায় কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য উপাদানের 1 mol থেকে α mol আয়নিত হয়। এর $(1 - \alpha)$ mol অ-আয়নিত উপাদান হিসাবে দ্রবণে দ্রবীভূত থাকবে। তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নিত অবস্থায় থাকে। ফলে এর বিয়োজন মাত্রা $\alpha \approx 1$ হয়; কিছু মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে এদের আংশিক বিয়োজন ঘটে। সুতরাং মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা, α এর মান সর্বদা 1 অপেক্ষা ছোট হয়।

৪. তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রায় মান 1 হয়—

তীব্র এসিড বা তীব্র ক্ষার দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়ে আয়ন উৎপন্ন করে থাকে। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নগুলোর সাথে অবিয়োজিত অণুর একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা বজায় থাকে।

$$\text{তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা, } \alpha = \frac{\text{বিয়োজিত অণুর সংখ্যা}}{\text{মোট অণুর সংখ্যা}}$$

এ আনুপাতিক রাশি হতে দেখা যায়, বিয়োজন মাত্রা α বলতে প্রকৃত অর্থে বোঝায় কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য উপাদানের 1 mol থেকে α mol আয়নিত হয় এবং, $(1 - \alpha)$ mol অ-আয়নিত উপাদান হিসাবে দ্রবণে দ্রবীভূত থাকবে। তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে দ্রবণে এদের প্রায় সম্পূর্ণ অংশই দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। ফলে এদের বিয়োজন মাত্রা $\alpha \approx 1$ হয়। তড়িৎ বিশ্লেষ্য যত তীব্র হয় এ মান তত 1 এর কাছাকাছি এসে পৌঁছায়। খুব বেশি তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে এ মান 1 হয়।



সারসংক্ষেপ :

- **আর্দ্র বিশ্লেষণ :** কোনো লবণকে পানিতে দ্রবীভূত করে যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে লবণটি জলীয় দ্রবণে H_3O^+ বা OH^- আয়নের পরিমাণে বৃদ্ধি ঘটিয়ে দ্রবণটির প্রকৃতি অম্লীয় বা ক্ষারীয় করে, সে বিক্রিয়াকে লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ বলে।
- **অনুবন্ধি এসিড :** কোন ক্ষারক প্রোটন গ্রহণ করে যে ক্যাটায়ন উৎপন্ন করে, সেই ক্যাটায়নটি ঐ ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড।
- **অনুবন্ধি ক্ষারক :** এসিড প্রোটন (H^+) দান করে যে অ্যানায়ন উৎপন্ন করে সে অ্যানায়নটিকে ঐ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক বলা হয়।
- **বিয়োজন মাত্রা :** মৃদু এসিড বা মৃদু ক্ষার দ্রবণে আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়ে আয়ন উৎপন্ন করে থাকে। বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নগুলোর সাথে অবিয়োজিত অণুর একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা বর্তমান থাকে।
- **তড়িৎ বিশ্লেষের বিয়োজন মাত্রা, $\alpha = \frac{\text{বিয়োজিত অণুর সংখ্যা}}{\text{মোট অণুর সংখ্যা}}$ ।**



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৭

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ কোনটি?

(ক) NH_4Cl	(খ) $NaCl$
(গ) Na_2CO_3	(ঘ) $H-COONH_4$
- ২। তীব্র এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের জলীয় দ্রবণের এর মান কত?

(ক) $pH = 7$	(খ) $pH \geq 7$
(গ) $pH < 7$	(ঘ) $pH > 7$
- ৩। মৃদু এসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ কোনটি?

