



## এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থা [Acid-base equilibrium]

### ভূমিকা

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। এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থার সাথে সম্পর্কিত এসিড ও ক্ষারকের বিভিন্ন মতবাদ আলোচনা করা হল।

আলহেনিয়াস মতবাদ: আরেহেরিয়াস মতবাদ অনুসারে অম্ল-ক্ষারককে নিম্নরূপ সংজ্ঞায়িত করা হয়—

অম্ল বা এসিড: হাইড্রোজেন পরমানু যুক্ত যে সকল যৌগ জলীয় দ্রবণে প্রোটন ( $H^+$ ) দান করে তাকে অম্ল বা এসিড বলে। যেমন -  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  ইত্যাদি অম্ল।



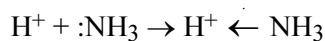
ক্ষারক : যে সকল হাইড্রক্সিল যৌগ জলীয় দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন ( $OH^-$ ) দান করে তাদেরকে ক্ষারক বলে। যেমন  $NaOH$ ,  $KOH$  ইত্যাদি ক্ষারক।



এ মতবাদের প্রধান ত্রুটি হ'ল পানি অনুপস্থিতিতে এ সকল পদার্থের অম্ল বা ক্ষারকের ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায় না।

অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কিত লুইস মতবাদ : লুইস মতবাদ অনুসারে অম্ল-ক্ষারক সম্পর্কিত মতবাদ নিম্নে বর্ণনা করা হল

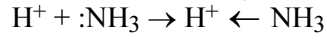
অম্ল বা এসিড : যে সকল যৌগ বা আয়ন অন্য কোন যৌগ বা আয়ন থেকে এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করতে পারে তাকে অম্ল বা এসিড বলে। যেমন:  $H^+$ ,  $AlCl_3$ , ইত্যাদি।



অম্ল

সাধারণত: একটি যৌগে দাতা ও গ্রহীতার মধ্যে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হলে গ্রহীতা যৌগ বা আয়নকে অম্ল বলে। ইলেকট্রন ঘাটতি যৌগ বা ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নসমূহ এ মতবাদ অনুসারে অম্ল ধর্মী হয়।

ক্ষারক: যে সকল যৌগ বা আয়ন অন্য কোন যৌগ বা আয়নে এক জোড়া ইলেকট্রন দান করতে পারে তাকে ক্ষারক বলে। যেমন :  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ , ইত্যাদি।



ক্ষারক

সাধারণত: ঋণাত্মক চার্জযুক্ত যৌগ বা নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুক্ত যৌগ এক জোড়া ইলেকট্রন দান করতে পারে বলে এরা ক্ষারধর্মী হয়।

## পাঠ ১ ব্রনস্টেড লোওরী তত্ত্ব Bronsted-Lowry theory

### উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

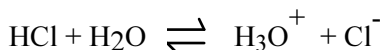
- ব্রনস্টেড-লোওরী তত্ত্ব ব্যাখ্যা করা যাবে।
- এ তত্ত্বের সাহায্যে এসিড ও ক্ষার সনাক্ত করা যাবে।
- অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক যুগল সনাক্ত করতে ও সমীকরণের সাহায্যে তাদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করা যাবে।

### ১০.১.১: ব্রনস্টেড লোওরী তত্ত্ব

এসিড ও ক্ষারকের আধুনিক মতবাদগুলোর মধ্যে ব্রনস্টেড লোওরী মতবাদই সরাসরি এসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থা ব্যাখ্যা করে। এ মতবাদ অনুযায়ী যে সব পদার্থ প্রোটন দান করে তারাই এসিড এবং যে সব পদার্থ প্রোটন গ্রহণ করে তারাই ক্ষারক। এ সব পদার্থ চার্জযুক্ত বা চার্জবিহীনও হতে পারে। অর্থাৎ প্রোটন দান বা গ্রহণে সক্ষম দ্রাবক নিরপেক্ষ বস্তুই এসিড বা ক্ষারক। প্রোটন দান বা গ্রহণের ক্ষমতার মাত্রা দ্বারা এর তীব্রতা নির্ণীত হয়। এ তত্ত্বকে প্রোটনীয় তত্ত্বও বলা হয়।

### উদাহরণ

HCl ও H<sub>2</sub>O- এর বিক্রিয়ায় দ্রবণে H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ও Cl<sup>-</sup> উৎপন্ন হয়।



এ বিক্রিয়ায় HCl প্রোটন দান করে Cl<sup>-</sup> পরিণত হয়েছে। তাই এখানে প্রোটন দাতা হিসেবে HCl এসিড। আবার H<sub>2</sub>O ঐ প্রোটন গ্রহণ করে হাইড্রোনিয়াম আয়ন (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)-এ পরিণত হয়েছে। সুতরাং প্রোটন গ্রহণে সক্ষম বলে H<sub>2</sub>O একটি ক্ষারক। আবার উল্টা দিক থেকে H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> আয়ন প্রোটন ত্যাগ করে ও Cl<sup>-</sup> আয়ন প্রোটন গ্রহণ করে। তাই H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> আয়ন এসিড এবং Cl<sup>-</sup> আয়ন ক্ষারক। সুতরাং ব্রনস্টেড-লোওরী মতবাদ অনুযায়ী নিচের সমীকরণ এসিড ক্ষারকের সম্পর্ক নির্দেশ করে।



অর্থাৎ সাধারণভাবে, এসিড  $\rightleftharpoons$  প্রোটন + ক্ষারক

তাই, এসিড ও ক্ষারকের মধ্যে মূল সাংগঠনিক পার্থক্য হল মাত্র একটি প্রোটন।

### ১০.১.২। অনুবন্ধী এসিড ও ক্ষারক (conjugate acid & base)

ব্রনস্টেড-লোওরী তত্ত্ব অনুযায়ী এসিড ক্ষারক-এর সাধারণ সমীকরণ নিম্নরূপে লেখা যায়:



এই বিক্রিয়া অনুসারে HB একটি অম্ল কারণ এটি প্রোটন দান করে। আবার বিপরীত বিক্রিয়া অনুসারে B<sup>-</sup> একটি ক্ষারক কারণ এটি প্রোটন গ্রহণ করে HB-তে পরিণত হয়। HB ও B<sup>-</sup> পদার্থ দুটির মধ্যে শুধুমাত্র একটি প্রোটনের পার্থক্য। এ ধরনের ক্ষেত্রে এসিড HB হল ক্ষারক B<sup>-</sup>-এর অনুবন্ধী বা কনজুগেট এসিড এবং B<sup>-</sup> আয়ন হল HB অম্ল-র অনুবন্ধী ক্ষারক। তাই বলা যায়-

কোন অম্ল থেকে একটি প্রোটন ত্যাগের ফলে যে ক্ষারক উৎপন্ন হয় তাকে সেই অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক বলা হয়। আবার, কোন ক্ষারকের সাথে একটি প্রোটন সংযোগের ফলে যে এসিড উৎপন্ন হয় তাকে সেই ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল বলা হয়।

উদাহরণস্বরূপ HCl-এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে Cl<sup>-</sup>; আবার HNO<sub>3</sub> এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে NO<sub>3</sub><sup>-</sup>;

