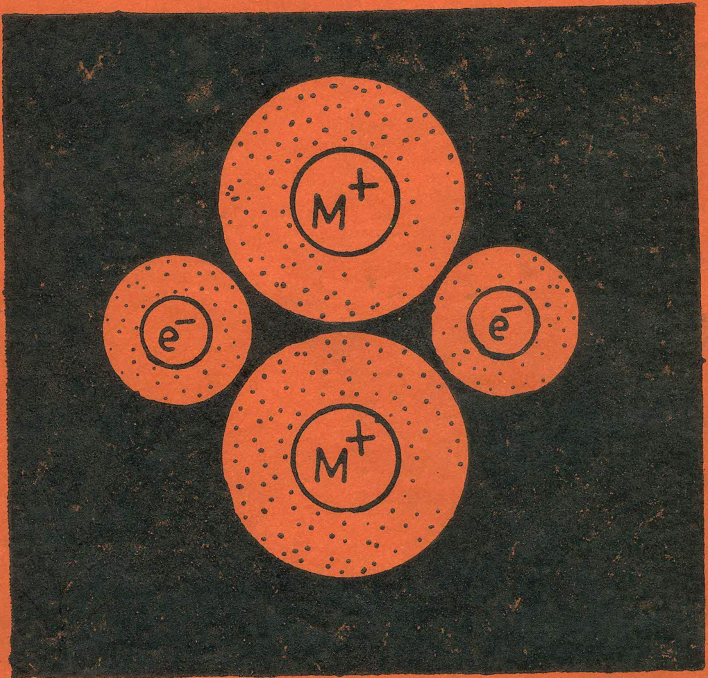
অজলীয় দ্রাবকসমূহ

কালিপদ কুণ্ডু



অজলীয় দ্রাবকসমূহ

(NONAQUEOUS SOLVENTS)

ড: কালিপদ কুণ্ডু
ডি. ফিল (সাসেক্স)
সি কেম, এফ আর এস সি
প্রফেসর, রসায়ন বিভাগ
জাহাঙ্গীরনগর বিশ্ববিদ্যালয়

BANSDOC Library
Dhaka

বাংলা একাডেমী ঢাকা

প্রথম প্রকাশ
আষাঢ় ১৪০৪/জুন ১৯৯৭

বাএ (৯৬-৯৭ পাঠ্যপুস্তক : ভৌত ও প্র : ১০) ৩৫৯৬

মুদ্রণ সংখ্যা : ১২৫০

পাণ্ডুলিপি প্রণয়ন ও মুদ্রণ তত্ত্বাবধান
ভৌতবিজ্ঞান ও প্রকৌশল উপবিভাগ
ভৌ ও প্র ১৭০

প্রকাশক
সেলিনা হোসেন
পরিচালক
পাঠ্যপুস্তক বিভাগ
বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রক
ওবায়দুল ইসলাম
ব্যবস্থাপক
বাংলা একাডেমী প্রেস, ঢাকা

প্রচ্ছদ
হাশেম খান

মূল্য : ৭৫.০০

BANSDOC Library
Accession No.
Date
Sign.

AJALYO DRABAKSAMUHA (Nonaqueous Solvents) by Dr. Kalipada Kundu, Professor, Department of Chemistry, Jahangirnagar University, Savar, Dhaka. Published by Selina Hossain, Director, Textbook Division, Bangla Academy, Dhaka, Bangladesh. First edition, June 1997. Price : Taka 75.00

ISBN 984-07-3605-1

ভূমিকা

মাতৃভাষাই জ্ঞান অর্জনের সর্বোত্তম মাধ্যম। কথাটি বিজ্ঞান শিক্ষার জন্য সবচেয়ে বেশি প্রযোজ্য। বিজ্ঞানের জটিল বিষয়গুলি নিজের ভাষায় চিন্তা করা যত সহজ, কোনো বিদেশী ভাষায় তা সম্ভব নয়। আমাদের দেশে বিশ্ববিদ্যালয় পর্যায়ে শিক্ষার মাধ্যম হিসেবে বাংলাভাষা স্বীকৃতি লাভ করলেও শিক্ষা গ্রহণের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক পাঠ্যপুস্তক এখনো রচিত হয় নি। এ অভাব পূরণের প্রচেষ্টা হিসেবে বাংলা একাডেমী স্বাধীনতার পর থেকে বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক সম্মান ও স্নাতকোত্তর শ্রেণির পাঠক্রম অনুযায়ী বাংলা ভাষায় পাঠ্যপুস্তক প্রকাশ করে চলেছে। বাংলা একাডেমী থেকে প্রকাশিত স্নাতক এবং স্নাতকোত্তর ছাত্রছাত্রীদের জন্য প্রণীত আমার লেখা (১) সন্নিবেশ রসায়ন (২) পারমাণবিক গঠন এবং পর্যায় সারণি ও (৩) রাসায়নিক বন্ধন এবং অণুর আকৃতি নামক তিনটি গ্রন্থ ইতোমধ্যে পাঠকসমাজে সমাদৃত হয়েছে। 'অজলীয় দ্রাবকসমূহ' আরেকটি নতুন সংযোজন। আশা করি এ পুস্তকটিও শিক্ষার্থীদের উপকারে আসবে। যাদের শিক্ষার মাধ্যম ইংরেজি ভাষা তারাও বাংলায় রচিত এ পুস্তকটি পাঠ করে বিষয়বস্তু সম্পর্কে একটি সামগ্রিক ধারণা লাভে সক্ষম হবে।

রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটনের জন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই বিক্রিয়াগুলিকে কোনো একটি সুবিধাজনক দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হয়। অজৈব পদার্থগুলির জন্য জল সর্বাধিক ব্যবহৃত দ্রাবক হলেও অনেক বিক্রিয়া রয়েছে যেগুলি জলীয় দ্রবণে ঘটানো সম্ভব হয় না। সেগুলির জন্যই অজলীয় দ্রাবক প্রয়োজন। এ পুস্তকে বিভিন্ন প্রকার অজলীয় দ্রাবক সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে। এ পুস্তকের অনেক বিষয়বস্তু ইংরেজি ভাষায় রচিত কয়েকটি পুস্তক থেকে গ্রহণ করা হয়েছে। পুস্তকটি ছাত্রছাত্রীদের কাছে সহজবোধ্য করার জন্য তথ্যগুলিকে সহজভাবে উপস্থাপন করা হয়েছে। পুস্তকের শেষে একটি গ্রন্থপঞ্জি সংযোজিত হয়েছে। বিভিন্ন ধরনের সংকেত, চিত্র ও সারণি এ গ্রন্থে থাকায় এ ধরনের বই ছাপানো সময় সাপেক্ষ ব্যাপার। এ কারণে যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করা সত্ত্বেও কিছু ভুল-ত্রুটি থাকা স্বাভাবিক। এসব ভুল-ত্রুটি সংশোধন ও বইটির মানোন্নয়নে যে-কোন গঠনমূলক পরামর্শ সাদরে গৃহীত হবে।

পুস্তকটি রচনাকালে আমার সহকর্মীবৃন্দ আমাকে উৎসাহ যুগিয়েছেন, এজন্য আমি তাঁদের কাছে কৃতজ্ঞতা প্রকাশ করছি। আমার ছেলে আশিস কয়েকটি চিত্র এঁকে দিয়েছে এবং আমার স্ত্রী ঝর্ণা আমাকে নানাভাবে সাহায্য করেছেন। আমি তাঁদের দু'জনকেই ধন্যবাদ জানাই। বাংলা একাডেমী কর্তৃপক্ষ এটি প্রকাশ করে আমাকে কৃতজ্ঞতা পাশে আবদ্ধ করেছেন।

পুস্তকটি যদি ছাত্রছাত্রীদের উপকারে আসে তাহলে আমার পরিশ্রম সার্থক হয়েছে বলে মনে করবো।

কালিপদ কুণ্ডু

সূচিপত্র

প্রথম অধ্যায় : **সাধারণ আলোচনা** ১-২২

সূচনা ; দ্রাবকের শ্রেণিবিভাগ ; আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের ধর্ম ; সলভেশান শক্তি ; দ্রাবক ক্ষমতার পরিমাপ ; আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে দ্রবীভূত পদার্থের এসিড ও ক্ষার ধর্ম ; আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে সংঘটিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া ; প্রশ্নমালা।

দ্বিতীয় অধ্যায় : **অজলীয় প্রোটনিক দ্রাবকসমূহ** ২৩-৫৮

তরল অ্যামোনিয়া ; দ্রাবক হিসেবে তরল অ্যামোনিয়ার সুবিধাসমূহ ; দ্রাবক হিসেবে তরল অ্যামোনিয়ার অসুবিধাসমূহ ; তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া ; তরল অ্যামোনিয়ায় ধাতুসমূহের দ্রবণ ; ধাতু অ্যামোনিয়া দ্রবণের বিক্রিয়াসমূহ ; তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড ; তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া ; তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে তড়িৎ রাসায়নিক জারণ ; তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে জীববিদ্যা সম্পর্কিত গুরুত্বপূর্ণ যৌগসমূহের দ্রবণ ; সালফিউরিক এসিড ; সালফিউরিক এসিড দ্রবণে দ্রবীভূত বস্তুর আয়নীকরণ প্রক্রিয়া নির্ণয়ের পরীক্ষাভিত্তিক পদ্ধতিসমূহ ; সালফিউরিক এসিডে বিভিন্ন বস্তুর দ্রবণ ; ক্ষারসমূহ; এসিডসমূহ ; সালফিউরিক এসিড দ্রবণে প্রশমন বিক্রিয়া ; প্রশ্নমালা।

তৃতীয় অধ্যায় : **তরল অক্সাইড দ্রাবকসমূহ** ৫৯-৭৮

তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড ; রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ ; তরল সালফার ডাই-অক্সাইড ; তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের স্বআয়নীয়করণ বিক্রিয়ার পক্ষে এবং বিপক্ষে যুক্তিসমূহ ; উপসংহার ; প্রশ্নমালা।

চতুর্থ অধ্যায় : **তরল হ্যালাইড দ্রাবকসমূহ** ৭৯–৯২

আয়োডিন মনোক্লোরাইড ; ব্রোমিন ট্রাইফ্লোরাইড ; আর্সেনিক ট্রাইফ্লোরাইড ; আর্সেনিক ট্রাইক্লোরাইড ; আর্সেনিক ট্রাইব্রোমাইড ; অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড ; প্রশ্নমালা।

পঞ্চম অধ্যায় : **অক্সিহ্যালাইড দ্রাবকসমূহ** ৯৩–১০১

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড ; ফসফোরাইল ক্লোরাইড ; প্রশ্নমালা।

ষষ্ঠ অধ্যায় : **দ্রাবক হিসেবে বিগলিত লবণসমূহ** ১০২–১০৯

বিগলিত লবণের শ্রেণিবিভাগ ; বিগলিত লবণে ধাতুর দ্রবণ ; বিগলিত লবণ মাধ্যমে গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ ; প্রশ্নমালা।

গ্রন্থপঞ্জি ১১১

প্রথম অধ্যায়

সাধারণ আলোচনা

(General Discussion)

সূচনা (Introduction)

রসায়নাগারে বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে যেসব বিক্রিয়া আমরা লক্ষ্য করি তার বেশিরভাগই কোনো না কোনো একটি দ্রাবকে সংঘটিত হয়। জৈব পদার্থের বিক্রিয়ার জন্য সাধারণত ইথার, বেনজিন, অ্যালকোহল, ক্লোরোফর্ম, ইত্যাদি দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা হয়। অজৈব পদার্থের ক্ষেত্রে দ্রাবকটি প্রায়শই জল হয়ে থাকে। সহজ লভ্যতা, তারল্যের দীর্ঘ সীমানা, সহজ ব্যবহার পদ্ধতি এবং সর্বোপরি অজৈব পদার্থসমূহকে দ্রবীভূত করার অসাধারণ ক্ষমতার কারণে জলকে একটি সর্বজনীন দ্রাবক (universal solvent) বলে মনে করা হয়। কিন্তু আমাদের অবশ্যই মনে রাখতে হবে যে, জল কোনো অতুলনীয় (unique) দ্রাবক নয়; যে গুণাগুণগুলি জলের রয়েছে গুণগতভাবে তা জল ছাড়া আরো বেশ কিছু দ্রাবকেরও আছে, যদিও তাদের মধ্যে পরিমাণগত পার্থক্য খুবই প্রকট হতে পারে। অন্য কথায় জল এবং অন্য কতকগুলি দ্রাবকের মধ্যে যে পার্থক্য লক্ষ্য করা যায় তা প্রকৃতপক্ষে তাদের আচরণগত পার্থক্য নয়, বরং বলা যেতে পারে এগুলি তাদের আচরণের পরিমাণগত পার্থক্য (a difference in degree of behaviour)।

জল ছাড়া আরো অনেকগুলি তরলে অজৈব পদার্থ দ্রবীভূত হয় এবং এগুলি রসায়নবিদগণের কাছে বর্তমানে অত্যন্ত আকর্ষণীয় এবং প্রয়োজনীয় দ্রাবক হিসেবে বিবেচিত হচ্ছে। অনেক বিক্রিয়া রয়েছে যেগুলি জলীয় দ্রবণে ঘটানো সম্ভব নয়। এগুলির জন্য অজলীয় দ্রাবক প্রয়োজন। নিচে এরূপ কয়েকটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হলো :

১। $$2\,Me_3SnBr + 2\,Na \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Me_3Sn{-}SnMe_3 + 2\,NaBr$$

২। $$SbCl_3 + 3\,KCl \xrightarrow{\text{তরল } SO_2} K_3[SbCl_6]$$

৩। $$GeCl_4 + 2\,NaCl \xrightarrow{\text{তরল } CH_3NO_2} Na_2[GeCl_6]$$

৪। $$NOCl + BCl_3 \xrightarrow{\text{তরল } HCl} [NO][BCl_4]$$

৫। $PH_3 + HCl \xrightarrow{\text{তরল } HCl} PH_4Cl \xrightarrow{BCl_3} [PH_4][BCl_4]$

৬। $Al_2O_3 \xrightarrow[\text{electrolysis}]{AlF_3.3NaF + CaF_2} 2\,Al + 3/2\,O_2$