(ক) $NaCl$	(খ) NH_4NO_3
(গ) $H-COONH_4$	(ঘ) Na_2CO_3
- ৪। মৃদু এসিড ও মৃদু ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি সম্পর্কে নিচের তথ্যগুলো পাওয়া গেল-
 - $pH = 7$
 - $pH > 7$
 - $pH < 7$
 নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii	(খ) i ও iii	(গ) ii ও iii	(ঘ) i, ii ও iii
------------	-------------	--------------	-----------------

পাঠ-৬.৮

বাফার দ্রবণ ও বাফার দ্রবণের pH গণনা



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- বাফার দ্রবণ সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে পারবেন।
- বাফার ক্রিয়ার কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বাফার দ্রবণের pH গণনা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

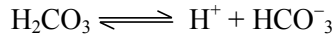
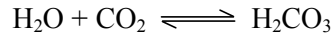
বাফার, বাফার ক্ষমতা, অম্লীয় বাফার, ক্ষারীয় বাফার।



বাফার দ্রবণ ও বাফার দ্রবণ প্রস্তুতি (Buffer Solution and Preparation of Buffer Solution)

আমরা যে খাবারগুলো গ্রহণ করি, তাদের অনেকগুলো সামান্য অম্লীয় বা ক্ষারীয় প্রকৃতির হতে পারে। যেমন- সফট ড্রিংকসে কার্বনিক এসিড, লেবু বা কমলায় বা কাঁচা মরিচে সাইট্রিক এসিড, তেঁতুলে টারটারিক এসিড, দুধে ল্যাকটিক এসিড ইত্যাদি দুর্বল এসিড থাকে। আবার পানের সাথে অনেকে চুন খেয়ে থাকেন যা ক্ষারীয়। এগুলো অল্প পরিমাণে খেলে আমাদের পাকস্থলীর পাচকরসের pH তেমন পরিবর্তন হয় না। কারণ পাচকরস হচ্ছে একটি বাফার দ্রবণ।

এসিড এবং ক্ষারের অথবা লবণের যেকোনো দ্রবণের নির্দিষ্ট শর্তে নির্দিষ্ট pH মান থাকে। নির্দিষ্ট pH-এর যেকোনো দ্রবণ ল্যাবরেটরিতে গ্লাস পাত্রে সংরক্ষণ করা হলে কিছুদিনের মধ্যে ঐ দ্রবণের pH মান পরিবর্তন হয়ে যায়। এর কারণ কী? বায়ুর জলীয় বাষ্পের সাথে কার্বন ডাইঅক্সাইড থাকে। CO₂ অম্লীয় অক্সাইড। দ্রবণে CO₂ শোষিত হলে দ্রবণের pH-এর মান হ্রাস পায়।



ক্ষারীয় দ্রবণ কাচের গ্লাসে সংরক্ষণ করা হলে গ্লাস হতে সিলিকেট দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণে মিশে যায়। সিলিকেট ক্ষারধর্মী হওয়ায় দ্রবণের pH-এর মান বেড়ে যায়। আবার কোনো মানের pH দ্রবণে ২/১ ফোঁটা এসিড বা ক্ষার যোগ করার সাথে সাথেই pH-এর মান পরিবর্তিত হয়ে যায়। কিন্তু আমাদের ব্যবহারিক ক্ষেত্রে অনেক সময় এমন ধরনের দ্রবণ প্রয়োজন হয় যার pH মান সহজেই পরিবর্তন হয় না। যে দ্রবণের pH মান সহজে পরিবর্তন হয় না তাকে বাফার দ্রবণ বলে। বাফার দ্রবণে সাধারণত-

- duর্বল অম্ল এবং ঐ অম্লের সাথে সবল ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ এবং
- duর্বল ক্ষার এবং ঐ ক্ষারের সাথে সবল এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

সুতরাং যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষার যোগ করলেও দ্রবণের pH-এর মান অপরিবর্তিত থাকে তাকে বাফার দ্রবণ বলে। বাফার দ্রবণের pH অপরিবর্তিত রাখার ক্ষমতাকে বাফার ক্ষমতা বলে।

বাফার ক্রিয়া (Buffer Action) : বাফার দ্রবণে সামান্য পরিমাণে অম্ল বা ক্ষারক যোগ করলে বাফার দ্রবণের pH-এর মানের কোনো পরিবর্তন হয় না। বাফার দ্রবণ pH পরিবর্তনে বাধার সৃষ্টি করে। বাফার দ্রবণের pH পরিবর্তনে বাধা দেওয়ার ক্ষমতাকে বাফার ক্রিয়া (Buffer action) বলে।