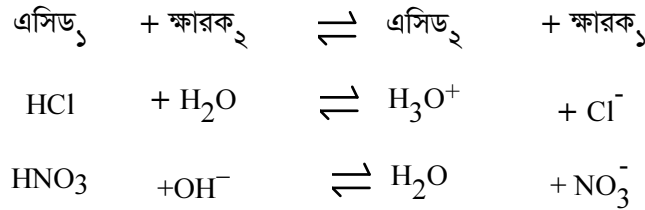
বিপরীতক্রমে HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল হচ্ছে H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এবং NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল হচ্ছে HNO<sub>3</sub>।

কোন পদার্থ সরাসরি প্রোটন ত্যাগ করে না; ঐ প্রোটন গ্রহণের জন্য সিস্টেমে অবশ্যই অন্য পদার্থ থাকতে হয়। তাই অম্ল-ক্ষারক বিক্রিয়াগুলো প্রকৃতপক্ষে নিম্নরূপ হবে।

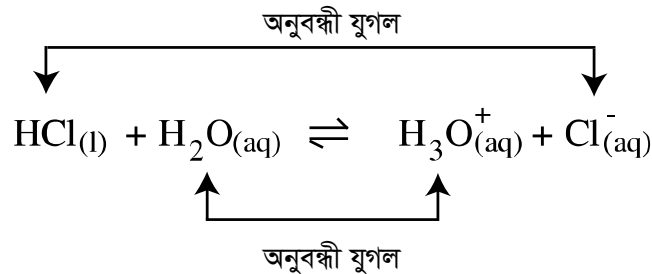


এখানে এসিড<sub>২</sub>-এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে ক্ষারক<sub>২</sub> এবং এসিড<sub>১</sub>-এর অনুবন্ধী ক্ষারক হচ্ছে ক্ষারক<sub>১</sub>।

আরও কতকগুলো উদাহরণ নিচে উল্লেখ করা হলো-



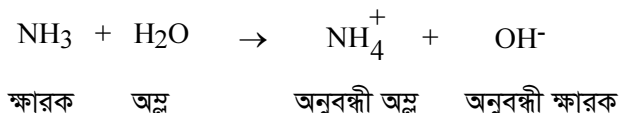
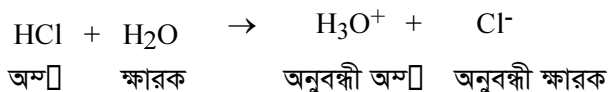
সুতরাং প্রতিটি এসিড প্রোটন দান করে ক্ষারকে পরিণত হচ্ছে এবং প্রতিটি ক্ষারক প্রোটন গ্রহণ করে অন্য একটি এসিডে পরিণত হচ্ছে। অতএব দ্রবণে দুটি করে এসিড ও ক্ষারক সাম্যাবস্থায় বর্তমান থাকে। এদেরকে পরস্পরের অনুবন্ধী যুগল বলে। যেমন-



উল্লেখ্য যে, এসিড যদি শক্তিশালী হয় তবে তার অনুবন্ধী ক্ষারক হবে দুর্বল এবং এসিড যদি দুর্বল হয় তবে তার অনুবন্ধী ক্ষারক হবে শক্তিশালী। এভাবে, ক্ষারক যদি শক্তিশালী হয় তবে তার অনুবন্ধী এসিড হবে দুর্বল এবং ক্ষারক যদি দুর্বল হয় তবে তার অনুবন্ধী এসিড হবে শক্তিশালী।

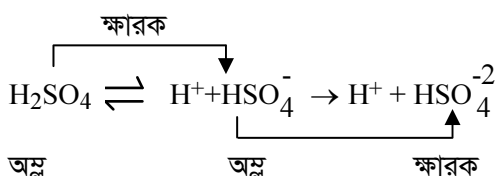
অম্ল ও ক্ষারক উভয়রূপে আচরণ :

নিচের উদাহরণগুলো লক্ষ্য করুন-



বিক্রিয়া দুটোতে দেখা যাচ্ছে যে, H<sub>2</sub>O এমন একটি পদার্থ যা তীব্র অম্লের উপস্থিতিতে ক্ষারক হিসাবে এবং তীব্র ক্ষারকের উপস্থিতিতে অম্ল রূপে আচরণ করছে। এরূপ অম্ল ও ক্ষারক উভয় আচরণকারী পদার্থকে উভধর্মী যৌগ বলে।

বাইসালফেট (HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>) বা বাই কার্বনেট (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) সমূহও একইরূপ আচরণ করে। যেমন:

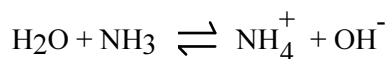
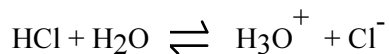


এখানে HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> একটি উভধর্মী পদার্থ।

### ১০.১.৩. জলীয় দ্রবণে এসিড ও ক্ষারক

#### (Acids & bases in aqueous solutions)

কোন এসিড দ্রবণে প্রোটন উৎপন্ন করবে কিনা তা দ্রাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। কোন পদার্থ প্রোটন দানে সক্ষম হলেও প্রোটন গ্রহণের উপযোগী ক্ষারক উপস্থিত না থাকলে তা প্রোটন প্রদান করে না। অর্থাৎ দ্রাবকটি ক্ষারক হিসাবে ক্রিয়া করলেই তবে এসিডটি অম্ল হিসেবে ক্রিয়া করতে সক্ষম হবে। একইভাবে বলা যায়, একটি পদার্থ ক্ষারক হিসেবে ক্রিয়া তখনই করবে যখন দ্রাবকটি এসিড হিসেবে ক্রিয়া করবে।



পানির সাথে HCl-এর বিক্রিয়ায় HCl এসিড ও পানি ক্ষারক হিসেবে ক্রিয়া করে কিন্তু পানির সাথে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া ক্ষারক হিসেবে ও পানি এসিড হিসেবে ক্রিয়া করে। সুতরাং এখানে পানি একটি উভধর্মী দ্রাবক। এ থেকে আরও বলা যায়, পানি নিজের চেয়ে শক্তিশালী এসিডের উপস্থিতিতে ক্ষারক হিসেবে এবং নিজের চাইতে শক্তিশালী ক্ষারকের উপস্থিতিতে এসিড হিসেবে ক্রিয়া করে।

#### সারসংক্ষেপ

- ব্রনস্টেড-লোওরী মতবাদ অনুসারে যে সব পদার্থ প্রোটন ত্যাগ করতে পারে তারাই এসিড এবং যে সব পদার্থ প্রোটন গ্রহণ করতে পারে, তারাই ক্ষারক।
- শক্তিশালী এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক হবে দুর্বল এবং শক্তিশালী ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড হবে দুর্বল এসিড।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। যে পদার্থ প্রোটিন দান করে তা হল  
(ক) এসিড (খ) ক্ষারক  
(গ) এসিড-ক্ষারক উভয়ই (ঘ) এসিড-ক্ষারক কোনটিই নয়।
- ২। শক্তিশালী এসিডের অনুবন্ধীয় ক্ষারক হবে  
(ক) শক্তিশালী ক্ষারক (খ) দুর্বল ক্ষারক  
(গ) দুর্বল এসিড ও ক্ষারক উভয়ই (ঘ) কোনটিই নয়।
- ৩। পানি কাজ করতে পারে  
(ক) শুধু এসিড হিসেবে (খ) শুধু ক্ষারক হিসেবে  
(গ) এসিড-ক্ষারক উভয় হিসেবেই (ঘ) কোনটিই নয়।

## রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ব্রনস্টেড-লোওরী তত্ত্ব উদাহরণসহ বর্ণনা করুন।
- ২। উপযুক্ত উদাহরণের সাহায্যে অনুবন্ধী এসিড ক্ষারক বিষয়টি ব্যাখ্যা করুন।
- ৩। জলীয় দ্রবণে এসিড-ক্ষারক বিষয়টি ব্যাখ্যা করুন।
- ৪। একই পদার্থ এসিড এবং ক্ষারক উভয় হিসেবে ক্রিয়া করতে পারে তা ব্যাখ্যা করুন।
- ৫। অম্ল ও ক্ষারকের আরহেনিয়াস মতবাদ আলোচনা করুন।
- ৬। অম্ল ও ক্ষার সম্পর্কিত লুইস তত্ত্ব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করুন।
- ৭। অনুবন্ধী অম্ল ও অনুবন্ধী ক্ষারক কাকে বলে? উদাহরণসহ সংজ্ঞা দিন।
- ৮। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে অনুবন্ধী এসিড-ক্ষারক জোড় চিহ্নিত করুন।  
(i)  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$   
(ii)  $\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$   
(iii)  $\text{HNO}_3 + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_3^-$
- ৯। দেখান যে,  $\text{HCO}_3^-$  আয়ন অম্ল ও ক্ষারক উভয় হিসাবে কাজ করে।
- ১০।  $\text{HNO}_3$  এবং  $\text{H}_3\text{PO}_4$  এর মধ্যে কোনটি অধিক তীব্র অম্ল এবং কেন?
- ১১।  $\text{H}_3\text{PO}_4$  অপেক্ষা  $\text{HClO}_4$  অধিক শক্তিশালী এসিড – ব্যাখ্যা করুন।
- ১২।  $\text{H}_2\text{SO}_3$  এবং  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর মধ্যে কোনটি অধিক শক্তিশালী এসিড এবং কেন?
- ১৩।  $\text{HNO}_3$  এবং  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর মধ্যে কোনটি অধিক শক্তিশালী?
- ১৪। উভধর্মী পদার্থ কি? পানি উভধর্মী পদার্থ হিসেবে ক্রিয়া করে ব্যাখ্যা কর।

## পাঠ ২ অম্ল ও ক্ষারকের শক্তি (strength of acids & bases)

### ভূমিকা

এসিড ও ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবকের সাথে হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্বের সম্পর্ক আছে। এসিডের ক্ষেত্রে এর বিয়োজন ধ্রুবককে  $K_a$  এবং ক্ষারকের ক্ষেত্রে বিয়োজন ধ্রুবকের  $K_b$  দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোন এসিড কতটা শক্তিশালী তা তার বিয়োজন ধ্রুবকের মান থেকেই জানা যায় এবং ক্ষারকের ক্ষেত্রেও এর বিয়োজন ধ্রুবক থেকে তার শক্তি সম্পর্কে ধারণা করা যায়।

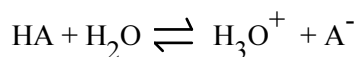
### উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- অম্ল ও ক্ষারকের শক্তি নির্ণয়ের কৌশল ব্যাখ্যা করা যাবে।
- $K_a$  ও  $K_b$  এর বর্ণনা দেয়া যাবে।
- $K_a$ ,  $K_b$  ও  $P_a$ ,  $P_b$  -এর সংজ্ঞা ও এর মান থেকে অম্ল ও ক্ষারকের শক্তিমাত্রা নির্ণয় করা যাবে।

### ১০.২.১: অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক

জলীয় দ্রবণে সব এসিডই পানির হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়ায় এবং যে কোন ক্ষারকের উপস্থিতিতেই  $H^+$  -এর মান কমে যায়। অর্থাৎ  $OH^-$  আয়নের গাঢ়ত্ব বেড়ে যায়।  $H^+$  আয়নের গাঢ়ত্ব অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রানুযায়ী এসিড ও ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবকের সাথে সম্পর্কযুক্ত। ধরা যাক, একটি মৃদু এসিড HA পানির দ্রবণে নিম্নরূপ সাম্যাবস্থায় থাকে,



এখানে সাম্য ধ্রুবককে এসিড বিয়োজন ধ্রুবক (Acid dissociation constant),  $K_a$  বলা হয়। ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে।

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \times [A^-]}{[HA]} \dots \dots \dots (1)$$

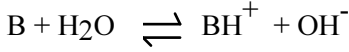
এখানে পানির গাঢ়ত্ব ধরা হয়নি, কারণ সমস্ত লঘু দ্রবণে পানির গাঢ়ত্ব ধ্রুব থাকে। যদি এক মোল এসিডকে V লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত করা হয় এবং বিয়োজন মাত্রা  $\alpha$  হয়, তবে সাম্যাবস্থায় মোলার ঘনমাত্রা বা গাঢ়ত্ব হবে নিম্নরূপ:

	HA +	$H_2O \rightleftharpoons$	$H_3O^+$	+ $A^-$
প্রারম্ভিক মোল-সংখ্যাঃ	1		0	0
সাম্যাবস্থায় মোল-সংখ্যাঃ	$1-\alpha$		$\alpha$	$\alpha$
সাম্যাবস্থায় মোলার গাঢ়ত্ব	$\frac{1-\alpha}{V}$		$\frac{\alpha}{V}$	$\frac{\alpha}{V}$

$$\therefore K_a = \frac{\frac{\alpha}{v} \times \frac{\alpha}{v}}{\frac{1-\alpha}{v}} = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)v} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} \dots \dots \dots (2)$$

এখানে এসিডের গাঢ়ত্ব,  $C = \frac{\text{মোল সংখ্যা}}{\text{আয়তন}} = \frac{1}{v}$

অনুরূপভাবে, একটি মৃদু ক্ষার B-এর ক্ষেত্রে, যা নিম্নরূপে দ্রবণে আয়নীয় সাম্যাবস্থায় থাকে:



সাম্য ধ্রুবককে ক্ষারক বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_b$ ) দ্বারা নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়ঃ

$$K_b = \frac{[BH^+] \times [OH^-]}{[B]} = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} \dots \dots \dots (3)$$

যদি  $\alpha$ -এর মান অতি ক্ষুদ্র হয় অর্থাৎ  $\alpha \ll 1$ , তবে সমীকরণ (2) থেকে পাওয়া যায়,

$$K_a = \alpha^2 C \quad (\because 1-\alpha \approx 1)$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{K_a/C} = \sqrt{K_a} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} \dots \dots \dots (4)$$

অনুরূপে ক্ষারকের ক্ষেত্রে, সমীকরণ (3) থেকে পাওয়া যায়,

$$K_b = \alpha^2 C$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{K_b/C} = \sqrt{K_b} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} \dots \dots \dots (5)$$

অতএব দেখা যায়, একটি এসিড বা ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা দ্রবণের ঘনমাত্রার বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক। একে অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র বলে।

### ১০.২.২.: অম্ল ও ক্ষারকের শক্তি

যে কোন অম্লকে পানিতে দ্রবীভূত করলে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়ঃ



সুতরাং রাসায়নিক সাম্যাবস্থা থেকে আমরা পাই

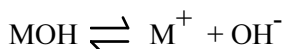
$$K_a = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]}$$