৭। $RX + Mg \xrightarrow{Et_2O} R{-}Mg{-}X$

৮। $CH_3COF + BF_3 \xrightarrow{\text{তরল } SO_2} [CH_3CO][BF_4]$

৯। $H_2NCONH_2 + NaNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Na[H_2NCONH] + NH_3$

১০। $BCl_3 + 6\,NH_3 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} B(NH_2)_3 + 3\,NH_4Cl$

১১। $HC{\equiv}C{-}CH_2CH_3 + Na \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Na^+C^-{\equiv}C{-}CH_2CH_3 + 1/2\,H_2$

১২। $Ph_3COH + 2\,H_2SO_4 \xrightarrow{H_2SO_4} Ph_3C^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$

কোনো দ্রাবকের আচরণ নির্ণয়ের জন্য যে ভৌত ধর্মগুলি সবচেয়ে বেশি গুরুত্বপূর্ণ তাহলো এর গলনাংক, স্ফুটনাংক এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান। গলনাংক এবং স্ফুটনাংকের মান দ্রাবকের তারল্যের সীমানা নির্দিষ্ট করে এবং সে কারণে ঐ দ্রাবকে কিরূপ তাপমাত্রায় রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব তা নির্দিষ্ট করে। ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানের উপর দ্রাবকে আয়নিক পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ভর করে। সাধারণভাবে দ্রাবকের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান যত বেশি হয় এতে আয়নিক যৌগের দ্রাব্যতাও তত বেশি হয়। দুটি বিপরীত চার্জযুক্ত আয়নের মধ্যে আকর্ষণ বল মাধ্যমের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয় (সমীকরণ ১.১)।

$$F = \frac{z^2e^2}{\epsilon r^2} \qquad (১.১)$$

এখানে ze = উভয় চার্জের মান

r = উভয় চার্জের মধ্যে দূরত্ব

ϵ = মাধ্যমের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান।

ফলে দ্রাবকের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান বেশি হলে দ্রাবকে বিপরীত আয়নগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল কম হয় এবং সেগুলি বিচ্ছিন্ন আয়ন হিসেবে দ্রবণে পৃথকভাবে অবস্থান করতে

পারে। এজন্য আয়নিক যৌগগুলি উচ্চ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত দ্রাবকসমূহে সহজে দ্রবীভূত হয়।

দ্রাবকের শ্রেণিবিভাগ (Classification of Solvents)

দ্রাবকসমূহকে বিভিন্ন উপায়ে শ্রেণিবিভক্ত করা যায়। কোনো একটি বিশেষ ভৌত বা রাসায়নিক ধর্মের উপর নির্ভর করে এরূপ শ্রেণিবিভাগ করা হয়ে থাকে। নিচে কয়েক প্রকারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ করা হলো :

১। **প্রোটনিক এবং অপ্রোটনিক দ্রাবকসমূহ** (Protonic and nonprotonic solvents) : হাইড্রোজেন পরমাণু সংবলিত যেসব দ্রাবক থেকে প্রোটন পাওয়া যায় তাদেরকে প্রোটনিক দ্রাবক বলা হয়। জল, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, এসিটিক এসিড, সালফিউরিক এসিড ইত্যাদি এরূপ দ্রাবকের উদাহরণ।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$NH_3 \rightleftharpoons H^+ + NH_2^-$$
$$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$$
$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$
$$H_2S \rightleftharpoons H^+ + SH^-$$
$$CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

আয়নীকরণের মাধ্যমে প্রাপ্ত প্রোটনটি সর্বদাই এক অণু দ্রাবকের সাথে সংযুক্ত থাকে।

যেসব দ্রাবক থেকে প্রোটন পাওয়া যায় না তাদেরকে অপ্রোটনিক দ্রাবক বলা হয়। বেনজিন, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, নাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড, ফসফোরাইল ক্লোরাইড, সালফার ডাইঅক্সাইড ইত্যাদি এরূপ দ্রাবকের উদাহরণ।

২। **আয়নীকারক এবং অ-আয়নীকারক দ্রাবকসমূহ** (Ionizing and nonionizing solvents) : দ্রবীভূত পদার্থের আয়নীকরণ করার ক্ষমতার উপর নির্ভর করে দ্রাবকসমূহকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যেসব দ্রাবকে দ্রবীভূত পদার্থের আয়নীকরণ ঘটে তাদেরকে আয়নীকারক দ্রাবক বলা হয়। এ দ্রাবকগুলি সর্বদাই মেরুপ্রবণ হয় এবং এদের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানও উচ্চ হয়। বিশুদ্ধ অবস্থায় দ্রবণীয় পদার্থটি আয়নিক বা সমযোজী যাই হোক না কেন এরূপ দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় এটি ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক চার্জযুক্ত বিচ্ছিন্ন আয়ন হিসেবে অবস্থান করে। মনে রাখতে হবে যে, আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের নিজেদের আয়নীকরণ ঘটা আবশ্যক নয়, যদিও অধিকাংশ ক্ষেত্রে এরূপ দ্রাবকের নিজেরও কিছু পরিমাণ আয়নীকরণ হয়ে থাকে। ১.১ সারণিতে কয়েকটি আয়নীকারক দ্রাবকের মেরুপ্রবণতা (ডাইপোল মোমেন্ট) এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান দেখানো হয়েছে।

যেসব দ্রাবকে দ্রবীভূত পদার্থের আয়নীকরণ ঘটে না তাদেরকে অ-আয়নীকারক দ্রাবক বলা হয়। এদের মেরুপ্রবণতা শূন্য হয় এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানও খুব কম হয়। বেনজিন এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড এরূপ দ্রাবকের উদাহরণ।

সারণি ১.১ : কয়েকটি আয়নীকারক দ্রাবকের ডাইপোল মোমেন্ট (ডিবাই) এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান।

দ্রাবক	ডাইপোল মোমেন্ট	ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক
H_2O	1.84	78.5(25^{0}C)
NH_3	1.46	23 (−33^{0}C)
HF	1.9	84 (0^{0}C)
HCl	1.08	9.28 (−95^{0}C)
HCN	2.93	107 (25^{0}C)
SO_2	1.63	17.27 (−17^{0}C)
NOCl	1.83	22.5 (−27^{0}C)
CH_3NO_2	3.46	36 (25^{0}C)
$(CH_3)_2SO$	3.96	46.6 (25^{0}C)

৩। **এসিডীয়, ক্ষারীয়, উভধর্মী এবং অপ্রোটনিক দ্রাবকসমূহ** (Acidic, basic, amphiprotic and aprotic solvents) : দ্রাবকের প্রোটন গ্রহণ বা বর্জনের প্রবণতার উপর নির্ভর করে তাদেরকে চার ভাগে ভাগ করা যায়। যেসব দ্রাবকের প্রোটন দানের প্রবণতা বেশি তারা এসিড প্রকৃতিবিশিষ্ট হয় এবং এ দ্রাবকগুলিকে এসিডীয় দ্রাবক বলা হয়। এসিটিক এসিড, হাইড্রোক্লোরিক এসিড, হাইড্রোফ্লোরিক এসিড, সালফিউরিক এসিড ইত্যাদি দ্রাবক এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। যেসব দ্রাবকের প্রোটন গ্রহণের প্রবণতা বেশি তাদের ক্ষার ধর্ম থাকে, এজন্য এ দ্রাবকগুলিকে ক্ষারীয় দ্রাবক বলা হয়। তরল অ্যামোনিয়া এবং ইথিলিন ডাই-অ্যামিন এ শ্রেণির উদাহরণ। যেসব দ্রাবকের নির্দিষ্ট কোনো এসিড বা ক্ষার ধর্ম নেই কিন্তু দ্রবীভূত পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে এসিড বা ক্ষার উভয় ধর্ম দেখাতে পারে তাদেরকে উভধর্মী দ্রাবক বলা হয়। জল এবং ইথাইল অ্যালকোহল এ শ্রেণির উদাহরণ। যেসব দ্রাবকের প্রোটন দান করার বা গ্রহণ করার কোনো প্রবণতা থাকে না তারা অপ্রোটনিক দ্রাবক। বেনজিন, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড ইত্যাদি এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত।

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের ধর্ম (Properties of Ionizing Solvents)

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহ সাধারণত বিশুদ্ধ অবস্থাতেও কিছু পরিমাণে আয়নিত অবস্থায় থাকে। এজন্য এ দ্রাবকসমূহ অল্প পরিমাণে বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। নিচে কয়েকটি আয়নীকারক দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ (self ionization) বিক্রিয়া দেখানো হয়েছে এবং ১.২ সারণিতে এ দ্রাবকগুলির বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান উল্লেখ করা হয়েছে।

$$2\,H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$$

$$2\,NH_3 \rightleftarrows NH_4^+ + NH_2^-$$

$$3\,HCl \rightleftarrows H_2Cl^+ + HCl_2^-$$

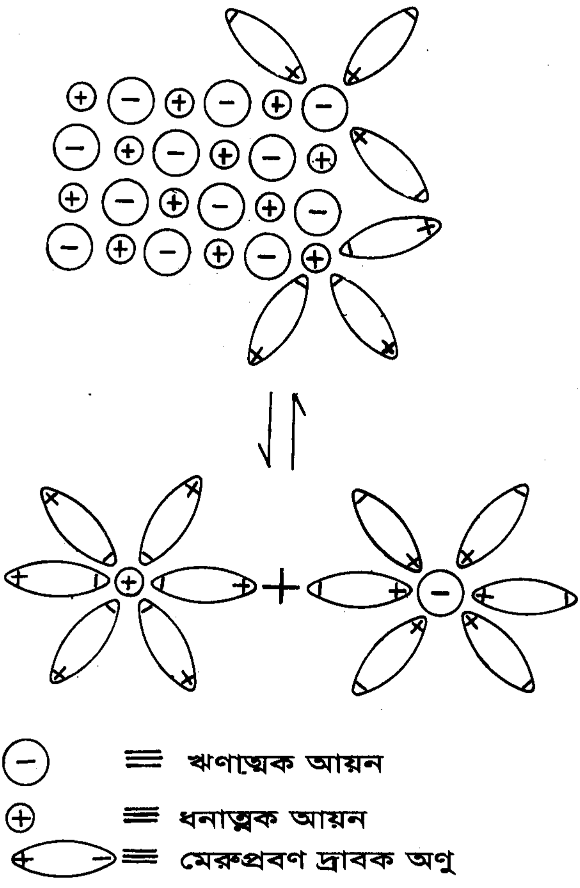
$$3\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + HF_2^-$$

$$2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HSO_4^-$$

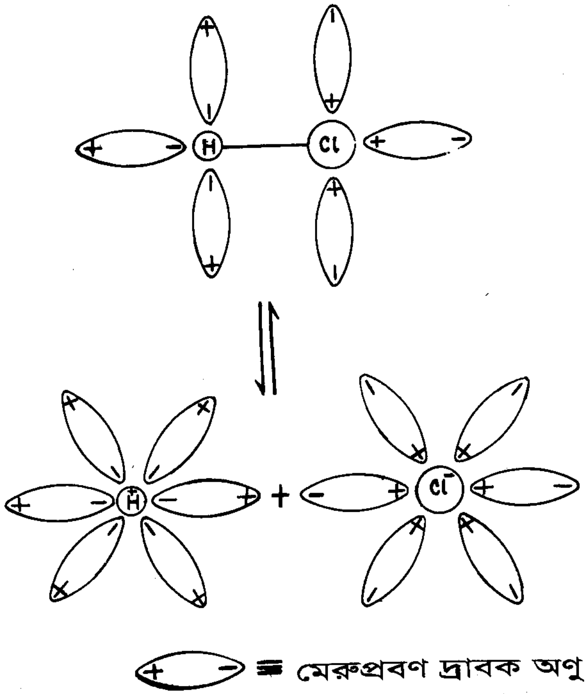
$$2\,C_2H_5OH \rightleftarrows C_2H_5OH_2^+ + C_2H_5O^-$$

সারণি ১.২ : কয়েকটি বিশুদ্ধ আয়নীকারক দ্রাবকের আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান।

দ্রাবক	আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ($ohm^{-1} cm^{-1}$)
H_2O	5×10^{-8} (25°C)
NH_3	5×10^{-11} (–33°C)
HCl	3×10^{-8} (–80°C)
HF	1×10^{-6} (0°C)
H_2SO_4	1×10^{-2} (25°C)
C_2H_5OH	1×10^{-9} (20°C)



চিত্র ১.১ : মেরুপ্রবণ দ্রাবকে একটি আয়নিক যৌগের দ্রবণ প্রক্রিয়া।



চিত্র ১.২ : মেরুপ্রবণ দ্রাবকে একটি আংশিক আয়নিক প্রকৃতিবিশিষ্ট সমযোজী অণুর আয়নীকরণ। H^+ আয়নটি প্রকৃতপক্ষে একটি দ্রাবক অণুর সাথে রাসায়নিক বন্ধনে যুক্ত অবস্থায় থাকে।

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহ মেরুপ্রবণ অণু হয়। আয়নিক স্ফটিকে উপস্থিত আয়নগুলিকে এরা এমনভাবে ঘিরে ধরে যার ফলে আয়ন–ডাইপোল আকর্ষণের কারণে আয়নগুলি স্ফটিক থেকে বিচ্যুত হয়ে দ্রবণে চলে আসে (চিত্র ১.১)। আংশিক আয়নিক প্রকৃতিবিশিষ্ট সমযোজী অণুগুলিও মেরুপ্রবণ দ্রাবক অণুর আকর্ষণ বলের কারণে আয়নে পরিণত হয় (চিত্র ১.২)।

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানও উচ্চ হয়। মেরুপ্রবণতা এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক পরস্পর সম্পর্কযুক্ত। যেসব দ্রাবকের ডাইপোল মোমেন্টের মান বেশি তাদের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানও বেশি হয়। সারণি ১.১ থেকে এ সম্পর্ক লক্ষ্য করা যায়। যেহেতু উচ্চ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক দ্রবণে দুটি বিপরীত চার্জযুক্ত আয়নের মধ্যে আকর্ষণ বলকে অনেক পরিমানে কমিয়ে দেয় সেজন্য আয়নিক পদার্থসমূহ উচ্চ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত দ্রাবকে বিচ্ছিন্ন আয়ন হিসেবে সহজে দ্রবীভূত থাকতে পারে। যেসব দ্রাবকের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান খুব কম তারা আয়নিক যৌগের জন্য ভাল দ্রাবক নয়।