বাফার ক্ষমতা (Buffer Capacity) : বাফার দ্রবণ এমনভাবে তৈরি করা হয় যাতে সামান্য পরিমাণ তীব্র অম্ল বা তীব্র ক্ষারক যোগ করা হলেও তার pH মানের কোনো পরিবর্তন হয় না। কোনো বাফার দ্রবণের pH-এর মান এক একক হ্রাস বা এক একক বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তীব্র এসিড বা তীব্র ক্ষারক যোগ করতে হয় এসিড বা ক্ষারের ঐ পরিমাণকে বাফার ক্ষমতা (Buffer capacity) বলে।

$$\text{বাফার ক্ষমতা, } \beta = \frac{db}{dpH}$$

এখানে, db = দ্রবণে যোগকৃত শক্তিশালী ক্ষারের পরিমাণ
dpH = pH মান পরিবর্তন

প্রস্তুতি :

(ক) অম্লীয় বাফার দ্রবণ : সাধারণত কোনো মৃদু এসিড ও ঐ এসিডের সাথে তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ মিশ্রিত করে বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। এক্ষেত্রে বিভিন্ন pH বিশিষ্ট বাফার দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ ব্যবহার করে এসিড ও লবণের ঘনমাত্রার বিপরীতে তাদের পরিমাণের অনুপাত নির্ণয় করা হয়। অতঃপর হিসাবকৃত অনুপাতে এসিড ও লবণ মিশ্রিত করে কাঙ্ক্ষিত pH বিশিষ্ট দ্রবণ তৈরি করা হয়। সাধারণত অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH মান 3.7 থেকে 5.6 এর মধ্যে হয়।

অম্লীয় দ্রবণের জন্য হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ নিম্নরূপ—

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} \quad [\text{এখানে } pK_a = -\log K_a]$$

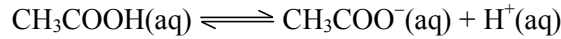
এ সমীকরণ থেকে নির্দিষ্ট pH বিশিষ্ট বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে নিচের বিষয়গুলো বিবেচনা করা প্রয়োজন।

- ১। কোনো নির্দিষ্ট pH বিশিষ্ট অম্লীয় বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে ঐ pH এর কাছাকাছি pK_a বিশিষ্ট অম্ল ও তার লবণ বিবেচনা করতে হবে। pH এর মান pK_a এর যত কাছাকাছি হবে ঐ বাফার দ্রবণের কার্যকারিতা ততই অধিক হবে।
- ২। $\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{এসিড}]}$ এর অনুপাত 1 রেখে বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করলে ঐ বাফার দ্রবণের বাফার ক্ষমতা সর্বোচ্চ হয়। কারণ এক্ষেত্রে pH ও pK_a সমান হয়। অর্থাৎ দ্রবণে তুল্য পরিমাণ মৃদু এসিড ও তুল্য পরিমাণ তার লবণ মিশ্রালে ঐ বাফার দ্রবণের ক্ষমতা সর্বোচ্চ হয়।
- ৩। $\frac{[\text{লবণ}]}{[\text{এসিড}]}$ অনুপাত 10 থেকে 0.1 এর মধ্যে থাকলে বাফার দ্রবণের pH বিস্তার $pK_a + 1$ থেকে $pK_a - 1$ পর্যন্ত হবে।
- ৪। আদর্শ বাফার দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 mM থেকে 200 mM বিবেচনা করতে হবে।

বাফার দ্রবণের pH গণনা (Calculation of pH of a Buffer Solution)**হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ (Henderson-Hasselbach Equation)**

হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের জন্য যে সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত করেন তা হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ নামে পরিচিত।

(১) অম্লীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণের pH গণনার সমীকরণ : অম্লীয় বাফার দ্রবণ প্রস্তুতিতে দুর্বল এসিড ব্যবহৃত হয়। এ এসিড দ্রবণে সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে সাম্যাবস্থায় থাকে। CH_3COOH এবং CH_3COONa সমন্বয়ে তৈরি একটি বাফার দ্রবণ বিবেচনা করি। CH_3COOH -এর বিয়োজন নিম্নরূপ—