এই সাম্যাংক  $K_a$  - কে অম্লটির বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়।  $K_a$  -এর মান যত বেশি হয়, অম্লটি তত বেশি শক্তিশালী হয়। HCl, HBr, HI, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClO<sub>4</sub> প্রভৃতি অম্ল জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকে; এদেরকে তীব্র অম্ল বলা হয়।

অপরপক্ষে অ্যাসিটিক এসিড (CH<sub>3</sub>-COOH) ও অন্যান্য জৈব এসিডগুলো সাধারণ ঘনমাত্রায় প্রায় ১-২% বিয়োজিত হয়। সুতরাং এদেরকে মৃদু বা দুর্বল অম্ল বলা হয়।



অনুরূপভাবে কোন ক্ষারক পানিতে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়।



সুতরাং এই ক্ষেত্রে রাসায়নিক সাম্যাংককে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়।

$$K_b = \frac{[\text{M}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{MOH}]}$$

এই সাম্যাংককে ক্ষারকটির বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়।  $K_b$ -এর মান যত বেশি হয় ক্ষারকটি তত বেশি শক্তিশালী বা তীব্র হয়। NaOH, KOH প্রভৃতি ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকে। সুতরাং এরা শক্তিশালী ক্ষারক। আবার,  $\text{NH}_4\text{OH}$  সাধারণ ঘনমাত্রার দ্রবণে খুব কম পরিমাণ বিয়োজিত হয়, সুতরাং  $\text{NH}_4\text{OH}$  একটি মৃদু বা দুর্বল ক্ষারক।

এসিডের বিয়োজন ধ্রুবকের মান থেকে সংশ্লিষ্ট এসিডটি কতখানি তীব্র এবং বিক্রিয়ায় কতটা সচলভাবে অংশগ্রহণ করে, তা জানা যায়। এ থেকে এসিড দ্রবণের তড়িৎ পরিবাহিতা ও pH গণনা করা যায় এবং এসিড প্রভাবিত বিক্রিয়ায় এসিডের কার্যকারিতা পরিমাপ করা যায়।  $K_a$ -এর মান থেকেই বলা যায়, ক্লোরোইথানয়িক এসিড ( $\text{ClCH}_2\text{-COOH}$ ) ইথানয়িক এসিড ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ )-এর চেয়ে 80 (আশি) গুণ বেশি তীব্র। ক্ষার বিয়োজন ধ্রুবকের মানও সমানভাবে গুরুত্বপূর্ণ।  $K_b$ -এর মান থেকেই জানা যায়, মিথাইল অ্যামিন অ্যামোনিয়ার চেয়ে 23 গুণ বেশি তীব্র ক্ষার।  $K_a$  ও  $K_b$ -এর মান থেকে অম্ল ও ক্ষারের তীব্রতার মাত্রিক পরিমাপ ব্রনস্টেড-লোওরীর এসিড ক্ষার তত্ত্বের বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য।

এ ছাড়াও অম্ল ক্ষারকের তীব্রতা নিম্নভাবে নির্ণয় করা যায়—

অক্সিজেনের ক্ষেত্রে

(ক) কেন্দ্রীয় পরমানুর জারণ সংখ্যা

(খ) কেন্দ্রীয় পরমানুর আকার।

কেন্দ্রীয় পরমানুর জারণসংখ্যা যত বেশী হবে ঐ অম্লটির তীব্রতা তত বেশী হবে। যেমন :  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এবং  $\text{HNO}_3$  এর মধ্যে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর S এর জারণসংখ্যা +6 এবং  $\text{HNO}_3$  এর N এর জারণ সংখ্যা +5। যেহেতু S এর জারণ সংখ্যা বেশী তাই অম্ল দুটির তীব্রতা হবে  $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HNO}_3$ । তবে যদি দুটি অম্লের কেন্দ্রীয় পরমানুর জারণ সংখ্যা একই হয় তবে সেক্ষেত্রে যে পরমানুটি আকারে ছোট ঐ পরমানু সংশ্লিষ্ট অম্লটি তীব্রতর হবে। যেমন:  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ও  $\text{HNO}_3$  এর কেন্দ্রীয় পরমানু P ও N এর প্রত্যেকের জারণ সংখ্যা +5। তবে N এর আকার P অপেক্ষা ছোট বলে অম্লত্বের তীব্রতা হবে  $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4$ ।

হাইড্রো এসিডের ক্ষেত্রে,

যে সকল অম্লে কোন অক্সিজেন পরমানু নেই। শুধু হাইড্রোজেন এবং অন্য একটি পরমানু আছে তাদেরকে হাইড্রো এসিড বলে। এরূপ অম্লের ক্ষেত্রে H এর সাথে যুক্ত পরমানুটির আকার যত বড় হবে অম্লত্ব তত বেশী হবে। যেমন:

HCl, HBr, HF ও HI-এর মধ্যে আকারের ক্রম হচ্ছে,  $\text{I} > \text{Br} > \text{Cl} > \text{F}$ , তাই অম্লত্বের ক্রম হবে,

$\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} > \text{HF}$

ক্ষারকের ক্ষেত্রেও হাইড্রো এসিডের মতো যুক্তি প্রযোজ্য। যেমন:  $\text{K} > \text{Na}$  বলে KOH, NaOH অপেক্ষা তীব্রতর ক্ষার।

### লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি নির্ণয়ঃ

একটি লবণের জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি নির্ভর করে লবণটি যে অম্ল ও ক্ষারকের বিক্রিয়া থেকে উৎপন্ন হয়েছে তাদের প্রকৃতির উপর। তীব্র অম্ল দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে  $H^+$  আয়ন তৈরী করে। অনুরূপভাবে তীব্র ক্ষারকও পূর্ণমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে  $OH^-$  আয়ন তৈরী করে।

এজন্য তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারকের বিক্রিয়া  $H^+$  ও  $OH^-$  এর আধিক্য একই থাকায় দ্রবণের প্রকৃতি নিরপেক্ষ হয়। যদি একটি তীব্র ও অন্যটি মৃদু প্রকৃতির হয় তবে দ্রবণের প্রকৃতি তীব্রটি প্রকৃতির অনুরূপ হয়। আবার দুটিই মৃদু প্রকৃতির হলে দ্রবণটি নিরপেক্ষ হয়।

যেমন:  $NaOH$  একটি তীব্র ক্ষারক এবং  $H_2CO_3$  একটি মৃদু অম্ল। তাই এদের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ

$[2NaOH + H_2CO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O]$   $Na_2CO_3$  এর প্রকৃতি ক্ষারীয় প্রকৃতির।

অনুরূপভাবে,  $FeSO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $NH_4Cl$  এর প্রকৃতি অম্লীয় প্রকৃতির,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$  এর প্রকৃতি নিরপেক্ষ,  $K_2CO_3$  এর প্রকৃতি ক্ষারীয় এবং  $CH_3COONH_4$  এর প্রকৃতি নিরপেক্ষ হয়।

### সারসংক্ষেপ

- এসিড ও ক্ষারকের শক্তি সম্পর্কে জানার জন্য সংশ্লিষ্ট এসিড ও ক্ষারকের বিয়োজন প্রবণতার মান জানা প্রয়োজন। হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্বের সাথে এসিড ও ক্ষারকের বিয়োজন প্রবণতার সম্পর্ক আছে।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র অনুযায়ী  $H^+$  আয়নের সম্পর্ক আছে।
 

(ক) শুধু $K_a$ -এর সাথে	(খ) শুধু $K_b$ -এর সাথে
(গ) কোনটির সাথেই নাই	(ঘ) $K_a$ ও $K_b$ - উভয়ের সাথেই আছে।
- ২। মিথাইল অ্যামিন ও অ্যামোনিয়ার মধ্যে কোনটি বেশি শক্তিশালী ক্ষারক?
 