মেরুপ্রবণ দ্রাবক অণুগুলির ডাইপোল চার্জের কারণে অনেকগুলি দ্রাবক অণু একত্র (associated) অবস্থায় থাকে। একাধিক অণুর বিপরীত চার্জযুক্ত প্রান্তসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বলের কারণে অণুগুলি লম্বা শিকল বা বলয় গঠন করে একত্র হয়। প্রোটনিক দ্রাবকসমূহে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের মাধ্যমে এরূপ একীকরণ ঘটে। হাইড্রোজেন বন্ধনের কারণে এ দ্রাবকসমূহের অস্বাভাবিক উচ্চ স্ফুটনাংক হয় এবং তার ফলে এদের তারল্যের সীমানা বৃদ্ধি পায়। এরূপ তরল পদার্থ আয়নিক যৌগ এবং আংশিকভাবে আয়নিক প্রকৃতিবিশিষ্ট সমযোজী যৌগ উভয়ের জন্য উৎকৃষ্ট দ্রাবক হয়। হাইড্রোজেন বন্ধনযুক্ত দ্রাবকে কোনো পদার্থ দ্রবীভূত হতে হলে ঐ পদার্থকে দ্রাবক অণুগুলির মধ্যে উপস্থিত হাইড্রোজেন বন্ধনের একাংশকে ভেঙে ফেলতে সমর্থ হতে হবে অথবা অণুসমূহের একত্র বিন্যাসের মধ্যে ঢুকে যেতে হবে। নিজেদের চার্জের কারণে আয়নগুলি দ্রাবকের মেরুপ্রবণ অণুগুলিকে আকর্ষণ করে এবং দ্রাবকের একত্র বিন্যাসকে ভেঙে দিয়ে তার আন্তঃআণবিক ফাঁকা স্থানে ঢুকে পড়ে। মেরুপ্রবণ সমযোজী অণুগুলি হয় দ্রাবকের সাথে বিক্রিয়া করে নতুবা দ্রাবকের একত্র বিন্যাসের একাংশকে ভেঙে দিয়ে নিজেরাই দ্রাবকের একত্র বিন্যাসের সাথে যুক্ত হয়। অমেরুপ্রবণ অণু দ্রাবকের একত্র বিন্যাসকে ভাঙতে পারে না বলে তারা মেরুপ্রবণ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।

সলভেশান শক্তি (Solvation Energy)

একটি আয়নিক যৌগ যখন কোনো দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় তখন স্ফটিকে অবস্থিত আয়নগুলির সাথে মেরুপ্রবণ দ্রাবক অণুগুলি এমন একটি পারস্পরিক ক্রিয়া ঘটায় যা আয়নগুলির পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে অতিক্রম করে আয়নগুলিকে স্ফটিক থেকে বিচ্ছিন্ন করে দ্রবণে নিয়ে আসে। একটি যৌগ তখনি দ্রবীভূত হয় যখন স্ফটিকের ল্যাটিস শক্তির তুলনায় সলভেশান শক্তির মান বেশি হয়। সলভেশান শক্তির উৎস দুটি : (১) স্ফটিকে অবস্থিত আয়নগুলির সাথে দ্রাবক অণুর ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং (২) আয়নগুলির সাথে দ্রাবক অণুর রাসায়নিক বন্ধন গঠন। উভয় প্রক্রিয়াতেই শক্তি নির্গত হয় এবং এভাবে প্রাপ্ত মোট শক্তিকে সলভেশান শক্তি বলা হয়। কোনো যৌগের ল্যাটিস শক্তি অপেক্ষা সলভেশান শক্তির মান যত বেশি হয় ঐ যৌগ তত বেশি দ্রবণীয় হয়। সলভেশান শক্তির মান ল্যাটিস শক্তি থেকে কম হলে যৌগটি দ্রবীভূত হবে না। আয়নের চার্জ, আকার এবং ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর উভয় প্রকার শক্তির মান নির্ভর করে।

ইলেকট্রোস্ট্যাটিকস্ এর গণনা থেকে দেখা যায় যে, q চার্জ যুক্ত এবং R ব্যাসার্ধের একটি গোলককে শূন্য মাধ্যম থেকে ϵ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত কোনো দ্রাবকে রাখলে যে মুক্ত শক্তির পরিবর্তন ঘটে তার মান হলো

$$\Delta G = \frac{q^2}{2R}\left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \qquad (১.২)$$

এবং প্রতি গ্রাম আয়নের জন্য এ মান হলো

$$\Delta G = -\frac{N_A z^2 e^2}{2R}\left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) \qquad (১.৩)$$

এখানে e = ইলেকট্রনের চার্জ

z = আয়নের যোজনী

N_A = অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা।

১.৩ সারণিতে বিভিন্ন R এবং ϵ মানের জন্য একক চার্জযুক্ত আয়নের সলভেশান শক্তির মান সমীকরণ ১.৩ থেকে হিসাব করে দেখানো হয়েছে।

সারণি ১.৩ : আয়ন সলভেশানের মুক্ত শক্তির উপর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক এবং আয়নিক ব্যাসার্ধের প্রভাব।

ϵ / R(Å)	2	4	8	16	32	64
0.5	696	1044	1220	1303	1350	1366
1.0	348	520	608	654	675	683
1.5	231	348	407	436	448	457
2.0	176	260	306	327	335	344
3.0	117	176	201	218	226	226

[ΔG এর মান kJ mol^{-1} এককে প্রকাশ করা হয়েছে]

সারণি ১.৩ থেকে দুটি বিষয় লক্ষ্য করা যায়। প্রথমটি হলো আয়নিক ব্যাসার্ধের ক্ষুদ্র মানের জন্য সলভেশান শক্তির মান খুব বেশি হয় এবং আয়নিক ব্যাসার্ধ যতই বাড়তে থাকে এ মান ততই কমতে থাকে। এ কারণেই Li^+ (R=0.68Å) এবং Na^+ (R = 0.98Å) আয়নের সলভেশান শক্তি খুব বেশি এবং এদের অধিকাংশ আয়নিক যৌগ অপেক্ষাকৃত কম মানের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত দ্রাবকেই দ্রবীভূত হয়। বিশেষ করে যদি ঋণাত্মক আয়নটি আকারে বড় হয় (যার ফলে ল্যাটিস শক্তির মান কম হয়) তাহলে এদের যৌগগুলির দ্রাব্যতা খুবই বেশি হয়। দ্বিতীয়ত, ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান আনুমাণিক 30 এ পৌছলে এ মান আর বাড়লেও সলভেশান শক্তির খুব বেশি পরিবর্তন হয় না। এজন্য 30 এর বেশি মানসম্পন্ন ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত সব দ্রাবকই আয়নীকারক দ্রাবক হিসেবে প্রায় সমান উৎকৃষ্ট।

ক্ষার ধাতুসমূহের জন্য আয়ন–ডাইপোল পারস্পরিক ক্রিয়াই সলভেশান শক্তির প্রধান উৎস। কিন্তু অবস্থান্তর ধাতব আয়নগুলির ক্ষেত্রে দ্রাবক অণুগুলি প্রকৃতই এক জোড়া ইলেকট্রন দান করে ধাতুর সাথে যুক্ত হয়। ধাতু–দ্রাবক বন্ধন সৃষ্টি সালভেশান শক্তির একটি বড় উৎস। ঋণাত্মক আয়নগুলির ক্ষেত্রে আয়ন–ডাইপোল ইলেকট্রোস্ট্যাটিক আকর্ষণ বলই অধিকাংশ ক্ষেত্রে একমাত্র পারস্পরিক ক্রিয়া। কিন্তু কোনো কোনো ক্ষেত্রে ঋণাত্মক আয়ন এবং দ্রাবক অণুর মধ্যে আরো দুই প্রকার পারস্পরিক ক্রিয়া হতে পার : (১) দ্রাবক অণু হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের উপযোগী হলে তা উচ্চ ইলেকট্রোনেগেটিভ ঋণাত্মক আয়নের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে এবং (২) ঋণাত্মক আয়ন কোনো কোনো দ্রাবক অণুকে

এক জোড়া ইলেকট্রন দান করে তার সাথে সংযুক্ত হয়। অধিক মেরুপ্রবণ এবং উচ্চ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত যে দ্রাবকগুলি ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক উভয় আয়নের সাথে উপরে উল্লেখিত যে কোনো পদ্ধতিতে যুক্ত হতে পারে তারাই আয়নিক যৌগের জন্য সর্বোৎকৃষ্ট দ্রাবক।

অবস্থান্তর ধাতুর হ্যালাইড যৌগগুলির ক্ষেত্রে অনেক সময় ধাতুর সাথে যুক্ত হওয়ার জন্য হ্যালাইড আয়ন এবং দ্রাবক অণুর মধ্যে প্রতিযোগিতা লক্ষ্য করা যায়। উদাহরণ হিসেবে $CoCl_2$ যৌগটি বিবেচনা করা যাক। পাতলা জলীয় দ্রবণে এটি $[Co(H_2O)_6]^{2+}$ এবং Cl^- আয়ন হিসেবে অবস্থান করে এবং এ দ্রবণের একটি লালচে রং দেখা যায়। যেসব দ্রাবকের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান অপেক্ষাকৃত কম এবং ইলেকট্রন–জোড় দান করার ক্ষমতাও কম (যেমন এসিটোন) তাদের দ্রবণে $CoCl_4^{2-}$, $CoCl_3S^-$, $CoCl_2S_4$, $CoClS_5^+$ এবং CoS_6^{2+} (S = দ্রাবক অণু) এর সবগুলিকেই এক সাথে পাওয়া যায়। চতুস্তলকীয় আয়ন $CoCl_4^{2-}$ এবং $CoCl_3S^-$ এর উপস্থিতির কারণে এ দ্রবণের রং নীল হয়।

দ্রাবক ক্ষমতার পরিমাপ (Measurement of Solvent Strength)

দ্রবণে টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণের সংযোজন ধ্রুবক (K_{assoc}) এর মানের উপর দ্রাবকের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের প্রভাব লক্ষ্য করে দ্রাবক ক্ষমতা নির্ধারণে ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের অবদান পরিমাপ করা যায়।

$$(Alk)_4N^+X^- \rightleftarrows (Alk)_4N^+ + X^-$$

$$K_{assoc} = \frac{[(Alk)_4N^+X^-]}{[(Alk)_4N^+] \times [X^-]}$$

ϵ ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক সংবলিত কোনো দ্রাবকে r দূরত্বে অবস্থিত ze চার্জযুক্ত দুটি বিপরীত আয়নের আকর্ষণ বল সমীকরণ ১.১ থেকে হিসাব করা যায়।

$$F = \frac{z^2e^2}{\epsilon r^2} \qquad (১.১)$$

আয়ন দুটির পারস্পরিক আকর্ষণ বল কমিয়ে আনার জন্য দ্রাবক দুইভাবে কাজ করে : (১) আয়ন–ডাইপোল আকর্ষণের কারণে আয়নগুলিকে দ্রাবক অণু চারদিক থেকে ঘিরে ধরে। ফলে আয়নের উপর দ্রাবক অণুর একটি স্তর সৃষ্টি হয় যা আয়নের কার্যকর চার্জকে কিছু পরিমাণে কমিয়ে দেয় (চিত্র ১.৩)। ফলে দুটি বিপরীত আয়নের মধ্যে আকর্ষণ বল হ্রাস পায় এবং আয়ন দুটির সংযুক্ত হবার প্রবণতা কমে যায়। (২) মাধ্যমের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের উচ্চমান আয়ন দুটির আকর্ষণ বলকে কমিয়ে দেয় (সমীকরণ ১.১) এবং সে কারণে আয়ন দুটির সংযুক্ত হবার প্রবণতা কমে যায়। উভয় প্রক্রিয়ায় K_{assoc} এর মান কম হয় এবং দ্রাবকে দ্রবীভূত বস্তুর দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। ১.৪ সারণিতে বিভিন্ন দ্রাবকে কয়েকটি টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণের সংযোজন ধ্রুবকের মান দেখানো হয়েছে। সারণি থেকে লক্ষ্য করা যায়,

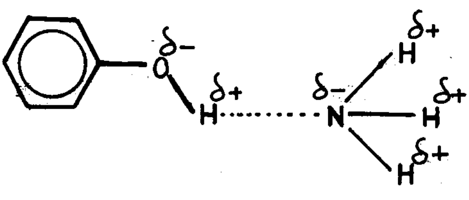
যেসব দ্রাবকের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান 30 এর কম তাদের ক্ষেত্রে এ মানের অল্প পরিবর্তনের জন্য K_{assoc} এর মানের অনেক পরিবর্তন ঘটে।

চিত্র ১.৩ : আয়নের উপর দ্রাবক অণুর স্তর গঠন।

সারণি ১.৪ : বিভিন্ন মানের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত দ্রাবকে কয়েকটি টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণের সংযোজন ধ্রুবকের মান।

দ্রাবক	∈	লবণ	K_{assoc}
CH_3CONMe_2	38 (25^{0}C)	Et_4NBr	20
$CH_3CONHMe$	165.5 (40^{0}C)	Et_4NBr	0
$C_6H_5NO_2$	35 (25^{0}C)	Bu_4NBr	46
Me_2CO	21 (25^{0}C)	Bu_4NI	164
C_5H_5N	12.3 (25^{0}C)	Bu_4NBr	4000
SO_2	15.4 (0^{0}C)	Et_4NBr	21000

ফেনলের সাথে দ্রাবক অণুর সংযোগ ঘটিয়ে দ্রাবকের এক জোড়া ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা পরিমাপ করা যায়। এ ক্ষেত্রে দ্রাবক অণু হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে ফেনলের সাথে যুক্ত হয় (চিত্র ১.৪) এবং এরূপ বিক্রিয়ায় উদ্ভূত তাপ থেকে দ্রাবকের ইলেকট্রন–জোড় দান করার সামর্থ্য পরিমাপ করা হয়। ১.৫ সারণিতে কয়েকটি দ্রাবকের ফেনলের সাথে সংযুক্তির জন্য উদ্ভূত তাপের মান দেখানো হয়েছে। সারণি থেকে লক্ষ্য করা যায় CH_3NH_2, NH_3, C_5H_5N, Me_2SO ইত্যাদি দ্রাবকের ইলেকট্রন–জোড় দান করার সামর্থ্য তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি।