ভর-ক্রিয়ার সূত্রানুযায়ী আমরা লিখতে পারি—

$$\text{সাম্য ধ্রুবক, } K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$\text{বা, } [H^+] \times [CH_3COO^-] = K_a \times [CH_3COOH]$$

$$\text{বা, } [H^+] = \frac{K_a \times [CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} \quad \dots\dots\dots (i)$$

দ্রবণে CH_3COONa যোগ করার ফলে এর বিয়োজনে যে CH_3COO^- আয়ন উৎপন্ন হয়, তা CH_3COOH -এর বিয়োজনে যে CH_3COO^- আয়ন উৎপন্ন করে তার ঘনমাত্রা বাড়িয়ে দেয়, ফলে CH_3COOH -এর বিয়োজন মাত্রা আরো হ্রাস ঘটে। এ অবস্থায় CH_3COOH -এর ঘনমাত্রা তার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার প্রায় সমান হয় এবং CH_3COO^- -এর ঘনমাত্রা CH_3COONa -এর ঘনমাত্রার প্রায় কাছাকাছি থাকে। সুতরাং (i) নং সমীকরণকে নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়—

$$[H^+] = K_a \times \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]} \quad \text{এ সমীকরণের উভয় পাশে } \log \text{ ব্যবহার করে পাই—}$$

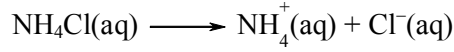
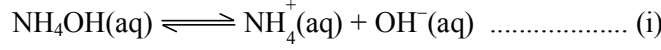
$$\log [H^+] = \log K_a + \log \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } pH = pK_a - \log \frac{[\text{অম্ল}]}{[\text{লবণ}]}$$

$$\text{বা, } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} \dots\dots\dots \text{(ii)}$$

(ii) সমীকরণকে হেন্ডারসন-হ্যাসেলবাখ সমীকরণ বলে।

(২) ক্ষারকীয় বাফার দ্রবণের pH গণনার সমীকরণ : ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে দুর্বল ক্ষার এবং ঐ ক্ষারের লবণের সমন্বয়ে দ্রবণ তৈরি করা হয়। এ ধরনের একটা বাফার দ্রবণ তৈরির জন্য NH_4OH এবং NH_4Cl বিবেচনা করি। দ্রবণে NH_4OH এবং NH_4Cl নিম্নরূপে আয়নিত হয়—



(i) নং সমীকরণে ভর-ক্রিয়ার সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$\text{সামঞ্জসক, } K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

$$\text{বা, } [\text{NH}_4^+] [\text{OH}^-] = K_b \times [\text{NH}_4\text{OH}]$$

$$\text{বা, } [\text{OH}^-] = \frac{K_b \times [\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots\dots \text{(ii)}$$

(ii) সমীকরণে উভয় পাশে \log দ্বারা গুণ করে পাই—

$$\log [\text{OH}^-] = \log K_b + \log \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]}$$

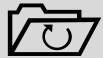
$$\text{বা, } -\text{pOH} = -\text{pK}_b - \log \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\text{বা, } \text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_4\text{OH}]}$$

$$\text{বা, } (14 - \text{pH}) = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]}$$

$$\text{বা, } \text{pH} = 14 - \text{pK}_b - \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]} \dots\dots\dots \text{(iii)}$$

(iii) নং সমীকরণ হলো ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH নির্ণয়ের সমীকরণ।



সারসংক্ষেপ :

- বাফার দ্রবণ : যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষার যোগ করলেও দ্রবণের pH-এর মান অপরিবর্তিত থাকে তাকে বাফার দ্রবণ বলে।
- বাফার ক্ষমতা : বাফার দ্রবণের pH অপরিবর্তিত রাখার ক্ষমতাকে বাফার ক্ষমতা বলে।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৮