(ক) মিথাইল অ্যামিন	(খ) অ্যামোনিয়া
(গ) দুটোর শক্তি সমান	
- ৩। ক্লোরো ইথানয়িক এসিড ও ইথানয়িক এসিডের মধ্যে কোনটির শক্তি বেশি?
 

(ক) ইথানয়িক এসিড	(গ) দুটোরই শক্তি সমান
(গ) ক্লোরো ইথানয়িক এসিড	

## রচনামূলক প্রশ্ন :

- ১। এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক কাকে বলে? এর গাণিতিক রাশিমালা উপপাদন করুন। বিয়োজন ধ্রুবক থেকে অম্লের শক্তিমাত্রার কি ধারণা পাওয়া যায়?
- ২। ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক কাকে বলে? এর গাণিতিক রাশিমালা উল্লেখ করুন।
- ৩। অম্ল ও ক্ষারকের শক্তি সম্পর্কে কিভাবে ধারণা লাভ করা যায়?
- ৪। মিথাইল অ্যামিন ও অ্যামোনিয়ার মধ্যে কোনটি বেশি তীব্র ক্ষারক?
- ৫। ইথানয়িক এসিড ও ক্লোরো ইথানয়িক এসিডের মধ্যে কোনটি বেশি তীব্র এসিড এবং কেন? ব্যাখ্যা করুন।
- ৬। অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র কি? প্রমাণ কর যে, অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা দ্রবণের ঘনমাত্রার বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।
- ৭।  $Na_2CO_3$  এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয় কেন? ব্যাখ্যা করুন।

## পাঠ ৩

## দ্রবণের pH ও বাফার দ্রবণ

## [pH of solution and Buffer solution]

## ভূমিকা

তড়িৎ রসায়নে দ্রবণের pH ও বাফার দুটোই গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। যদিও এসিড বা ক্ষারকের মাত্রা তাদের স্ব স্ব বিয়োজন ধ্রুবক থেকে পাওয়া যায়, তথাপি pH তার চেয়েও সুবিধাজনক পদ্ধতি। বহু রাসায়নিক ও জীববিদ্যা সম্পর্কীয় পরীক্ষা নিরীক্ষার জন্য বাফার দ্রবণের প্রয়োজন হয়। হেভারসন সমীকরণ ব্যবহার করে দ্রবণের pH গণনা করা যায়।

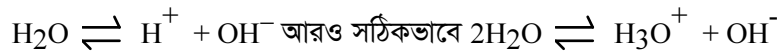
## উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- পানির আয়নিক গুণফল  $K_w$  ব্যাখ্যা করতে ও এর pH গণনা করতে পারবেন।
- pH-এর মান থেকে তীব্র অম্ল-ক্ষারকের ঘনমাত্রা গণনা করতে পারবেন।
- বিজ্ঞানের বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিশেষ করে রক্তের ও মাটির pH নিয়ন্ত্রন যে অতীব গুরুত্বপূর্ণ তা বর্ণনা করতে পারবেন।
- উপাত্ত থেকে pH- এর মান গণনা করতে পারবেন।
- জীব বিজ্ঞান, শিল্প ও রাসায়নিক বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় বাফার দ্রবণের গুরুত্ব বর্ণনা করতে পারবেন।

## ১০.৩.১: পানির আয়নিক গুণফল ও দ্রবণের pH

অতি বিশুদ্ধ পানি অম্লমাত্রায় নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়:



এখন ভরক্রিয়া সূত্রানুযায়ী,

$$K = \frac{[H^+] \times [OH^-]}{[H_2O]}$$

প্রকৃত পক্ষে সামান্য পরিমাণে বিয়োজনের ফলে পানির ঘনমাত্রার বিশেষ কোন পরিবর্তন ঘটে না। তাই  $[H_2O]$  এর মান ধ্রুবক ধরা হয়। সুতরাং

$$[H^+] \times [OH^-] = K [H_2O] = K_w = \text{ধ্রুবক।}$$

$K_w$  কে পানির আয়নিক গুণফল বলা হয়। বিভিন্ন তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল  $K_w$ -এর মান সামান্য পরিমাণে ভিন্ন হয়। 25°C সে. তাপমাত্রার পানির আয়নিক গুণফল,  $K_w$ -এর মান  $10^{-14}$  ধরা হয়।

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

নিরপেক্ষ দ্রবণে অর্থাৎ বিশুদ্ধ পানিতে

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ গ্রাম আয়ন/dm}^3$$

এসিড দ্রবণে  $H^+$  আয়নের গাঢ়ত্ব  $10^{-7}$  গ্রাম আয়ন/ডেমি<sup>3</sup> থেকে বেশি হয় এবং ক্ষারীয় দ্রবণে  $H^+$  আয়নের গাঢ়ত্ব  $10^{-7}$  গ্রাম-আয়ন/ডেমি<sup>3</sup> থেকে কম হয়। যে দ্রবণে  $[H^+] > [OH^-]$ , সে দ্রবণ এসিডিয় এবং যে দ্রবণের  $[H^+] < [OH^-]$ , তা ক্ষারীয়। বাস্তব ক্ষেত্রে অতিলঘু দ্রবণের  $H^+$  আয়নের গাঢ়ত্ব জানা প্রয়োজন হয় এবং এই গাঢ়ত্বের সীমারেখা 1 মোল আয়ন/ডেমি<sup>3</sup> থেকে  $10^{-14}$  মোল আয়ন/ডেমি<sup>3</sup> পর্যন্ত হতে পারে। কিন্তু গাঢ়ত্ব 10<sup>-৭</sup>-এর ঋণাত্মক ঘাতে প্রকাশ করা যথেষ্ট অসুবিধাজনক বলে 1919 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী সোরেনসেন (Sorensen)  $H^+$  আয়নের গাঢ়ত্ব প্রকাশের জন্য এক নতুন পদ্ধতি প্রবর্তন করেন। একে pH স্কেল বলে।

কোন দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্বের ঋণাত্মক 10 ভিত্তিক লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে।

বীজগণিতীয় প্রকাশ রীতি অনুযায়ী

$$pH = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$$

$$\text{বা } pH = -\log_{10} [H^+]$$

অর্থাৎ হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব দশভাগ কমে গেলে pH এক একক বেড়ে যায়।

সংজ্ঞানুসারে বিশুদ্ধ পানির জন্য

$$pH = -\log_{10} [H^+] = -\log_{10} 10^{-7} = 7$$

### ১০.৩.২: বাফার দ্রবণ (Buffer solution)

বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায় যে বিশুদ্ধ পানিও দীর্ঘদিন  $pH = 7$  স্থির রাখতে পারে না। তাছাড়া বহু রাসায়নিক ও জীববিদ্যা সম্পর্কীয় প্রক্রিয়ার জন্য মাধ্যমের pH স্থির রাখার প্রয়োজন হয়। এ সব কারণে এমন দ্রবণের আবশ্যিক হয় যার pH স্থির থাকে। এ ধরনের দ্রবণে সামান্য পরিমাণে এসিড বা সামান্য পরিমাণে ক্ষার যোগ করলেও তা প্রশমিত হয়ে যায় এবং দ্রবণের pH অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণে এসিড বা ক্ষারক যোগ করার পরও তার pH অপরিবর্তিত থাকে তাকে বাফার দ্রবণ বলে। pH পরিবর্তন প্রতিরোধ করার এই ক্ষমতাকে দ্রবণটির বাফার ক্ষমতা (buffer capacity) বলে।