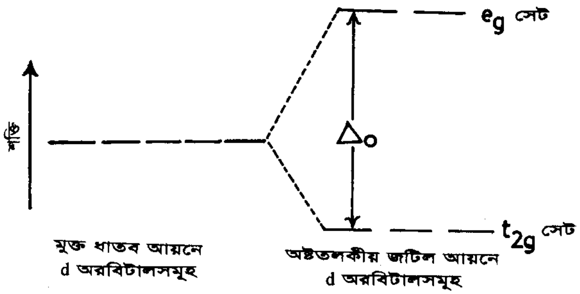


চিত্র ১.৪ : হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের মাধ্যমে ফেনলের সাথে দ্রাবক অণু অ্যামোনিয়ার সংযোগ।

সারণি ১.৫ : কয়েকটি দ্রাবকের ফেনলের সাথে সংযুক্তির জন্য উদ্ভূত তাপের মান।

দ্রাবক	ΔH (kJ mol^{-1})
NH_3	–34
CH_3NH_2	–39
C_6H_5CN	–14
CH_3CN	–14
C_5H_5N	–34
Me_2CO	–14
Me_2SO	–27
Et_2O	–21

অবস্থান্তর ধাতব আয়নের সাথে দ্রাবক অণু কত শক্তিশালী বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে তা পরিমাপ করে দ্রাবক অণুর সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের সামর্থ্য জানা যায়। অধিকাংশ ধাতব আয়নের সাথে দ্রাবক অণু যুক্ত হয়ে অষ্টতলকীয় জটিল আয়ন সৃষ্টি করে। এরূপ জটিল আয়নে ধাতুর d অরবিটালগুলি পৃথক শক্তির দুটি সেটে (e_g এবং t_{2g} সেট) বিভক্ত হয়ে পড়ে (চিত্র ১.৫)। দ্রাবক অণু ধাতুর সাথে যত সবল বন্ধন সৃষ্টি করে দুই সেট d অরবিটালের শক্তির পার্থক্য (Δ_O) তত বেশি হয়। অতএব জটিল আয়নে দুই সেট d অরবিটালের শক্তির পার্থক্য Δ_O এর মান থেকে দ্রাবকের সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের সামর্থ্য পরিমাপ করা যায়। ১.৬ সারণিতে Ni^{2+} আয়নের সাথে কয়েকটি দ্রাবকের সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে জটিল আয়ন সৃষ্টির জন্যে Δ_O এর মান দেওয়া হয়েছে।



চিত্র ১.৫ : অষ্টতলকীয় জটিল আয়ন গঠনের ফলে ধাতুর d অরবিটালগুলির দুই সেটে বিভক্তি।

সারণি ১.৬ : Ni^{2+} আয়নের সাথে কয়েকটি দ্রাবকের জটিল আয়ন সৃষ্টির জন্য Δ_O এর মান।

দ্রাবক	Δ_O (cm^{-1})
NH_3	1080
H_2O	860
Me_2SO	773
C_5H_5N	1000
CH_3CN	1026
C_6H_5CN	970
CH_3NH_2	993
CH_3OH	850

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে দ্রবীভূত পদার্থের এসিড ও ক্ষার ধর্ম (Acidic and Basic Properties of Dissolved Solutes in Ionizing Solvents)

অ্যারহেনিয়াস (Arrhenius) এর ধারণা অনুসারে যেসব বস্তু জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন সৃষ্টি করে তারা এসিড এবং যেসব বস্তু OH^- আয়ন সৃষ্টি করে তারা ক্ষার। এখন আমরা জানি যে, জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নটি একটি জলাণুর সাথে যুক্ত হয়ে H_3O^+ আয়ন হিসেবে অবস্থান করে। জলের আয়নীকরণ বিক্রিয়া হলো :

$$2\,H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$$

অতএব অ্যারহেনিয়াসের ধারণা অনুসারে এসিড জলীয় দ্রবণে জলাণুর স্বআয়নীকরণ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত ধনাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে। একই যুক্তিতে বলা যায় অজলীয় দ্রাবকে যেসব দ্রবীভূত বস্তু ঐ দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত ধনাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে তারা এসিড হিসেবে আচরণ করবে। তরল অ্যামোনিয়ার স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া হলো :

$$2\,NH_3 \rightleftarrows NH_4^+ + NH_2^-$$

অতএব যে কোনো অ্যামোনিয়াম লবণ তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে এসিড ধর্ম প্রকাশ করবে, কারণ অ্যামোনিয়াম লবণ দ্রবণে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ধনাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে। যেমন :

$$NH_4Cl \rightleftarrows NH_4^+ + Cl^-$$

জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষার হয়, কারণ এরা জলাণুর স্বআয়নীকরণ থেকে প্রাপ্ত OH^- আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে। অনুরূপ যুক্তিতে বলা যায় যেসব পদার্থ

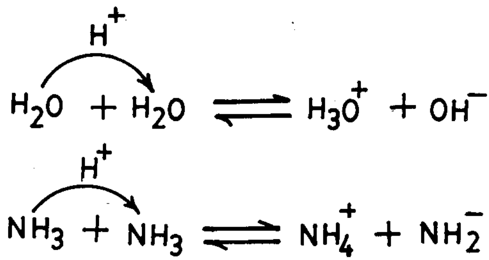
অজলীয় দ্রাবকে ঐ দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যমূলক ঋণাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে তারা ক্ষার। এজন্য তরল অ্যামোনিয়া দ্রাবকে ধাতব এমাইডসমূহ ক্ষার হয়। উদাহরণ :

$$NaNH_2 \rightleftarrows Na^+ + NH_2^-$$

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে দ্রবীভূত ফ্লোরাইড লবণসমূহ ঐ দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত HF_2^- আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে। এজন্য এ দ্রাবকে ফ্লোরাইড লবণসমূহ ক্ষার।

$$3\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + HF_2^-$$
$$NaF + HF \rightleftarrows Na^+ + HF_2^-$$

এসিড এবং ক্ষার সম্পর্কে ব্রনস্টেড (Bronsted) এবং লোরি (Lowry) এর ধারণা হলো এসিডগুলি প্রোটন দাতা এবং ক্ষারসমূহ প্রোটন গ্রহীতা। এ ধারণা অ্যারহেনিয়াসের ধারণার সাথে সঙ্গতিপূর্ণ, এখানে দুটি দ্রাবক অণুর মধ্যে একটি প্রোটনের স্থানান্তর ঘটে :



ব্রনস্টেড এবং লোরির ধারণা থেকে দ্রাবকসমূহকে এসিডীয় এবং ক্ষারীয় এ দুই শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যেসব দ্রাবকের প্রোটন গ্রহণের প্রবণতা কম তারা এসিড এবং যাদের প্রোটন গ্রহণের প্রবণতা বেশি তারা ক্ষার। হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়া দ্রাবক দুটিকে উদাহরণ হিসেবে নিয়ে এদেরকে এ দুই শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড একটি অতিমাত্রায় এসিডীয় দ্রাবক, কারণ এর প্রোটন গ্রহণের প্রবণতা খুবই কম (কিন্তু প্রোটন দানের প্রবণতা খুব বেশি) ; অন্যদিকে অ্যামোনিয়া একটি অতিমাত্রায় ক্ষারীয় দ্রাবক, কারণ এর প্রোটন গ্রহণের প্রবণতা খুব বেশি। যেসব বস্তু জলীয় দ্রবণে এসিড হয় তারাও অনেকে হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে ক্ষার ধর্ম প্রকাশ করে। কারণ হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড এসব বস্তু থেকে প্রোটন গ্রহণের পরিবর্তে এদেরকেই প্রোটন গ্রহণে বাধ্য করে। উদাহরণ :

$$2\,HF + CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COOH_2^+ + HF_2^-$$
(এসিড) (ক্ষার)

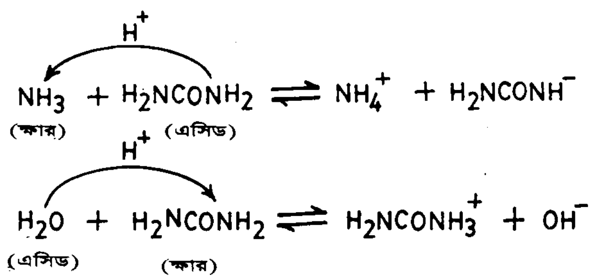
$$2\,HF + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HF_2^-$$
(এসিড) (ক্ষার)

প্রায় সব প্রোটনিক যৌগ থেকে অ্যামোনিয়া প্রোটন গ্রহণ করে। এজন্য সব প্রোটনিক বস্তুই অ্যামোনিয়া দ্রবণে এসিড হয়। উদাহরণ :

$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$
(ক্ষার) (এসিড)

$NH_3 + H_2NCONH_2 \rightleftarrows NH_4^+ + H_2NCONH^-$
(ক্ষার) (এসিড)

প্রকৃতপক্ষে এসিডগুলির জন্য অ্যামোনিয়া একটি শক্তি–সমতাকারী দ্রাবক (levelling solvent) এবং জলীয় দ্রবণে যেসব এসিডের বিযোজন ধ্রুবকের মান 10^{-5} এর চেয়ে বেশি তারা অ্যামোনিয়া দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে NH_4^+ আয়ন এবং তাদের নিজস্ব ঋণাত্মক আয়নে বিশ্লেষিত অবস্থায় থাকে। উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, ব্রনস্টেড এবং লোরির ধারণা অনুসারে একটি নির্দিষ্ট বস্তু কোনো এক দ্রাবকে এসিড এবং অন্য আর একটি দ্রাবকে ক্ষার ধর্ম প্রকাশ করতে পারে। নিচে তরল অ্যামোনিয়া এবং জলীয় দ্রবণে ইউরিয়ার এরূপ আচরণ উদাহরণ হিসেবে দেখানো হয়েছে।



উপরে আলোচিত দুটি তত্ত্বেই দ্রবীভূত বস্তুর এসিড এবং ক্ষার ধর্মকে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক আয়নের সাথে সম্পর্কিত করা হয়েছে। আয়নীকারক অপ্রোটনিক দ্রাবকগুলির ক্ষেত্রেও এ ধারণা প্রসারিত করা যায়। যে কোনো বস্তু যা দ্রবীভূত অবস্থায় দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ধনাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে তা এসিড এবং যা ঋণাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে তা ক্ষার। নিচে কয়েকটি অপ্রোটনিক দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া দেখানো হয়েছে :

$NOCl \rightleftarrows NO^+ + Cl^-$

$N_2O_4 \rightleftarrows NO^+ + NO_3^-$

$2\,BrF_3 \rightleftarrows BrF_2^+ + BrF_4^-$

তরল NOCl এবং N_2O_4 উভয় দ্রাবকে $NOClO_4$ দ্রাবক দুটির বৈশিষ্ট্যসূচক ধনাত্মক আয়ন NO^+ আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে। এজন্য এ দ্রাবক দুটিতে $NOClO_4$ এসিড ধর্ম প্রকাশ করে।

$NOClO_4 \rightleftarrows NO^+ + ClO_4^-$

NOCl দ্রাবকে Me_4NCl একটি ক্ষার কারণ এটি দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ঋণাত্মক আয়ন Cl^- এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে।

$$Me_4NCl \rightleftarrows Me_4N^+ + Cl^-$$

N_2O_4 দ্রাবকে ধাতব নাইট্রেট লবণসমূহ NO_3^- আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে। এজন্য এ দ্রাবকে ধাতব নাইট্রেটগুলি ক্ষার ধর্ম প্রকাশ করে।

$$NaNO_3 \rightleftarrows Na^+ + NO_3^-$$

তরল BrF_3 দ্রাবকে SbF_5 একটি এসিড কিন্তু KF একটি ক্ষার, কারণ এরা দ্রবীভূত অবস্থায় এ দ্রাবকের যথাক্রমে ধনাত্মক আয়ন (BrF_2^+) এবং ঋণাত্মক আয়ন (BrF_4^-) এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে :

$$BrF_3 + SbF_5 \rightleftarrows BrF_2^+ + SbF_6^-$$
$$BrF_3 + KF \rightleftarrows K^+ + BrF_4^-$$

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে সংঘটিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া (Different Types of Reactions that Occur in Ionizing Solvents)

আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে নিচের ছয়টি শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায় :

১। **সাধারণ এসিড–ক্ষার বিক্রিয়া** (Simple acid–base reactions) : এ বিক্রিয়াগুলিতে একটি এসিড একটি ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে একটি লবণ এবং দ্রাবক উৎপন্ন করে। নিচে বিভিন্ন আয়নীকারক দ্রাবকে এসিড–ক্ষার বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{HCl} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{NaOH} \xrightleftharpoons{H_2O} \underset{\text{(লবণ)}}{NaCl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{NH_4Cl} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{NaNH_2} \xrightleftharpoons{\text{তরল } NH_3} \underset{\text{(লবণ)}}{NaCl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\,NH_3}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{SOCl_2} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Cs_2SO_3} \xrightleftharpoons{\text{তরল } SO_2} \underset{\text{(লবণ)}}{2CsCl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\,SO_2}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{NOCl} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{AgNO_3} \xrightleftharpoons{\text{তরল } N_2O_4} \underset{\text{(লবণ)}}{AgCl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{N_2O_4}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{HCl} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{[N(C_2H_5)_3H]SH} \overset{\text{তরল } H_2S}{\rightleftarrows} \underset{\text{(লবণ)}}{[N(C_2H_5)_3H]Cl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{H_2S}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{HCl} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{CH_3COONa} \overset{CH_3COOH}{\rightleftarrows} \underset{\text{(লবণ)}}{NaCl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{CH_3COOH}$$