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। 10 mL 0.1 M $\text{CH}_3\text{—COOH}$ ($\text{pK}_a = 4.7447$) দ্রবণের মধ্যে 8 mL 0.1 M NaOH দ্রবণ যোগ করা হলো। বর্তমানে দ্রবণের pH মান—
 (ক) 4.025 (খ) 4.255 (গ) 5.1056 (ঘ) 5.3467
- ২। কোন দ্রবণের ক্ষেত্রে $\text{pH} = \text{pK}_a$ —
 (ক) 100 mL 0.1M $\text{CH}_3\text{—COOH}$ + 100 mL 0.1M $\text{CH}_3\text{—COONa}$
 (খ) 100 mL 0.1M $\text{CH}_3\text{—COOH}$ + 100 mL 0.1M NaOH
 (গ) 100 mL 0.1M $\text{CH}_3\text{—COOH}$ + 100 mL 0.1M NH_4OH
 (ঘ) 100 mL 0.1M $\text{CH}_3\text{—COOH}$ + 50 mL 0.1M NaOH
- ৩। নিচের কোন মিশ্রণ দ্বারা বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়?
 (ক) পানিতে $\text{CH}_3\text{—COOH}$ ও $\text{CH}_3\text{—COONa}$ এর মিশ্র দ্রবণ
 (খ) পানিতে NH_3 ও NaCl এর মিশ্র দ্রবণ
 (গ) পানিতে NH_3 ও NaOH এর মিশ্র দ্রবণ
 (ঘ) পানিতে HCl ও NaCl এর মিশ্র দ্রবণ
- ৪। সঠিক উক্তিটি চিহ্নিত কর :
 (ক) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের বাফার ক্ষমতা সর্বোচ্চ হয় যখন $\text{pH} = \text{pK}_b$ হয়
 (খ) $\text{CH}_3\text{—COOH}$ ও $\text{CH}_3\text{—COONa}$ এর ক্ষেত্রে pH সীমা 6.5 থেকে 7.5 এর মধ্যে হয়
 (গ) আইভি স্যালাইনের pH মান 6.5–7.5 এর মধ্যে সীমিত রাখা হয়
 (ঘ) পাকস্থলীর পাচক রসের সাথে নিঃসৃত HCl এর pH মান 2.5–3 এর মধ্যে থাকে
- ৫। অম্লীয় বাফার দ্রবণের pH এর মান কত থাকে?
 (ক) 7 (খ) 14 (গ) 7 এর কম (ঘ) 7 এর বেশি
- ৬। বাফার দ্রবণের ক্ষমতা সর্বোচ্চ যখন—
 i. pH মান 7 হয়
 ii. বেশি পরিমাণে লবণ ও কম এসিড থাকে
 iii. সমপরিমাণ দুর্বল এসিড ও এর লবণ থাকে
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৬.৯

pH এর গুরুত্ব



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থী-

- রক্ত কীভাবে pH মান স্থির রাখে তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- কৃষি, শিল্প, টয়লেট্রিজ, ঔষধ সেবনে pH এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

বাইকার্বোনেট, বিষ্ক্রিয়া, ফার্মেন্টেশন, এন্টাসিড, টয়লেট্রিজ, কিউটিকল।

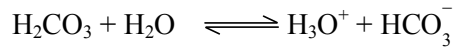
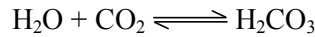


মানুষের রক্তের pH (pH of Human Blood)

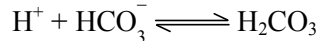
মানবদেহের বিভিন্ন তরল উপাদানের pH নির্দিষ্ট পরিসরের মধ্যে থাকে। এর মধ্যে রক্তের pH এর মান স্বাভাবিক অবস্থায় 7.4। রক্ত একটি উৎকৃষ্ট বাফার দ্রবণ। তাই আমরা সামান্য অম্ল জাতীয় বা ক্ষার জাতীয় খাবার খেলেও তা রক্তের pH পরিবর্তন করতে পারে না। তবে কোনো কারণে pH এর মানের পরিবর্তন 0.5 এর বেশি হলে জীবন হুমকির মধ্যে পড়বে, এমনকি মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে। তবে বিভিন্ন কারণে রক্তের pH মান 7-7.8 এর মধ্যে পরিবর্তিত হতে পারে।

রক্ত কীভাবে pH স্থির রাখে?