বাফার দ্রবণগুলো সাধারণত (i) মৃদু এসিড ও ঐ এসিডের সঙ্গে তীব্র ক্ষারকের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কোন লবণ (যেমন এসিটিক এসিড ও সোডিয়াম এসিটেট) বা (ii) মৃদু ক্ষার ও এর সঙ্গে তীব্র এসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কোন লবণ (যেমন  $NH_4OH-NH_4Cl$ )-এর মিশ্রণ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। উল্লেখ্য যে এসিটিক এসিড ও সোডিয়াম এসিটেট দ্বারা প্রস্তুত বাফার দ্রবণের ব্যবহার সবচেয়ে বেশি।

### ১০.৩.৩: বাফার দ্রবণের বৈশিষ্ট্য

বাফার দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ:

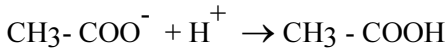
- (i) এই দ্রবণের একটি নির্দিষ্ট pH থাকে।
  - (ii) এই দ্রবণে সামান্য পরিমাণ এসিড বা ক্ষার যোগ করলেও এর pH এর পরিবর্তন হয় না।
  - (iii) বেশি সময় রেখে দিলে বা দ্রবণকে লঘুকরণ করলেও এর pH অপরিবর্তিত থাকে।
- এই দ্রবণ তার বাফার ক্রিয়া (buffer action) দ্বারা pH পরিবর্তনে বাধা দান করে।

### ১০.৩.৪: বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল (Mechanism of buffer action)

বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল আলোচনার জন্য এসিটিক এসিড ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ) ও সোডিয়াম এসিটেট ( $\text{CH}_3\text{-COONa}$ ) দ্বারা প্রস্তুত বাফার দ্রবণটিই উদাহরণ হিসেবে ধরা যাক। এই দ্রবণে নিম্নরূপ বিয়োজন ঘটে:

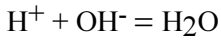


অর্থাৎ এই দ্রবণে বেশি পরিমাণে এসিটেট আয়ন ও অবিয়োজিত এসিটিক এসিড এবং সামান্য পরিমাণ  $\text{H}^+$  আয়ন থাকে। যখন সামান্য পরিমাণ এসিড অর্থাৎ  $\text{H}^+$  আয়ন এই দ্রবণে যোগ করা হয়, তখন  $\text{H}^+$  আয়নগুলো এসিটেট আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে আরও বেশি পরিমাণ অবিয়োজিত এসিটিক এসিড তৈরি করে।

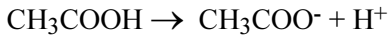


সুতরাং সংযুক্ত  $\text{H}^+$  আয়ন দ্রবণস্থিত এসিটেট আয়ন দ্বারা অপসারিত হওয়ায় দ্রবণের pH অপরিবর্তিত থাকে।

আবার যখন দ্রবণে সামান্য পরিমাণ ক্ষারক যেমন NaOH যোগ করা হয়, তখন  $\text{OH}^-$  আয়নগুলো দ্রবণে উপস্থিত  $\text{H}^+$  আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত পানি তৈরি করে।



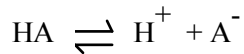
ফলে দ্রবণে  $\text{H}^+$  আয়ন কমে যায়। তাই এ সময় কিছু অবিয়োজিত  $\text{CH}_3\text{COOH}$  বিয়োজিত হয়ে  $\text{H}^+$  এর ঘনমাত্রা ঠিক রাখে।



সুতরাং এই ক্ষেত্রেও দ্রবণের pH মান অপরিবর্তিত থাকে।

### ১০.৩.৫: হেন্ডারসন সমীকরণ

দূর্বল এসিডের আয়নায়ন নিম্নরূপে ঘটে:



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

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

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

এখন উভয় পক্ষে লগ নিয়ে পাওয়া যায়

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

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

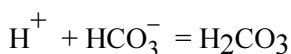
$$\text{বা, } pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$$

$$(\because -\log K_a = pK_a)$$

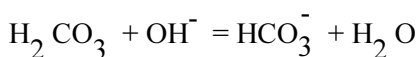
এই সমীকরণটিকে হেন্ডারসন হ্যাসেলবাল্ক সমীকরণ (Hendersen Hasselbalch equation) বলা হয়। এই সমীকরণ ব্যবহার করে দ্রবণের pH গণনা করা যায়। তদুপরি নির্দিষ্ট pH এর বাফার দ্রবণ প্রস্তুতকরতে সংশ্লিষ্ট মৃদু এসিড ও এর লবণের কত মোলার অনুপাত মিশানো প্রয়োজন তা হিসেব করা যায়।

### ১০.৩.৬: মানব দেহের বিভিন্ন তরল উপাদানের pH

মানব দেহের বিভিন্ন তরল উপাদানের pH নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে থাকে। স্বাভাবিক অবস্থায় মানব দেহের রক্তের pH = 7.45 থাকে এবং এমান সবসময় অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং রক্ত সামান্য ক্ষারীয় প্রকৃতি সম্পন্ন। তবে বিভিন্ন কারণে pH-এর মান 7 থেকে 7.8 এর মধ্যে পরিবর্তিত হতে পারে। যেসব ঔষধ ইনজেকশনরূপে মানবদেহে প্রয়োগ করা হয় তাদের এমনভাবে তৈরি করে নেওয়া হয় যাতে এরা সহজেই রক্তের সাথে সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় এবং রক্তের pH এর কোনরূপ পরিবর্তন না ঘটায়। রক্তে বাইকার্বনেট-কার্বলিক এসিড বাফার বিদ্যমান। রক্তে কোন এসিড জাতীয় দ্রবণ যোগ করা হলে তা নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুসারে প্রশমিত হয়।



উৎপন্ন কার্বনিক এসিড ( $H_2CO_3$ ) পানি ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়। কার্বন ডাই অক্সাইড ফুসফুসের মাধ্যমে প্রশ্বাসের সাথে বের হয়। অপরপক্ষে, রক্তে কোন ক্ষারীয় দ্রবণ যোগ করলে তা নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুসারে প্রশমিত হয়।



প্রস্রাবে pH-এর মান 7-এর কম থাকে অর্থাৎ প্রস্রাব মৃদু অম্লীয় প্রকৃতির।

**১০.৩.৭। মাটির pH:** মাটির pH নিয়ন্ত্রণ অতীব গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। কারণ মাটির উর্বরতা pH এর উপর নির্ভরশীল। মাটির pH-এর মান 3-এর চেয়ে কম হলে গাছপালা মরে গিয়ে মরু প্রক্রিয়া সৃষ্টি হয়। আবার pH-এর মান 9.5 এর উপরে হলে মাটির উর্বরতা শক্তি নষ্ট হয়। তাই অম্লধর্মী মাটির pH এর মান বাড়াতে বিভিন্ন নাইট্রেট জাতীয় সার মাটিতে প্রয়োগ করা হয় এবং pH মান কমানোর জন্য চুন ও Ca, Mg প্রভৃতির সার ব্যবহার করা হয়।