২। **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া** (Precipitation reactions) : রসায়নাগারের একটি অতি পরিচিত রাসায়নিক বিক্রিয়া হলো দুটি যৌগের পরিষ্কার দ্রবণের মিশ্রণের ফলে একটি অদ্রবণীয় যৌগের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি। কোনো একটি নির্দিষ্ট দ্রাবকে সম্ভাব্য উৎপন্ন বস্তুগুলির দ্রাব্যতার উপর এরূপ বিক্রিয়া নির্ভর করে এবং ঐ দ্রাবকে আয়নগুলির সলভেশান শক্তির মানের উপর বস্তুগুলির দ্রাব্যতা নির্ভর করে। অতএব অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া ব্যবহৃত দ্রাবকের প্রকৃতির উপর বিশেষভাবে নির্ভরশীল হয়।

বেরিয়াম ক্লোরাইড এবং সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করলে সাথে সাথে সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় :

$$BaCl_2 + 2\,AgNO_3 \xrightarrow{H_2O} \underset{\text{(অধঃক্ষেপ)}}{2\,AgCl} + Ba(NO_3)_2$$

কিন্তু তরল অ্যামোনিয়ায় সিলভার ক্লোরাইড এবং বেরিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ মিশ্রিত করলে বেরিয়াম ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় :

$$Ba(NO_3)_2 + 2\,AgCl \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} \underset{\text{(অধঃক্ষেপ)}}{BaCl_2} + 2\,AgNO_3$$

৩। **লবণ গঠন বিক্রিয়া** (Salt formation reactions) : সঠিক অজলীয় দ্রাবক ব্যবহার করে এমন কতকগুলি লবণ প্রস্তুত করা যায় যাদেরকে অন্য দ্রাবক ব্যবহার করে প্রস্তুত করা যায় না। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

(ক) সোডিয়াম ইউরাইড, $Na[H_2NCONH]$, প্রস্তুতকরণ : ইউরিয়া একটি অতি দুর্বল এসিড। জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম ইউরাইড তৈরি করা যায় না, কারণ এ দ্রাবকে NaOH এর মত অতি শক্তিশালী ক্ষারও ইউরিয়া থেকে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে না। সোডিয়াম ইউরাইড জলীয় দ্রবণে ইউরিয়া এবং সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় :

$$Na[H_2NCONH] + H_2O \xrightarrow{\text{জল}} H_2NCONH_2 + NaOH$$

কিন্তু তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে সোডিয়াম অ্যামাইডের সাথে ইউরিয়ার বিক্রিয়া করে অতি সহজেই এ লবণ তৈরি করা যায় :

$$H_2NCONH_2 + NaNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Na[H_2NCONH] + NH_3$$

(খ) ফসফোনিয়াম লবণ প্রস্তুতকরণ : ফসফোনিয়াম লবণকে জলে দ্রবীভূত করলে ফসফোনিয়াম আয়ন পাওয়া যায় না। ফসফোনিয়াম আয়ন অতি দ্রুত জলাণুকে একটি প্রোটন ছেড়ে দিয়ে নিজে ফসফিন গ্যাসে পরিণত হয় :

$$PH_4^+ + H_2O \xrightarrow{\text{জল}} PH_3 + H_3O^+$$

কিন্তু শক্তিশালী এসিডীয় দ্রাবক তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে ফসফিন একটি তীব্র ক্ষার। এ দ্রাবকে সহজেই ফসফোনিয়াম লবণ তৈরি করা যায় :

$$PH_3 + HCl \xrightarrow{\text{তরল } HCl} PH_4^+ + Cl^-$$
$$\downarrow BCl_3$$
$$PH_4^+[BCl_4]^-$$

(গ) নাইট্রোসোনিয়াম টেট্রাক্লোরোবোরেট, $NO^+[BCl_4]^-$ প্রস্তুতকরণ : জলীয় দ্রবণে এ লবণ তৈরি করা যায় না, কারণ এ দ্রাবকে অতি শক্তিশালী এসিড NO^+ সুস্থিত নয়। এটি জলাণুর সাথে বিক্রিয়া করে অতি দ্রুত নাইট্রাস এসিডে পরিণত হয় :

$$NO^+ + 2\,H_2O \rightarrow HONO + H_3O^+$$

কিন্তু তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে নাইট্রোসিল ক্লোরাইড একটি দুর্বল ক্ষার। এ দ্রাবকে NOCl এবং BCl_3 এর বিক্রিয়া থেকে সহজেই $NO^+[BCl_4]^-$ লবণ তৈরি করা যায় :

$$NOCl \xrightarrow{\text{তরল } HCl} NO^+ + Cl^- \xrightarrow{BCl_3} NO^+[BCl_4]^-$$

৪। **সলভোলাইসিস বা দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া** (Solvolysis reactions) : যে বিক্রিয়ায় দ্রবণীয় পদার্থের সাথে বিক্রিয়ার জন্য দ্রাবক অণু দুই অংশে বিভক্ত হয় এবং উভয় অংশ বা একাংশের সাথে দ্রবণীয় পদার্থ সংযুক্ত হয় তাকে সলভোলাইসিস বা দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া বলা হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়ার

বৈশিষ্ট্যমূলক ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। যেসব দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ ঘটে না তারা দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় অংশ নেয় না। নিচে বিভিন্ন দ্রাবকে কয়েকটি দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হলো :

দ্রাবক : জল

স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া : $2\,H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$

দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

$$Cl_2 + 2\,H_2O \rightarrow HOCl + H_3O^+ + Cl^-$$
$$BCl_3 + 6\,H_2O \rightarrow H_3BO_3 + 3\,H_3O^+ + 3\,Cl^-$$
$$SOCl_2 + 4\,H_2O \rightarrow SO(OH)_2 + 2\,H_3O^+ + 2\,Cl^-$$

দ্রাবক : অ্যামোনিয়া

স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া : $2NH_3 \rightleftarrows NH_4^+ + NH_2^-$

দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

$$Cl_2 + 2\,NH_3 \rightarrow H_2NCl + NH_4^+ + Cl^-$$
$$BCl_3 + 6\,NH_3 \rightarrow B(NH_2)_3 + 3\,NH_4^+ + 3\,Cl^-$$
$$SOCl_2 + 4\,NH_3 \rightarrow SO(NH_2)_2 + 2\,NH_4^+ + 2\,Cl^-$$

দ্রাবক : হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড

স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া : $3\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + HF_2^-$

দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

$$BCl_3 + 3\,HF \rightarrow BF_3 + 3\,HCl$$
$$PCl_5 + 5\,HF \rightarrow PF_5 + 5\,HCl$$
$$SOCl_2 + 2\,HF \rightarrow SOF_2 + 2\,HCl$$

দ্রাবক : সালফিউরিক এসিড

স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া : $2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HSO_4^-$

দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

$$BCl_3 + 5\,H_2SO_4 \rightarrow B(HSO_4)_4^- + H_3SO_4^+ + 3\,HCl$$
$$HNO_3 + 2\,H_2SO_4 \rightarrow NO_2^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$$

দ্রাবক : ব্রোমিন ট্রাইফ্লোরাইড

স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া : $2\,BrF_3 \rightleftarrows BrF_2^+ + BrF_4^-$

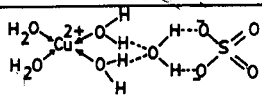
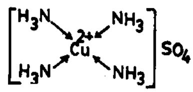
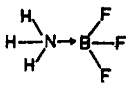
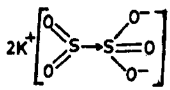
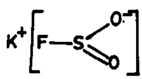
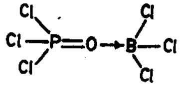
দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া :

$$BCl_3 + 4\,BrF_3 \rightarrow BrF_2^{+}BF_4^{-} + 3\,BrF + 3\,ClF$$

$$SbCl_5 + 6\,BrF_3 \rightarrow BrF_2^{+}SbF_6^{-} + 5\,BrF + 5\,ClF$$

৫। **দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া** (Solvation reactions) : অনেক সময় দেখা যায় কোনো দ্রাবকে একটি দ্রাব দ্রবীভূত করে অতিরিক্ত দ্রাবককে দূর করলেও দ্রাবের সাথে কিছু সংখ্যক দ্রাবক অণু সন্নিবেশ বন্ধন, হাইড্রোজেন বন্ধন অথবা আয়নডাইপোল আকর্ষণ বলের মাধ্যমে যুক্ত থাকে। দ্রাবের সাথে এভাবে দ্রাবক অণু যুক্ত হওয়াকে দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া বলা হয়। দ্রাবকযুক্ত কঠিন দ্রাবটিকে সলভেট (Solvate) বলা হয়। সলভেট ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আয়ন এবং প্রশম অণু হতে পারে। ১.৬ সারণিতে বিভিন্ন দ্রাবকের সাথে কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ তাদের গাঠনিক বিন্যাসসহ দেখানো হলো।

সারণি ১.৭ : কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ।

দ্রাবক	সলভেট	গাঠনিক বিন্যাস
H_2O	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	
NH_3	$CuSO_4 \cdot 4NH_3$	
NH_3	$NH_3 \cdot BF_3$	
SO_2	$K_2SO_3 \cdot SO_2$	
SO_2	$KF \cdot SO_2$	
HF	KF.HF	$K^{+}[F—H—F]^{-}$
$POCl_3$	$POCl_3 \cdot BCl_3$	
BrF_3	$KF.BrF_3$	$K^{+}\,BrF_4^{-}$

BANSDOC Library
Accession No. ১৬৩২১

৬। **রিডক্স বিক্রিয়া** (Redox reactions) : সাধারণভাবে জলীয় দ্রবণের মত অজলীয় দ্রবণেও রিডক্স বিক্রিয়া ঘটানো যায়। কিন্তু একটি দ্রাবক নিজেই কোনো রিডক্স বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে। যেমন হাইড্রোজেন অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক পদার্থসমূহ জলকে বিজারিত

করতে পারে, এজন্য জলীয় দ্রবণে বিজারণ বিক্রিয়া ঘটানো যায় না অথচ এ দ্রাবকে সহজে জারণ বিক্রিয়া ঘটানো যায়। তরল অ্যামোনিয়ার ক্ষেত্রে এর বিপরীত অবস্থা ঘটে। অ্যামোনিয়া সহজে বিজারিত হয় না, কিন্তু জারিত হয়। এজন্য অ্যামোনিয়া দ্রবণে বিজারণ বিক্রিয়া চালানো যায়। কিন্তু জারণ বিক্রিয়া ঘটানো যায় না। অতএব দেখা যায় জারণ বিক্রিয়ার জন্য জল এবং বিজারণ বিক্রিয়ার জন্য তরল অ্যামোনিয়া ভাল মাধ্যম। অন্যদিকে তরল সালফার ডাই-অক্সাইড সহজে জারিত বা বিজারিত হয় না। এজন্য এটি জারণ এবং বিজারণ উভয় বিক্রিয়ার জন্য একটি ভাল মাধ্যম। অজলীয় দ্রাবকগুলির মধ্যে তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড জারণ বিক্রিয়ার জন্য একটি উৎকৃষ্ট মাধ্যম। তরল সালফার ডাইঅক্সাইডে ঘটানো যায় এরূপ কয়েকটি রিডক্স বিক্রিয়া নিচে দেখানো হলো :

$$2\,FeCl_3 + 2\,KI \xrightarrow{\text{তরল } SO_2} 2\,FeCl_2 + 2\,KCl + I_2$$

$$2\,NOCl + 2\,KI \xrightarrow{\text{তরল } SO_2} 2\,NO + I_2 + 2\,KCl$$

$$NOCl + NaN_3 \xrightarrow{\text{তরল } SO_2} N_2O + N_2 + NaCl$$

প্রশ্নমালা

১। দ্রাবকসমূহের শ্রেণিবিভাগ আলোচনা কর এবং আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের ধর্মগুলি বিস্তারিত বর্ণনা কর।

কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যেগুলি জলীয় দ্রাবকে ঘটানো সম্ভব নয় কিন্তু অজলীয় দ্রাবকে ঘটানো যায়।

২। প্রোটন গ্রহণের প্রবণতার উপর নির্ভর করে দ্রাবকসমূহকে কত ভাগে ভাগ করা যায়? প্রত্যেকটির উদাহরণ দাও।

৩। ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক কি? আয়নিক যৌগের দ্রাব্যতার উপর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের প্রভাব আলোচনা কর।

৪। মেরুপ্রবণ দ্রাবকে আয়নিক যৌগ এবং আংশিক আয়নিক প্রকৃতিবিশিষ্ট সমযোজী যৌগ কিভাবে দ্রবীভূত হয় তা আলোচনা কর। এরূপ দ্রাবকে বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগ দ্রবীভূত হয় না কেন?

৫। সলভেশান শক্তি কি? আয়ন সলভেশানের মুক্ত শক্তির উপর আয়নিক ব্যাসার্ধ এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের প্রভাব আলোচনা কর।

তরল অ্যামোনিয়া (ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক = 23) দ্রবণে Na^+ (আয়নিক ব্যাসার্ধ = 0.98Å) আয়নের সলভেশান শক্তি বোর্ন সমীকরণ ব্যবহার করে হিসাব কর।

৬। আয়নীকারক দ্রাবকে আয়নিক যৌগের সলভেশান শক্তির উৎসগুলি আলোচনা কর।

তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে নিচের প্রতি জোড়া যৌগের মধ্যে কোনটির দ্রাব্যতা বেশি হবে?

(ক) $LiNO_3$ এবং $NaNO_3$

(খ) NaCl এবং NaI

(গ) Na_2SO_4 এবং $NaNO_3$

(ঘ) Na_2SO_4 এবং $CuSO_4$

৭। স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া কি? নিচের প্রতিটি দ্রাবকের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও :

$$NH_3, HF, BrF_3, CH_3COOH, C_2H_5OH, N_2O_4$$

এ দ্রাবকগুলির প্রতিটির জন্য একটি এসিড এবং একটি ক্ষারের উদাহরণ দাও এবং দ্রবণে এরা এসিড বা ক্ষার ধর্ম দেখায় কেন তা ব্যাখ্যা কর।

৮। সালফার ডাই-অক্সাইডের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া কি? এরূপ আয়নীকরণের পক্ষে এবং বিপক্ষে প্রমাণ উল্লেখ কর।

তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে কয়েকটি রিডক্স বিক্রিয়া সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

৯। দ্রাবক বিশ্লেষণ কি? নিচের প্রতিটি দ্রাবকের জন্য দুটি করে দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও :

$$NH_3, HF, H_2SO_4, BF_3, CH_3OH$$

১০। দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া কি? সলভেটসমূহে দ্রাবের সাথে দ্রাবক অণু কিরূপ বন্ধন গঠন করে?