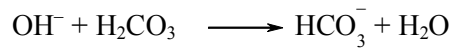
মূলত রক্তে শ্বসন প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজের জারণে যে CO₂ গ্যাস উৎপাদন হয় তা রক্তরসের পানির সাথে মিশে H₂CO₃ তৈরি করে এবং রক্তরসে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। H₂CO₃ এসিড ভেঙে পরবর্তীতে HCO₃⁻ উৎপন্ন করে। রক্তে H₂CO₃ ও HCO₃⁻ বর্তমান থাকায় তা বাফার দ্রবণ হিসেবে কাজ করে।



অম্ল জাতীয় কোনো দ্রবণ রক্তে শোষিত হলে তার থেকে সৃষ্ট H⁺ রক্তের HCO₃⁻ এর সাথে বিক্রিয়া করে প্রশমিত হয়।



উৎপন্ন কার্বনিক এসিড পরে CO₂ ও H₂O এ পরিণত হয়। আবার রক্তে কোনো ক্ষারীয় দ্রবণ শোষিত হলে তা H₂CO₃ এর সাথে বিক্রিয়া করে প্রশমিত হয়।



এ কারণে রক্তে ইঞ্জেকশন, স্যালাইন যোগ করলে বা অম্ল জাতীয় ও ক্ষার জাতীয় খাবার খেলেও রক্তের pH অপরিবর্তিত থাকে। তবে অধিক অম্ল বা ক্ষার জাতীয় খাবার গ্রহণ করা উচিত নয়।

কৃষি, রসায়ন শিল্প, টয়লেট্রিজ, ঔষধ সেবনে pH এর গুরুত্ব

Importance of pH in agriculture, industries, toiletries and medicine use

কৃষি, রসায়ন শিল্প, টয়লেট্রিজ ও ঔষধ সেবনসহ বিভিন্ন ক্ষেত্রে pH ব্যবহার গুরুত্বপূর্ণ। যেমন,

(ক) কৃষি ক্ষেত্রে : অধিকাংশ উদ্ভিদ একটি সুনির্দিষ্ট pH সীমায় প্রয়োজনীয় খাদ্য গ্রহণ করে বেঁচে থাকতে পারে। মাটির pH খুব কম হলে মাটির রসে অনেক ধাতব আয়নের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায় এবং মাটিতে তাদের ঘনমাত্রা খুব বেশি হলে বিষ্ক্রিয়া সৃষ্টি হয়। Mn ও Fe বেশি হলে উদ্ভিদের বৃদ্ধিহ্রাস পায়। অপরদিকে অম্লীয় মাটিতে উদ্ভিদের প্রয়োজনীয় পুষ্টি উপাদান Ca, P, Mg ও Mo এর প্রাপ্যতা হ্রাস পায়।

অপরদিকে মাটির pH খুব বেশি হলে অনেক খনিজ উপাদানের দ্রাব্যতা হ্রাস পায় এবং উদ্ভিদ প্রয়োজনীয় পুষ্টি লাভ করতে পারে না। উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য মাটির pH নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন। কৃষিকাজের জন্য উর্বর মাটির অত্যনুকূল pH মান 6-8 এর মধ্যে হয়। তীব্র অম্লীয় মাটির pH বৃদ্ধির জন্য চুন এবং ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনিসিয়ামের সার (ডলোমাইট) ব্যবহার করা হয়। আবার তীব্র ক্ষারকীয় মাটির pH হ্রাসের জন্য সালফার, নাইট্রেট সার (KNO_3) ও ফসফেট সার (TSP ও SP) ব্যবহার করা হয়।