**১০.৩.৮। বিভিন্ন ক্ষেত্রে pH-এর প্রয়োগ:** জীববিজ্ঞান, শিল্প ও রাসায়নিক বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় pH নিয়ন্ত্রণ করা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। বিভিন্ন ধরনের ঔষধ উৎপাদনে লজেস জাতীয় মিষ্টি দ্রব্যাদি উৎপাদনে, কলমের কালি উৎপাদনে, pH মান নিয়ন্ত্রণ করা এবং চামড়ার ট্যানিং এ বায়োলজিক্যাল কালচার তৈরিতে ও মৃত্তিকা রসায়নে pH নিয়ন্ত্রণ করা জরুরী।

রাসায়নিক বিশ্লেষণে ও মাত্রিক বিশ্লেষণে বিভিন্ন ধরনের টাইট্রেশনে pH নিয়ন্ত্রণ করা খুবই প্রয়োজন।

## গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান

উদাহরণ ১। পূর্ণ বিয়োজন ধরে 0.00001M HCl দ্রবণের pH গণনা করুন।

সমাধান: এখানে HCl-এর গাঢ়ত্ব = 0.00001M

যেহেতু HCl পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়

$$\therefore [H^+] = 0.00001 \text{ মোল আয়ন/ডেমি}^3$$

$$\therefore \text{pH} = -\log [H^+] = -\log [0.00001] = -\log [10^{-5}] = 5$$

উদাহরণ ২। কোন দ্রবণের pH = 7.5 হলে এর হাইড্রক্সাইড আয়নের ঘনমাত্রা গণনা করুন।

সমাধান :  $\text{pH} = -\log [H^+] = 7.5$

$$\therefore [H^+] = \text{antilog}(-7.5) = 3.162 \times 10^{-8} \text{ মোল আয়ন/ডেমি}^3$$

আমরা জানি যে,  $[H^+] \times [OH^-] = K_w = 10^{-14}$

$$\therefore [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[3.162 \times 10^{-8}]} = 3.16 \times 10^{-7} \text{ মোল-আয়ন/ডেমি}^3$$

উদাহরণ ৩। কোন দ্রবণের  $[H^+] = 1.82 \times 10^{-5}$  মোল-আয়ন/ডেমি<sup>3</sup> হলে pH-এর মান কত হবে?

সমাধান: এখানে  $[H^+] = 1.82 \times 10^{-5}$  মোল-আয়ন/ডেমি<sup>3</sup>

$$\therefore \text{pH} = -\log [H^+] = -\log [1.82 \times 10^{-5}]$$

$$= 5 - 0.2601$$

$$= 4.7399$$

$$= 4.74$$

## সারসংক্ষেপ

- দ্রবণের pH-এর মান জানা একান্ত প্রয়োজন। পানির আয়নীয় গুণফল হতে pH মান জানা যায়। বাফার দ্রবণও বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। মানব দেহে কোন ঔষধ প্রয়োগ করতে হলে তার pH মান জানা দরকার তা না হলে অঘটন ঘটান সমূহ সম্ভাবনা থাকে। হেভারসন সমীকরণ থেকেও pH মান জানা যায়। কৃষি ক্ষেত্রেও pH-এর বিশেষ ভূমিকা আছে।



## পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। পানির pH মান কত?

(ক)  $10^{-14}$  (খ)  $10^{-7}$  (গ) 14 (ঘ) 7

২। পানির আয়নীয় গুণফল কত?

(ক)  $10^{-14}$  (খ)  $10^{-7}$  (গ) 14 (ঘ) 7

৩। স্বাভাবিক অবস্থায় মানব দেহের রক্তের pH মান কত?

(ক) 7.5 (খ) 7.45  
(গ) 8.7 (ঘ) 7.8

৪। মাটির pH-এর মান 3 এর চেয়ে কম হলে কি হয়?

(ক) গাছ-পালা ভাল জন্মে (খ) মাটির উর্বরতা শক্তি বেড়ে যায়  
(গ) গাছপালা মরে যায় (ঘ) কোন প্রভাব পড়ে না।

## রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। পানির আয়নীয় গুণফল বলতে কি বুঝায় ব্যাখ্যা করুন।
- ২। পানির আয়নীয় গুণফলের একটি নির্দিষ্ট মান আছে- প্রমাণ করুন।
- ৩। বাফার দ্রবণ বলতে কি বুঝেন?
- ৪। বাফার দ্রবণের কি কি বৈশিষ্ট্য আছে উল্লেখ করুন।
- ৫। উদাহরণসহ বাফার ক্রিয়া ব্যাখ্যা করুন।
- ৬। হেন্ডারসন সমীকরণটি উপপাদন করুন।
- ৭। মানব দেহের বিভিন্ন তরল উপাদানের pH সম্পর্কে ধারণা দিন।
- ৮। মাটির pH নিয়ন্ত্রণ অপরিহার্য কেন? ব্যাখ্যা করুন।
- ৯। শিল্পক্ষেত্রে pH নিয়ন্ত্রণ অপরিহার্য কেন? উল্লেখ করুন।
- ১০। মাটিতে বিভিন্ন ধরনের সার প্রয়োগ করা হয় কেন?
- ১১। pH কি? এর গাণিতিক সমীকরণ লিখুন।
- ১২। pOH কি? এর গাণিতিক সমীকরণ লিখুন।
- ১৩। কোন অম্লীয় এবং ক্ষারীয় দ্রবণের pH কিভাবে নির্ণয় করা যায়?
- ১৪। নিরপেক্ষ দ্রবণের pH কত?
- ১৫। শিল্প ও কৃষিক্ষেত্রে বাফার দ্রবণের প্রয়োগ উল্লেখ করুন।
- ১৬। জীবদেহে pH এর গুরুত্ব আলোচনা করুন।

## গাণিতিক সমস্যা

- ১। কোন দ্রবণের  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা  $4 \times 10^{-5}$  মোল-আয়ন/ডেমি<sup>3</sup> হলে ঐ দ্রবণের pH কত হবে? [উ: 9.6021]
- ২। 0.0025 M HCl দ্রবণের pH গণনা করুন। ধরে নিন এসিডটি পূর্ণরূপে তড়িৎ বিশ্লেষ্য। [উ: 2.6021]
- ৩। এসিটিক এসিডের আয়নীয়করণ ধ্রুবক  $1.75 \times 10^{-5}$ । একটি 1M এসিডের বিয়োজনের পরিমাণ শতকরা 5 ভাগ হলে এর pH কত হবে? [উ: 3.4783]

## পাঠ ৪

## নির্দেশক ও এসিড-ক্ষারক টাইট্রেশন

## Indicators and acid-base titration

## ভূমিকা

আয়তন মাত্রিক বিশ্লেষণে নির্দেশক একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। এ ধরনের বিশ্লেষণে ব্যবহৃত পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী নির্দেশক নির্বাচন করতে হয়। কারণ বিভিন্ন প্রকারের নির্দেশক আছে, যেমন ব্যবহৃত এসিড ও ক্ষারকের প্রকৃতি অনুযায়ী তথা তাদের প্রশমন বিন্দুর pH মানের উপর নির্ভর করে নির্দেশক বাছাই করা একান্ত প্রয়োজন। এ জন্য এসিড-ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলনীতি জানা খুবই প্রয়োজন।

## উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- নির্দেশক -এর সংজ্ঞা দিতে পারবেন।
- অম্ল ও ক্ষারের শক্তির উপর নির্ভর করে নির্দেশক নির্ণয়ের কৌশল বর্ণনা করতে পারবেন।
- অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব ও পদ্ধতি বর্ণনা করতে পারবেন।

## ১০.৪.১: নির্দেশক (indicators)

যে সব পদার্থ নিজেদের বর্ণ পরিবর্তন দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্দেশ করে তাদেরকে নির্দেশক বলে। নির্দেশক বিভিন্ন প্রকারের হতে পারে। যেমন এসিড-ক্ষারক নির্দেশক, জারণ-বিজারণ নির্দেশক, অধিশোষণ নির্দেশক, তেজস্ক্রিয় নির্দেশক ইত্যাদি।

এসিডিমিতি ও ক্ষারমিতিতে যে নির্দেশক ব্যবহৃত হয় তাকে অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক বলা হয়। কোন দ্রবণের জারণ মাত্রা নির্দেশ করতে জারণ-বিজারণ নির্দেশক ব্যবহৃত হয়। যেমন  $K_2Cr_2O_7$  দ্বারা ফেরাস আয়নের জারণকালে ডাই ফিনাইল অ্যামিন গাঢ় নীল বর্ণ দেখিয়ে জারণ ক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে।

## ১০.৪.২: অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক (acid-base indicators)

যে সব পদার্থ তাদের বর্ণ পরিবর্তনের মাধ্যমে অম্ল-ক্ষারক বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে, তাদেরকে অম্ল-ক্ষারক নির্দেশক বা প্রশমন নির্দেশক বলে। যেমন লিটমাস, ফেনফথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড ইত্যাদি।

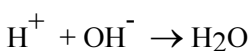
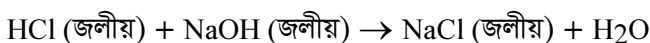
কোন পদার্থকে নির্দেশক হিসেবে ব্যবহার করার উল্লেখযোগ্য শর্তগুলো হলোঃ

- (১) নির্দেশকের বর্ণ হঠাৎ পরিবর্তিত হতে হবে। অর্থাৎ  $H^+$  আয়নের যে ঘনমাত্রার মধ্যে নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তিত হয় তার বিস্তার স্বল্প হতে হবে।
- (২) নির্দেশকের বর্ণ যথেষ্ট স্থায়ী ও উজ্জ্বল হতে হবে এবং এসিডীয় মাধ্যম ও ক্ষারীয় মাধ্যমে এর বর্ণের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য থাকতে হবে।
- (৩) যে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নির্দেশক ব্যবহার করা হবে, তার টাইট্রেশনের সমাপনী বিন্দুতে নির্দেশকের বর্ণ অবশ্যই পরিবর্তিত হতে হবে।

### ১০.৪.৩: অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব

যে পদ্ধতিতে একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে ধারনকৃত একটি নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করার জন্য নিয়ন্ত্রিতভাবে বুকেট থেকে অপর একটি দ্রবণ যোগ করা হয় এবং যোগকৃত দ্রবণের আয়তন পরিমাপ করে দ্রবণটির ঘনমাত্রা নির্ণয় করা হয় তাকে টাইট্রেশন বলে। যে বিন্দুতে ক্ষার দ্রবণটি সম্পূর্ণরূপে অম্ল দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত হয় তাকে প্রশমন বিন্দু বলে। নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন দেখে প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করা হয়।

জলীয় দ্রবণে অম্ল আয়নিত হয়ে প্রোটন  $[H^+]$  দান করে এবং ক্ষার আয়নিত হয়ে হাইড্রোক্সিল  $[OH^-]$  আয়ন উৎপন্ন করে। অম্ল ক্ষার টাইট্রেশনে অম্ল-র  $H^+$  ও ক্ষারের  $OH^-$  পরস্পর বিক্রিয়া করে নিরপেক্ষ  $H_2O$  উৎপন্ন করে।



এই সমীকরণ অনুযায়ী, একটি  $H^+$  আয়ন ও একটি  $OH^-$  আয়নের বিক্রিয়ায় একটি  $H_2O$  অণু তৈরি হয় বা 1.0 মোল  $H^+$  আয়ন 1.0 মোল  $OH^-$  আয়নের সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে 1.0 মোল নিরপেক্ষ  $H_2O$  উৎপন্ন করে। অর্থাৎ অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনে অম্ল ও ক্ষারক দ্রবণের আয়তন নির্ণীত হয়, দ্রবণগুলোর সংখ্যানুপাতিক সমতার মাধ্যমে। যখন দুইটি দ্রবণের  $H^+$  ও  $OH^-$  আয়নের সংখ্যানুপাতিক পরিমাণ সমান হয়, তখন দ্রবণ দুইটি সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত হয়। প্রশমন বিন্দুতে টাইট্রেশনে অংশগ্রহণকারী দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য বর্তমানে মোলারিটি একক ব্যবহার করা হয়। প্রশমন বিন্দুতে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী দ্রবণ দুইটির পরিমাণগত তুলনামূলক সম্পর্ক সরাসরি প্রশমন বিক্রিয়ার সুষম সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়। যেমন-

$H_2SO_4$  (জলীয়) +  $2KOH$  (জলীয়) =  $K_2SO_4$  (জলীয়) +  $2H_2O$  সমীকরণে ১ মোল  $K_2SO_4$ , 2 মোল  $KOH$ -এর সাথে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করেছে। অর্থাৎ সমান আয়তনের 1 মোলার  $H_2SO_4$ , 2মোলার  $KOH$ -এর দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করে। অথবা সমান আয়তনের 1 মোলার  $KOH$  দ্রবণ 0.5 মোলার  $H_2SO_4$  দ্রবণের সমুতল্য। অর্থাৎ,

প্রথম বিক্রিয়কের [মোলারিটি ( $M_A$ ) × আয়তন ( $V_A$ )]

দ্বিতীয় বিক্রিয়কের [মোলারিটি ( $M_B$ ) × আয়তন ( $V_B$ )]

$$\frac{\text{প্রথম বিক্রিয়কের মোল সংখ্যা (a) [সমতাকৃত সমীকরণে]}}{\text{দ্বিতীয় বিক্রিয়কের মোল সংখ্যা (b) [সমতাকৃত সমীকরণে]}}$$

$$\text{বা, } bM_A \times V_A = aM_B \times V_B$$

### সারসংক্ষেপ

- আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে নির্দেশকের বিশেষ ভূমিকা আছে। বিভিন্ন ধরনের নির্দেশক আছে। তার মধ্যে এসিডিমিতি ও ক্ষারমিতিতে এসিড-ক্ষারক নির্দেশক ব্যবহৃত হয়। উল্লেখ্য যে এসিড-ক্ষারকের শক্তির উপর নির্ভর করে নির্দেশক নির্বাচন করা হয়।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন

### রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। নির্দেশক কাকে বলে? ব্যাখ্যা করুন।
- ২। কতগুলো এসিড-ক্ষারক নির্দেশকের নাম উল্লেখ করুন।
- ৩। সাধারণত কি কি ধরনের নির্দেশক ব্যবহার করা হয়?
- ৪। উপযুক্ত নির্দেশকের শর্তগুলো কি কি?
- ৫। অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশনের মূলতত্ত্ব উল্লেখ করুন।