নিচে উল্লেখিত প্রতিটি দ্রাবকের একটি করে সলভেটের উদাহরণ তাদের গাঠনিক বিন্যাসসহ উল্লেখ কর :

$$NH_3, SO_2, HF, POCl_3, BrF_3$$

১১। তরল হাইড্রোজেন সালফাইড দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

১২। তরল N_2O_4 দ্রাবকে একটি এসিড এবং একটি ক্ষারের উদাহরণ দাও এবং তাদের প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

১৩। রিডক্স বিক্রিয়া কি? তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে জারণ বিক্রিয়া ঘটানো যায় না, কিন্তু বিজারণ বিক্রিয়ার জন্য এটি একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। কারণ ব্যাখ্যা কর।

১৪। জলকে একটি সর্বজনীন দ্রাবক বলা হয় কেন? জলের অনুরূপ আচরণবিশিষ্ট কয়েকটি অজলীয় দ্রাবকের উল্লেখ কর এবং জলের দ্রাবক প্রকৃতির সাথে এদের দ্রাবক প্রকৃতির মিল দেখাও।

১৫। কোনো দ্রাবকের দ্রাবক শক্তি কিভাবে পরিমাপ করা যায় তা আলোচনা কর।

১৬। আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে দ্রবীভূত পদার্থের এসিড এবং ক্ষার ধর্ম সম্পর্কে আলোচনা কর।

১৭। সোডিয়াম ইউরাইড এবং ফসফোনিয়াম লবণসমূহ জলীয় দ্রবণে প্রস্তুত করা যায় না কেন? এ লবণগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

১৮। [NO][BCl_4] লবণটি কিভাবে প্রস্তুত করবে? জলীয় দ্রবণে এটি তৈরি করা যায় না কেন?

১৯। যে উপাদানগুলির উপর আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের ধর্ম নির্ভর করে সেগুলি আলোচনা কর এবং দ্রাবকের দ্রাবক ক্ষমতা নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

২০। জলীয় দ্রবণে এনিলিন এত দুর্বল ক্ষার যে, কোনো এসিড দিয়ে সন্তোষজনকভাবে টাইট্রেশন করা যায় না, কিন্তু বিশুদ্ধ এসিটিক এসিড দ্রবণে একে পারক্লোরিক এসিডের সাথে সন্তোষজনকভাবে টাইট্রেশন করা যায়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

১৬। আয়নীকারক দ্রাবকসমূহে দ্রবীভূত পদার্থের এসিড এবং ক্ষার ধর্ম সম্পর্কে আলোচনা কর।

১৭। সোডিয়াম ইউরাইড এবং ফসফোনিয়াম লবণসমূহ জলীয় দ্রবণে প্রস্তুত করা যায় না কেন? এ লবণগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

১৮। [NO][BCl_4] লবণটি কিভাবে প্রস্তুত করবে? জলীয় দ্রবণে এটি তৈরি করা যায় না কেন?

১৯। যে উপাদানগুলির উপর আয়নীকারক দ্রাবকসমূহের ধর্ম নির্ভর করে সেগুলি আলোচনা কর এবং দ্রাবকের দ্রাবক ক্ষমতা নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

২০। জলীয় দ্রবণে এনিলিন এত দুর্বল ক্ষার যে, কোনো এসিড দিয়ে সন্তোষজনকভাবে টাইট্রেশন করা যায় না, কিন্তু বিশুদ্ধ এসিটিক এসিড দ্রবণে একে পারক্লোরিক এসিডের সাথে সন্তোষজনকভাবে টাইট্রেশন করা যায়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

দ্বিতীয় অধ্যায়
অজলীয় প্রোটনিক দ্রাবকসমূহ
(Nonaqueous Protonic Solvents)

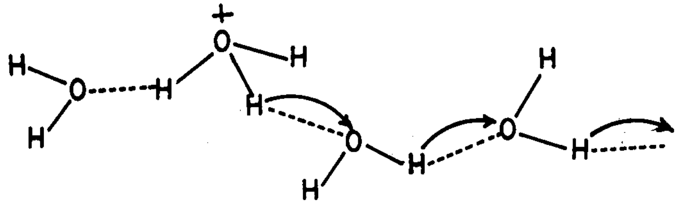
তরল অ্যামোনিয়া (Liquid Ammonia)

সকল অজলীয় দ্রাবকের মধ্যে সম্ভবত তরল অ্যামোনিয়াই সর্বাধিক পঠিত হয়েছে। এর গলনাংক —78 ^0C এবং স্ফুটনাংক—33 ^0C, অতএব —78^0C থেকে — 33 ^0C পর্যন্ত 45 ^0C তাপমাত্রায় সীমানার মধ্যে একে তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। এর ঘনত্ব 0.69 g/cm^3 (–40 ^0C উষ্ণতায়) এবং সান্দ্রতা 0.25 cp (–33 ^0C উষ্ণতায়)। ফলে এটি জল অপেক্ষা হালকা এবং কম সান্দ্র। —33 ^0C উষ্ণতায় এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান 23 এবং আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা 5×10^{-11} ohm^{-1} cm^{-1} (জলের ক্ষেত্রে এ মান 10^{-7})। বিশুদ্ধ অবস্থাতেও এটি কিছু পরিমাণে NH_4^+ এবং NH_2^- আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে ; স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়ার জন্য এর আয়নীকরণ ধ্রুবক K_{ion} এর মান 5×10^{-27}। এর নিম্ন

$$2NH_3 \rightleftarrows NH_4^+ + NH_2^-$$

$$K_{ion} = \frac{[NH_4^+] \times [NH_2^-]}{[NH_3]^2}$$

স্ফুটনাংক থেকে ধারণা করা যায় যে, তরল অ্যামোনিয়ায় উপস্থিত হাইড্রোজেন বন্ধন জলে উপস্থিত হাইড্রোজেন বন্ধনের তুলনায় অনেক দুর্বল। তরল অ্যামোনিয়ায় NH_4^+ এবং NH_2^- আয়নগুলির সচলতা ক্ষার ধাতু এবং হ্যালাইড আয়নগুলির সচলতার প্রায় সমান, যা জলে H_2O^+ এবং OH^- আয়নগুলির সচলতা থেকে অনেক কম। শক্তিশালী হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে জলে প্রোটন–সুইচ কৌশলে (proton – switch mechanism) (চিত্র ২.১) H_3O^+ এবং OH^- আয়ন বিদ্যুৎ প্রবাহ চালাতে পারে যা তরল অ্যামোনিয়ায় NH_4^+ এবং NH_2^- আয়নের জন্য প্রযোজ্য হয় না।



চিত্র ২.১ : প্রোটন সুইচ কৌশল।

ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান অপেক্ষাকৃত কম (জলের উক্ত মানের $\frac{1}{3}$ অংশ) হওয়ার জন্য অজৈব লবণগুলির দ্রাব্যতা জলের তুলনায় তরল অ্যামোনিয়ায় কম হয়। যে সব লবণে আয়নগুলির চার্জ বেশি তারা তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয় না। ল্যাটিস শক্তির মান এ লবণগুলির ক্ষেত্রে অতি উচ্চ হয় বলেই এরূপ হয়। এজন্য অধিকাংশ সালফেট, কার্বোনেট এবং ফসফেট লবণ তরল অ্যামোনিয়ায় অদ্রবণীয় হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে কেবল ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানের উপর ভিত্তি করে লবণগুলির যেরূপ দ্রাব্যতা আশা করা যায় তাদের প্রকৃত দ্রাব্যতা তার চেয়ে বেশি হয়। এসব ক্ষেত্রে দ্রাব এবং দ্রাবকের মধ্যে দুটি পৃথক ধরনের পারস্পরিক ক্রিয়ার ফলে দ্রাব্যতা বেশি হয়। এদের একটি হলো, কিছু ধাতব আয়ন (যেমন Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ag^{+} ইত্যাদি) এবং অ্যামোনিয়া অণুর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টির মাধ্যমে জটিল আয়ন গঠন। এ কারণে এ ধাতব আয়নগুলির লবণ তরল অ্যামোনিয়ায় অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। সিলভার ক্লোরাইডের কথা ধরা যাক। এটি জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়া অণু AgCl এর সাথে $[Ag(NH_3)_2]Cl$ জটিল যৌগ গঠন করে AgCl-কে তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত করে।

$$AgCl + 2\,NH_3 \rightleftarrows [Ag(NH_3)_2]^{+}Cl^{-}$$

দ্বিতীয়টি হলো অধিক মেরুকরণযোগ্য (polarizable) ঋণাত্মক আয়নগুলির সাথে মেরুকরণকারী এবং মেরুকরণযোগ্য (polarizing and polarizable) অ্যামোনিয়া অণুর পারস্পরিক ক্রিয়া। এ কারণেই নাইট্রেট, আয়োডাইড এবং থায়োসায়ানেট লবণগুলি অধিক মাত্রায় দ্রবণীয় হয়। অ্যামোনিয়াম লবণগুলির দ্রাব্যতাও খুব বেশি। দ্রাবক অ্যামোনিয়া অণুগুলির সাথে অ্যামোনিয়াম আয়ন সহজে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে পারে বলে এদের দ্রাব্যতা বেশি হয়। ২.১ সারণিতে তরল অ্যামোনিয়ায় অনেকগুলি লবণের দ্রাব্যতা দেখানো হয়েছে।

সাধারণভাবে জৈব যৌগগুলি জল অপেক্ষা তরল অ্যামোনিয়ায় অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। বেনজিন, টলুইন, ফেনল, মিথাইল অ্যালকোহল, ইথাইল অ্যালকোহল, গ্লাইকল, গ্লিসারিন, গ্লুকোজ, চিনি, ইথার, অ্যামিনসমূহ, এস্টারসমূহ এবং বিষম চাক্রিক নাইট্রোজেন যৌগসমূহ তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয়।

দ্রাবক হিসেবে তরল অ্যামোনিয়ার সুবিধাসমূহ (Advantages of Liquid Ammonia as a Solvent) :

১। তরল অ্যামোনিয়ায় ক্ষার ধাতুসমূহ কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া না করেই দ্রবীভূত হয় এবং বাষ্পীভূত করে অ্যামোনিয়া দূর করলেই ধাতুগুলিকে অবিকৃত অবস্থায় ফিরে পাওয়া যায়। দ্রাবক হিসেবে এটিই তরল অ্যামোনিয়ার সবচেয়ে বড় সুবিধা।

২। হাইড্রোজেন অপেক্ষা শক্তিশালী কোনো বিজারক জলীয় দ্রবণে ব্যবহার করা যায় না, কারণ এটা জলের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। কিন্তু অ্যামোনিয়া সহজে বিজারিত হয় না। এজন্য বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যম হিসেবে তরল অ্যামোনিয়া একটি ভাল দ্রাবক।

৩। দ্রবীভূত পদার্থের সাথে সলভোলাইসিস বিক্রিয়া ঘটানোর প্রবণতা জল থেকে অ্যামোনিয়ার কম।

সারণি ২.১ : 25 ^{0}C উষ্ণতায় তরল অ্যামোনিয়ায় বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা (g/100g NH_3)।

লবণ	দ্রাব্যতা	লবণ	দ্রাব্যতা
NH_4Cl	102.5	Na_2SO_4	0.0
NH_4Br	238	$Na_2S_2O_3$	0.2
NH_4I	368.5	$NaNH_2$	0.004
NH_4SCN	312	KCl	0.04
NH_4NO_3	390	KBr	13.5
NH_4ClO_4	138	KI	182
CH_3COONH_4	253	KNO_3	10.4
$(NH_4)_2S$	120	K_2CO_3	0.0
$(NH_4)_2CO_3$	0.0	K_2SO_4	0.0
$(NH_4)_2SO_3$	0.0	KNH_2	3.6
$(NH_4)_2HPO_4$	0.0	AgCl	0.83
$LiNO_3$	243.7	AgBr	5.9
Li_2SO_4	0.0	AgI	206.8
NaF	0.35	$AgNO_3$	86
NaCl	3.0	$Ca(NO_3)_2$	80.2
NaBr	138	$Ba(NO_3)_2$	97.2
NaI	161.9	$BaCl_2$	0.0
NaSCN	205.5	$Sr(NO_3)_2$	87.1
$NaNO_3$	97.6		

দ্রাবক হিসেবে তরল অ্যামোনিয়ার অসুবিধাসমূহ (Disadvantages of Liquid Ammonia as a Solvent)

১। তরল অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাংক $-33\ ^0C$, অতএব স্বাভাবিক চাপে একে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করতে হলে $-33\ ^0C$ এর নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়া চালাতে হয়। উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে অবশ্য স্বাভাবিক তাপমাত্রায়ও একে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

২। তরল অ্যামোনিয়া সহজে জলীয় বাষ্প শোষণ করে। অতএব বিক্রিয়া চলাকালে অ্যামোনিয়া যেন জলীয় বাষ্প শোষণ করতে না পারে তার জন্য বিশেষ ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হয়।

৩। অ্যামোনিয়া সহজেই জারিত হয়। এজন্য এ মাধ্যমে জারণ বিক্রিয়া ঘটানো যায় না।

তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া (Different Types of Reactions in Liquid Ammonia)

নিম্নলিখিত বিভিন্ন প্রকারের রাসায়নিক বিক্রিয়া তরল অ্যামোনিয়া দ্রাবকে চলতে পারে :

১। **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া** (Precipitation reactions) : বিভিন্ন বস্তুর দ্রাব্যতা জল এবং তরল অ্যামোনিয়াতে পৃথক হওয়ার কারণে অনেক অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া যা জলীয় দ্রবণে সম্ভব হয় না তা তরল অ্যামোনিয়াতে ঘটতে পারে। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$KNO_3 + AgCl \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} KCl\ (\downarrow) + AgNO_3$$

$$KI + NH_4Cl \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} KCl\ (\downarrow) + NH_4I$$

$$Ba(NO_3)_2 + 2\,AgCl \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} BaCl_2\ (\downarrow) + 2\,AgNO_3$$

$$Sr(NO_3)_2 + 2\,NH_4Cl \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} SrCl_2\ (\downarrow) + 2\,NH_4NO_3$$

$$Zn(NO_3)_2 + 2\,NH_4I \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} ZnI_2\ (\downarrow) + 2\,NH_4NO_3$$

$$Cd(NO_3)_2 + (NH_4)_2S \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} CdS\ (\downarrow) + 2\,NH_4NO_3$$