- (খ) **রসায়ন শিল্পে** : বিভিন্ন শিল্প প্রক্রিয়ায় pH গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বিভিন্ন ঔষধ উৎপাদন, ফার্মেন্টেশন বা গাঁজন প্রক্রিয়ায় এলকোহল উৎপাদনে, বেকারি বা কনফেকশনারি শিল্পে, কলমের কালি প্রস্তুতিতে, অবদ্রব তৈরিতে, চামড়ার ট্যানিং প্রভৃতিতে pH নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন। যেমন, শ্যাম্পু উৎপাদনে এসিডিয় মাধ্যম তথা pH এর মান 5.0–5.5 আবার সাবান উৎপাদনে pH এর মান 7.0 এর উপরে রাখতে হয়।
- (গ) **ঔষধ সেবনে** : আমরা গ্যাস্ট্রিকের সমস্যায় ভুগলে ডাক্তার আমাদের প্রায় সময় এন্টাসিড জাতীয় ট্যাবলেট বা ক্যাপসুল খেতে পরামর্শ দেন। কারণ হচ্ছে অতিরিক্ত এসিডিটির কারণে আমাদের গ্যাস্ট্রিকের সমস্যা দেখা দেয়। অপরদিকে এন্টাসিড জাতীয় ট্যাবলেট বা ক্যাপসুলে ক্ষার জাতীয়, যেমন— $Al(OH)_3$, $Ca(OH)_2$ ইত্যাদি থাকে। যা অতিরিক্ত এসিডকে প্রশমিত করে। তবে অনেক ঔষধ আমাদের শরীরের বিভিন্ন তরল উপাদানের pH বাড়াতে পারে বা কমাতে পারে। যেমন— অ্যাসিটাজোলামাইড, পটাশিয়াম সাইট্রেট, সোডিয়াম বাইকার্বনেটযুক্ত ড্রাগস pH বৃদ্ধি করে এবং অ্যামোনিয়াম ফ্লোরাইড, থায়াজাইড ডাই ইউরেটিকস এবং মিথিলামিন ম্যাগ্নিসিউমযুক্ত ঔষধ pH হ্রাস করে। এজন্য কোনো কারণে যদি আমাদের রক্তের pH মান 7 এর নিচে আসে তা হলে মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে। এজন্য ডাক্তারের পরামর্শ ব্যতীত কোনো ঔষধ সেবন করা যাবে না। তবে প্রস্রাবের pH মান পরীক্ষা করে যদি 4-5 এর নিচে বা 7 এর উপরে যায় তা হলে ডাক্তারের পরামর্শ গ্রহণ করা উচিত।
- (ঘ) **টয়লেট্রিজ** : আমাদের ত্বকের pH হলো 5.5–6.5। এ সীমার মধ্যে pH থাকলে বিভিন্ন এলার্জেন, ব্যাকটেরিয়া ও পরিবেশ দূষকের আক্রমণ প্রতিরোধ করতে পারে। ত্বকের pH মান আদর্শ সীমার চেয়ে বেশি বা কম হলে ত্বকের কোমলতা ও সৌন্দর্য নষ্ট হবে। চুলের আদর্শ pH মান 4–6 থেকে বেশি হলে চুলের কিউটিকলগুলো মসৃণতা হারিয়ে ফেলে ও অনুজ্জ্বল দেখায়। এজন্য ত্বক ও চুলের যত্নে ব্যবহৃত টয়লেট্রিজগুলো যেমন Antiperspirants, Shampo, deodrants, body washes, beauty bars, Lotions/ moisturizers, hair care ও facial care পণ্যগুলোর pH দেখে ব্যবহারের জন্য বিবেচনা করতে হবে। তবে অধিকাংশ সাবান ব্যবহারে ত্বকের pH বৃদ্ধি পায়।



সারসংক্ষেপ :

- স্বাভাবিক অবস্থায় মানবদেহের রক্তের pH এর মান 7.4।
- মাটিতে Mn ও Fe বেশী হলে উদ্ভিদের বৃদ্ধি হ্রাস পায়।
- শ্যাম্পু উৎপাদনে pH এর মান 5.0-5.5 নিয়ন্ত্রণ করা হয়।
- এন্টাসিড জাতীয় ট্যাবলেটে ক্ষার জাতীয় $Al(OH)_3$, $Ca(OH)_2$ ইত্যাদি থাকে।
- এমানবদেহের ত্বকের pH এর মান হলো 5.5-6.5।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৯

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। রক্তের pH নিয়ন্ত্রণ হয়—

(ক) এন্টিজেন	(খ) রক্তের গ্রুপ
(গ) এন্টিবডি	(ঘ) বাফার দ্রবণ
- ২। চাষাবাদের জন্য মাটির pH কত হওয়া প্রয়োজন?