২। **এসিড-ক্ষার বিক্রিয়া** (Acid-base reactions) : তরল অ্যামোনিয়ায় কিছু পরিমাণে নিচের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া ঘটে এবং NH_4^+ ও NH_2^- আয়ন সৃষ্টি হয় :

$$2\,NH_3 \rightleftarrows NH_4^+ + NH_2^-$$

অতএব তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে সকল অ্যামোনিয়াম লবণ এসিড এবং সকল ধাতব অ্যামাইড ক্ষার হয়। একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো :

$$NH_4NO_3 + KNH_2 \rightarrow KNO_3 + 2\,NH_3$$

(এসিড) (ক্ষার) (লবণ) (দ্রাবক)

এরূপ বিক্রিয়ার অগ্রগতি কনডাকটিমেট্রিক (conductimetric) বা পোটেনসিওমেট্রিক (potentiometric) ট্রাইট্রেশান করে অনুসরণ করা যায়। কোনো একটি সুবিধাজনক নির্দেশক (indicator), যেমন ফেনলফথালিন, ব্যবহার করেও এ বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করা যায়। তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত অ্যামোনিয়াম লবণগুলি এসিড হিসেবে কাজ করে। এরা সক্রিয় ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :

$$2\,Na + 2\,NH_4Cl \rightarrow 2\,NaCl + 2\,NH_3 + H_2$$

ম্যাগনেসিয়াম সিলিসাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম জার্মানাইডের সাথে বিক্রিয়া করে সিলিকন হাইড্রাইড এবং জার্মানিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন করে :

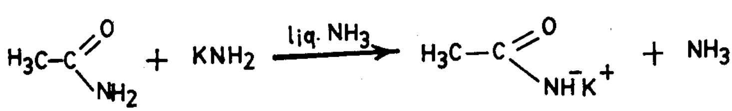
$$Mg_xSi_y + NH_4Br \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} SiH_4$$

$$Mg_xGe_y + NH_4Br \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} GeH_4$$

সোডিয়াম আর্সেনাইডও তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইডের সাথে বিক্রিয়া করে আর্সিন তৈরি করে :

$$Na_3As + 3\,NH_4Br \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} AsH_3 + 3\,NaBr + 3\,NH_3$$

তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত পটাসিয়াম অ্যামাইড এবং অন্যান্য ক্ষার ধাতুর অ্যামাইডগুলি শক্তিশালী ক্ষার হিসেবে কাজ করে। এগুলি ব্যবহার করে কতকগুলি অসাধারণ এসিডের লবণ তৈরি করা যায়। উদাহরণ হিসেবে পটাসিয়াম অ্যামাইড এবং অ্যাসিটামাইডের বিক্রিয়া নিচে দেখানো হলো :



(এসিড) (ক্ষার) (লবণ) (দ্রাবক)

জলীয় দ্রবণে সালফামিক এসিড একটি শক্তিশালী এক ক্ষারীয় এসিড। কিন্তু তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে একে পটাসিয়াম অ্যামাইডের সাথে একটি দ্বিক্ষারীয় এসিড হিসেবে টাইট্রেশান করা যায় :

$$O=S(NH_2)(OH)=O + 2KNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} O=S(NH^-K^+)(O^-K^+)=O + 2NH_3$$

তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে পটাসিয়াম অ্যামাইড অতি দুর্বল এসিড অ্যাসিটিলিনকেও এর লবণে পরিণত করতে পারে :

$$HC\equiv CH + KNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} HC\equiv C^-K^+ + NH_3$$

জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড যেভাবে ধাতব লবণ থেকে ধাতব হাইড্রক্সাইড এবং ধাতব অক্সাইডের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করতে পারে ঠিক সেভাবে তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে পটাসিয়াম অ্যামাইড ধাতব লবণ থেকে ধাতব অ্যামাইড, ইমাইড এবং নাইট্রাইডের অধঃক্ষেপ দেয় :

$$AgNO_3 + KNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} AgNH_2 (\downarrow) + KNO_3$$

$$PbI_2 + 2\,KNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} PbNH (\downarrow) + 2\,KI + NH_3$$

$$3HgI_2 + 6\,KNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Hg_3N_2 (\downarrow) + 6\,KI + 4\,NH_3$$

$$BiI_3 + 3\,KNH_2 \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} BiN (\downarrow) + 3\,KI + 2\,NH_3$$

৩। **উভপ্রোটিক বিক্রিয়া** (Amphoteric reactions) : জলীয় দ্রবণে কোনো জিংক বা অ্যালুমিনিয়াম লবণের সাথে KOH এর বিক্রিয়ায় প্রথমে অদ্রবণীয় $Zn(OH)_2$ বা $Al(OH)_3$ এর অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় যা অতিরিক্ত KOH এর সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় জটিল আয়ন $Zn(OH)_4^{2-}$ বা $Al(OH)_4^-$ সৃষ্টি করে।

$$ZnCl_2 + 2\,KOH \rightarrow Zn(OH)_2 (\downarrow) + 2\,KCl$$
$$Zn(OH)_2 + 2\,KOH \rightarrow K_2[Zn(OH)_4]$$

একইভাবে তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে কোনো কোনো ধাতব অ্যামাইডের উভপ্রোটিক বিক্রিয়া ঘটে। যেমন $Zn(NH_2)_2$ তরল অ্যামোনিয়ায় অদ্রবণীয়, কিন্তু অধিক পরিমাণ KNH_2 দ্রবণের

সাথে বিক্রিয়া করে এটি দ্রবণীয় $[Zn(NH_2)_4]^{2-}$ জটিল আয়ন সৃষ্টি করে। এটি পুনরায় NH_4NO_3 এর সাথে বিক্রিয়া করে $Zn(NH_2)_2$ এর অধঃক্ষেপ দেয়।

$$Zn(NO_3)_2 + 2\,KNH_2 \rightarrow Zn(NH_2)_2\ (\downarrow) + 2KNO_3$$

$$Zn(NH_2)_2 + 2\,KNH_2 \rightarrow K_2[Zn(NH_2)_4]$$

$$K_2[Zn(NH_2)_4] + 2\,NH_4NO_3 \rightarrow Zn(NH_2)_2\ (\downarrow) + 2\,KNO_3 + 4\,NH_3$$

৪। **দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া** (Solvolysis) : জলীয় দ্রবণের মত তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণেও দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$Cl_2 + 2\,NH_3 \rightarrow NH_4Cl + NH_2Cl$$

$$SO_2Cl_2 + 4\,NH_3 \rightarrow SO_2(NH_2)_2 + 2\,NH_4Cl$$

$$BCl_3 + 6\,NH_3 \rightarrow B(NH_2)_3 + 3\,NH_4Cl$$

$$3\,SiH_3Cl + 4\,NH_3 \rightarrow (H_3Si)_3N + 3\,NH_4Cl$$

$$SiCl_4 + 8\,NH_3 \rightarrow Si(NH_2)_4 + 4\,NH_4Cl$$

$$POCl_3 + 6\,NH_3 \rightarrow PO(NH_2)_3 + 3\,NH_4Cl$$

$$CH_3COOC_2H_5 + NH_3 \xrightarrow{NH_4^+} CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$

$$NaH + NH_3 \rightarrow NaNH_2 + H_2$$

তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে এরূপ দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়াকে অ্যামোনোলাইসিস বলা হয়।

৫। **সলভেশান বা দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া** (Solvation reactions) : এরূপ বিক্রিয়ায় তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত পদার্থের সাথে এক বা একাধিক দ্রাবক অণু রাসায়নিক বন্ধন সৃষ্টি করে অথবা আয়ন–ডাইপোল আকর্ষণ বলের মাধ্যমে যুক্ত হয়। অ্যামোনিয়াযুক্ত দ্রাবের অণুকে অ্যামোনিয়েট বলে। পরবর্তী পৃষ্ঠায় কয়েকটি অ্যামোনিয়েটের গঠন দেখানো হয়েছে :

৬। **রিডক্স বিক্রিয়া** (Redox reactions) : অ্যামোনিয়া সহজে জারিত হয় কিন্তু সহজে বিজারিত হয় না। এ জন্য তরল অ্যামোনিয়ায় কোনো শক্তিশালী জারক ব্যবহার করে জারণ বিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব নয়, কিন্তু শক্তিশালী বিজারক বস্তু ব্যবহার করে বিজারণ বিক্রিয়া ঘটানো যায়। ক্ষার ধাতুসমূহ তরণ অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয়ে অতি শক্তিশালী বিজারক হিসেবে কাজ করে। এজন্য এ মাধ্যমে অধিকাংশ বিজারণ বিক্রিয়া ক্ষার ধাতুর দ্রবণ ব্যবহার করেই ঘটানো হয়। নিচে তরল অ্যামোনিয়ায় কয়েকটি রিডক্স বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হলো :

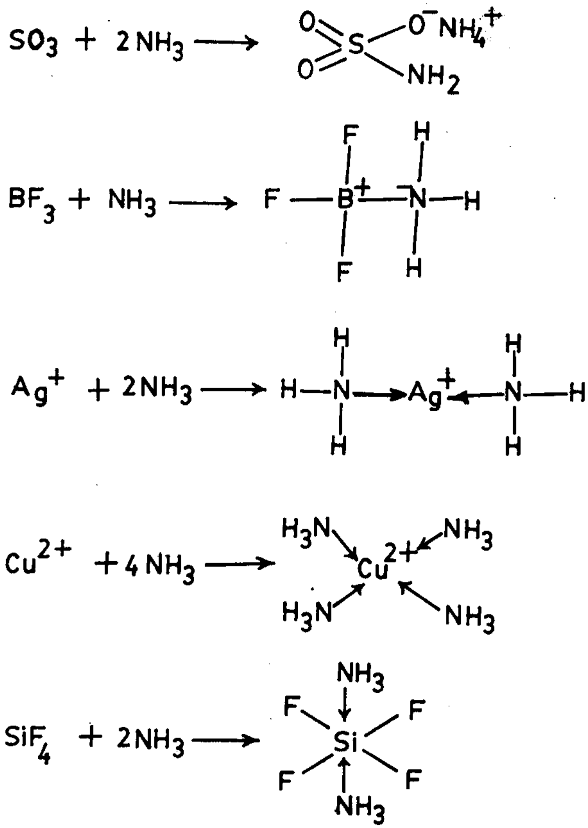
$$2\,Na + 2\,NH_4Br \longrightarrow 2\,NaBr + 2\,NH_3 + H_2$$

$$2\,K + N_2O + NH_3 \longrightarrow KNH_2 + KOH + N_2$$

$$2\,Na + S \longrightarrow Na_2S$$

$$2\,Na + 2\,PH_3 \longrightarrow 2\,NaPH_2 + H_2$$
$$2\,Na + 2\,Me_3SnBr \longrightarrow Me_3Sn\text{–}SnMe_3 + 2\,NaBr$$
$$2\,K + Pt\,(NH_3)_4Br_2 \longrightarrow Pt\,(NH_3)_4 + 2\,KBr$$
$$2\,K + K_2Ni\,(CN)_4 \longrightarrow K_4Ni\,(CN)_4$$
$$I_2 + K_4Sn\,(NH_2)_6 \longrightarrow K_2Sn(NH_2)_6 + 2\,KI$$

শেষে উল্লেখিত বিক্রিয়াটিতে আয়োডিন তরল অ্যামোনিয়ায় একটি দুর্বল জারক হিসেবে কাজ করে।



তরল অ্যামোনিয়ায় ধাতুসমূহের দ্রবণ (Solutions of Metals in Liquid Ammonia)

তরল অ্যামোনিয়ার সবচেয়ে অসাধারণ বৈশিষ্ট্য হলো ক্ষার ধাতুগুলিকে, বেরিলিয়াম বাদে অন্য সব মৃৎ ক্ষার ধাতুকে (alkaline earth metals) এবং সুস্থিত 2+ জারণ সংখ্যাবিশিষ্ট

ল্যান্থানাইড মৌলসমূহকে (যেমন Eu এবং Yb) দ্রবীভূত করার এর অস্বাভাবিক ক্ষমতা। ক্ষার ধাতুগুলির দ্রাব্যতা খুবই বেশি ; – 33°C তাপমাত্রায় Li, Na এবং K এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 10.9, 24.8 এবং 46.4 g/100g NH_3 এবং – 50°C তাপমাত্রায় Cs এর দ্রাব্যতা 334 g/100g NH_3। তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে দ্রাব্যতার কোনো উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায় না। দ্রবণ থেকে অ্যামোনিয়াকে বাষ্পীভূত করে ক্ষার ধাতুগুলিকে অবিকৃত অবস্থায় ফিরে পাওয়া যায়, কিন্তু অন্য ধাতুগুলি অ্যামোনিয়েট গঠন করে। মৃৎ ক্ষার ধাতুগুলির অ্যামোনিয়েটের সংকেত $M(NH_3)_6$ হয়। অ্যামোনিয়েটগুলি দেখতে ধাতুর মতই চকচকে এবং এরা উৎকৃষ্ট বিদ্যুৎ পরিবাহী।

তরল অ্যামোনিয়ায় ধাতুগুলির পাতলা দ্রবণের রং গাঢ় নীল হয় কিন্তু ঘন দ্রবণ ব্রোঞ্জ বর্ণবিশিষ্ট হয়। নীল দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ :

১। দ্রবণের রং, যা সব ধাতুর জন্যই এক রকম হয় ;

২। দ্রবণের ঘনত্ব, যা বিশুদ্ধ তরল অ্যামোনিয়ার ঘনত্বের অনুরূপ হয় ;

৩। দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা, যা তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত আয়নিক লবণের বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতার সাথে তুলনীয় ; এবং

৪। দ্রবণের প্যারাম্যাগনেটিক প্রকৃতি, যা দ্রবণে মুক্ত ইলেকট্রনের উপস্থিতি প্রমাণ করে।