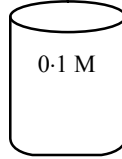
(ক) 7.00	(খ) 7.40
(গ) 6–8	(ঘ) 7.04

- ৩। স্বাভাবিক ত্বকের pH পরিসর কত?
 (ক) 3.8–4.6 (খ) 5.5–6.5
 (গ) 9.2–10.2 (ঘ) 11.2–12.2
- ৪। শ্যাম্পুর pH এর মান কত হলে ব্যবহার করা উচিত?
 (ক) 3.5 (খ) 5.5
 (গ) 7.5 (ঘ) 9.5
- ৫। মাটির pH মাত্রাতিরিক্ত বেড়ে গেলে নিয়ন্ত্রণ করার উপায়—
 i. নাইট্রেট যোগে
 ii. ফসফেট যোগে
 iii. কার্বনেট যোগে
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

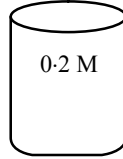


চূড়ান্ত মূল্যায়ন

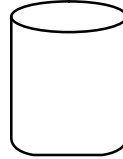
সৃজনশীল প্রশ্ন-১



১নং পাত্র



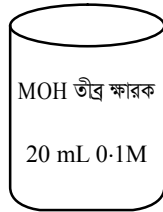
২নং পাত্র



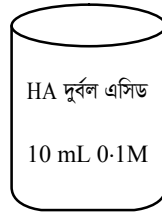
৩নং পাত্র

- ক. দ্রাব্যতা গুণফল কী? ১
- খ. দ্রাব্যতার উপর সমআয়ন প্রভাব ব্যাখ্যা করুন। ২
- গ. উদ্দীপকের ১নং পাত্রের 10 mL দ্রবণ ও ২নং পাত্রের 10 mL দ্রবণকে ৩নং পাত্রে মিশ্রিত করলে কোনো অধঃক্ষেপ পড়বে কিনা— ব্যাখ্যা করুন। $[K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2\text{L}^{-2}]$ ৩
- ঘ. উদ্দীপকের ১নং পাত্রের 10 mL দ্রবণে ও ২নং পাত্রের 10 mL দ্রবণে পৃথক পৃথকভাবে 2 mL 1M HCl দ্রবণ যোগ করা হলে ফলাফল বিশ্লেষণ করুন। ৪

সৃজনশীল প্রশ্ন-২



১নং পাত্র



২নং পাত্র

- ক. এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক কী? ১
- খ. দুর্বল এসিড ও দুর্বল ক্ষারের অসম্পূর্ণ বিয়োজন ঘটে কেন? ২
- গ. MOH এর বিয়োজন মাত্রা 2.5% হলে ১নং দ্রবণের pH মান নির্ণয় করুন। ৩
- ঘ. ১নং ও ২নং পাত্রের দ্রবণকে মিশ্রিত করা হলো। এ মিশ্রণে সামান্য পরিমাণ এসিড যোগ করলে pH এর কী পরিবর্তন ঘটবে— বিশ্লেষণ করুন। ৪



উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১	১।খ	২।ক	৩।ঘ	৪।ক	৫।ঘ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.২	১।গ	২।ক	৩।ক	৪।ঘ	৫।গ	৬।ঘ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৩	১।খ	২।গ	৩।ক	৪।ঘ	৫।গ	৬।ঘ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৪	১।ক	২।খ	৩।খ	৪।খ		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৫	১।খ	২।ক	৩।খ	৪।ঘ	৫।ঘ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৬	১।ঘ	২।ঘ	৩।ঘ	৪।খ	৫।খ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৭	১।খ	২।গ	৩।ঘ	৪।ঘ		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৮	১।ঘ	২।ঘ	৩।ক	৪।ক	৫।গ	৬।ঘ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৯	১।ঘ	২।গ	৩।খ	৪।খ	৫।ক	