এ বৈশিষ্ট্যগুলি ব্যাখ্যা করার জন্য মনে করা হয় যে, পাতলা দ্রবণে ধাতুগুলি ইলেকট্রন ছেড়ে দিয়ে ধাতব আয়নে পরিণত হয়। ক্ষার ধাতুর জন্য এ প্রক্রিয়া নিচে দেখানো হলো :

$$M \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} M^+ + e^-(NH_3)_x$$

দ্রবণে ধনাত্মক ধাতু আয়ন এবং অ্যামোনিয়াযুক্ত ইলেকট্রনের উপস্থিতির জন্য এটি বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। অনেকগুলি জোড়হীন ইলেকট্রনের উপস্থিতির কারণে দ্রবণ প্যারাম্যাগনেটিক প্রকৃতিবিশিষ্ট হয়। ক্ষার ধাতুগুলির পাতলা দ্রবণের চৌম্বক সংবেদনশীলতা (magnetic susceptibility) পরিমাপ করে দেখা যায় যে, দ্রবণে এক মোল ক্ষার ধাতু থেকে এক মোল, অর্থাৎ প্রতি পরমাণু থেকে একটি করে মুক্ত ইলেকট্রন পাওয়া যায়। দ্রবণের আয়তন দ্রাবক এবং দ্রবীভূত ধাতুর আয়তনের যোগফল থেকে বেশি হয়। এ থেকে ধারণা করা হয় যে, দ্রবণে মুক্ত ইলেকট্রনগুলি 3 – 4 Å ব্যাসার্ধের গর্তে অবস্থান করে, প্রতিটি ইলেকট্রন 2 – 3 টি অ্যামোনিয়া অণুকে সরিয়ে দেয়। গর্তে অবস্থিত ইলেকট্রনটি তার চারপাশে অবস্থিত অ্যামোনিয়া অণুগুলির সাথে শিথিলভাবে যুক্ত থাকে। পাতলা দ্রবণের গাঢ় নীল বর্ণের কারণ হলো এর শোষণ বর্ণালীতে একটি শোষণ চূড়া (absorption peak) থাকে যার শীর্ষ বিন্দু আনুমানিকভাবে 15,000 Å এককে দেখা যায়। মুক্ত ইলেকট্রনগুলি ফোটন শোষণ করে নিম্ন শক্তিস্তর থেকে উচ্চ শক্তিস্তরে উন্নীত হয় বলেই শোষণ বর্ণালীতে চূড়া পাওয়া যায়। সব ধাতুর দ্রবণের জন্যই বর্ণালীর দৃশ্যমান অংশ একই হয়, যা থেকে ধারণা করা যায় যে দ্রবণের রং একটি সাধারণ কণার উপস্থিতির জন্য হয়ে থাকে — এটিই অ্যামোনিয়াযুক্ত ইলেকট্রন।

ব্রোঞ্জ বর্ণবিশিষ্ট ঘন দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নরূপ :

১। দ্রবণের ব্রোঞ্জবর্ণ এবং ধাতব দ্যুতি,

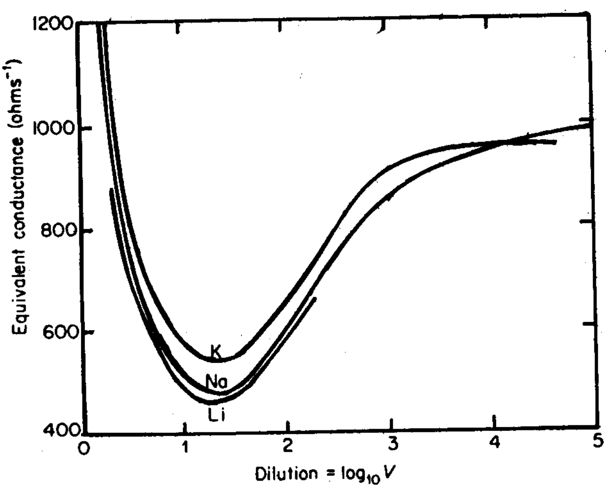
২। ঘনত্বের অতি নিম্নমান,

৩। বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতার উচ্চমান যা বিশুদ্ধ ধাতুর বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতার প্রায় কাছাকাছি এবং

৪। চৌম্বক সংবেদনশীলতা যা বিশুদ্ধ ধাতুর জন্য উক্ত মানের অনুরূপ।

ঘন দ্রবণের এ বৈশিষ্ট্যগুলি ব্যাখ্যা করার জন্য মনে করা হয় যে, ব্রোঞ্জ বর্ণের দ্রবণ প্রকৃতপক্ষে একটি 'লঘুকৃত ধাতু' (diluted metal) বা 'অ্যালয়' (alloy) যেখানে ইলেকট্রনগুলি ধাতুতে অবস্থিত ইলেকট্রনের মতই আচরণ করে, কিন্তু ধাতু পরমাণুগুলিকে তাদের মাঝখানে অ্যামোনিয়া অণু রেখে পরস্পর থেকে দূরে সরিয়ে দেয়া হয়েছে।

দ্রবণে ধাতুর পরিমাণ যতই বাড়তে থাকে এর প্যারাম্যাগনেটিক ধর্ম ততই কমতে থাকে এবং সংপৃক্ত ব্রোঞ্জবর্ণ দ্রবণের চৌম্বক সংবেদনশীলতার মান ধাতুর চৌম্বক সংবেদনশীলতার সমান হয়। দ্রবণে ধাতুর গাঢ়ত্ব (concentration) পরিবর্তনের সাথে এর বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা অনিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় কিন্তু সংপৃক্ত দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা ধাতুর বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতার প্রায় সমান হয়। ২.২ চিত্রে দ্রবণ লঘুকরণের ফলে কয়েকটি ক্ষার ধাতুর বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতার পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।



চিত্র ২.২ : $33^{\circ}C$ তাপমাত্রায় ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণের তুল্যমান পরিবাহিতা। V = 1 গ্রাম পরমাণু ধাতু দ্রবীভূত করার জন্য ব্যবহৃত তরল অ্যামোনিয়ার আয়তন (লিটার)।

গাঢ়ত্বের সাথে বিদ্যুৎ পরিবাহিতা এবং চৌম্বক সংবেদনশীলতার পরিবর্তন ব্যাখ্যা করার জন্য দ্রবণে পাঁচ প্রকার কণা (M, M_2, M^+, M^- এবং $e^-(NH_3)_x$) উপস্থিত থাকে বলে

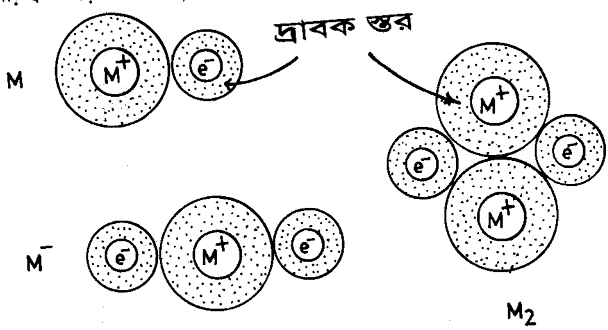
ধারণা করা হয়। নিচে দেখানো তিনটি রাসায়নিক সাম্য (chemical equilibria) অনুসারে এ কণাগুলি গঠিত হয় :

$$M \rightleftarrows M^+ + e^-$$

$$2M^+ + 2e^- \rightleftarrows M_2$$

$$M + e^- \rightleftarrows M^-$$

লঘু দ্রবণে কেবল প্রথম রাসায়নিক সাম্যটি গুরুত্বপূর্ণ কিন্তু গাঢ় দ্রবণে সবগুলি রাসায়নিক সাম্য বিবেচনা করা প্রয়োজন। তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে ইলেকট্রনটি কয়েকটি অ্যামোনিয়া অণুর সাথে শিথিলভাবে যুক্ত থাকে এবং এটি একটি ঋণাত্মক আয়নের মত আচরণ করে। ধনাত্মক ধাতু আয়নের সাথে এটি আয়ন–যুগল গঠন করে (চিত্র ২.৩)। M কণাটি প্রকৃত-পক্ষে একটি দ্রাবকযুক্ত M^+ আয়ন এবং একটি দ্রাবকযুক্ত ইলেকট্রনের যুগল যা ইলেকট্রোস্ট্যাটিক বলের কারণে এক সাথে থাকে। M^- এবং M_2 কণাগুলি হলো যথাক্রমে একটি এবং দুটি দ্রাবকযুক্ত M^+ আয়ন ও দুটি দ্রাবকযুক্ত ইলেকট্রনের সমষ্টি। শেষোক্ত দুই প্রকার কণাতে দুটি ইলেকট্রনের মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়া খুবই শক্তিশালী এবং দুটি ইলেকট্রনের স্পিন পরস্পর বিপরীত দিকে থেকে স্পিন–যুগল গঠন করে। ফলে M^- এবং M_2 কণাগুলি ডায়াম্যাগনেটিক প্রকৃতিবিশিষ্ট হয়। দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির সাথে M^- এবং M_2 কণাগুলির গাঢ়ত্বও বাড়তে থাকে, ফলে দ্রবণের প্যারাম্যাগনেটিক ধর্ম কমে যায়।



চিত্র ২.৩ : ধনাত্মক আয়নের সাথে ইলেকট্রনের আয়নযুগল গঠন।

সকল ধাতু–আমোনিয়া দ্রবণ ক্ষণস্থায়ী (metastable) এবং অনেক সময় রেখে দিলে এটি ধাতু অ্যামাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাসে বিযোজিত হয়। সুবিধাজনক কিছু প্রভাবক (যেমন I_2, Fe_2O_3 ইত্যাদি) এ বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায় একটি পরিষ্কার কাচপাত্রে এ দ্রবণকে কয়েক সপ্তাহ পর্যন্ত অবিযোজিত অবস্থায় রাখা যায়।

ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণের বিক্রিয়াসমূহ (Reactions of Metal-Ammonia Solutions)

ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণগুলি শক্তিশালী বিজারক। অনেক যৌগ তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হয়। এজন্য রিডক্স বিক্রিয়াগুলি সমসত্ত্ব (homogeneous)। ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণগুলির গাঢ়

বর্ণ এবং উচ্চ বিদ্যুৎ পরিবাহিতার জন্য এ দ্রবণ ব্যবহার করে রিডক্স বিক্রিয়াগুলি বর্ণমিতিক (colorimetric) পদ্ধতিতে এবং কনডাকটিমেট্রিক (conductimetric) পদ্ধতিতে অনুসরণ করা যায়। দ্রবণে উপস্থিত মুক্ত ইলেকট্রনগুলি বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

অ্যামোনিয়াম লবণগুলি ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণকে অতি দ্রুত বর্ণহীন করে। এ বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম আয়ন NH_3 গ্যাসে বিজারিত হয় এবং হাইড্রোজেন মুক্ত হয় :

$$NH_4^+ + e^- \longrightarrow NH_3 + \frac{1}{2} H_2$$

তরল অ্যামোনিয়ায় অতি দুর্বল এসিডও ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করে :

$$RC \equiv CH + e^- \longrightarrow RC \equiv C^- + \tfrac{1}{2} H_2$$

$$GeH_4 + e^- \longrightarrow GeH_3^- + {}^1/_2\, H_2$$

$$PH_3 + e^- \longrightarrow PH_2^- + {}^1/_2\, H_2$$

$$AsH_3 + e^- \longrightarrow AsH_2^- + {}^1/_2\, H_2$$

$$SO_2(NH_2)_2 + 2e^- \longrightarrow [SO_2(NH)_2]^{2-} + H_2$$

জৈব–ধাতব হ্যালাইডগুলির সাথেও ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণের বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে এবং এ বিক্রিয়া ব্যবহার করে অনেকগুলি জৈব–ধাতব যৌগ প্রস্তুত করা হয় :

$$(C_6H_5)_3\, GeCl + 2\, Na \longrightarrow (C_6H_5)_3GeNa + NaCl$$

$$2\, Me_3SnCl + 2\, Na \longrightarrow Me_3Sn\text{–}SnMe_3 + 2\, NaCl$$

কতকগুলি অবস্থান্তর ধাতুর জটিল যৌগের সাথে ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণ বিক্রিয়া করে ধাতুগুলির জারণ সংখ্যা অস্বাভাবিকভাবে কমিয়ে দেয় :

$$K_2Ni^{II}(CN)_4 + 2\, K \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} K_4Ni^{0}\, (CN)_4$$

$$Pt^{II}(NH_3)_4Br_2 + 2\, K \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Pt^{0}\, (NH_3)_4 + 2\, KBr$$

$$Mn^{0}{}_2\, (CO)_{10} + 2\, K \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} 2\, K\, [Mn^{-I}\, (CO)_5]$$

$$Fe^{0}(CO)_5 + 2\, Na \xrightarrow{\text{তরল } NH_3} Na_2\, [\, Fe^{-II}(CO)_4] + CO$$

ক্ষার ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণের আর একটি উল্লেখযোগ্য বিজারণ বিক্রিয়া হলো অক্সিজেন থেকে পার–অক্সাইড এবং সুপার–অক্সাইড গঠন :

$$O_2 + e^- \longrightarrow O_2^- \longrightarrow M^{I}O_2$$

$$O_2 + 2e^- \longrightarrow O_2^{2-} \longrightarrow M^{I}{}_2O_2$$

ধাতু–অ্যামোনিয়া দ্রবণের বিজারণ বিক্রিয়াগুলিকে নিচের তিন শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায় :

১। ঐ–সব বিক্রিয়া যেগুলিতে কোনো রাসায়নিক বন্ধন ভাঙে না :

$$X + e^- \rightarrow X^-$$

উদাহরণ :

$$O_2 + e^- \longrightarrow O_2^-$$
$$MnO^-_4 + e^- \longrightarrow MnO_4^{2-}$$

২। ঐসব বিক্রিয়া যেগুলিতে একটি রাসায়নিক বন্ধন ভাঙে এবং একটি ইলেকট্রন যোগ হয়। উদাহরণ :

$$NH_4^+ + e^- \longrightarrow NH_3 + {}^1/_2\, H_2$$
$$AsH_3 + e^- \longrightarrow AsH_2^- + {}^1/_2 H_2$$

৩। ঐসব বিক্রিয়া যেগুলিতে একটি রাসায়নিক বন্ধন ভাঙে এবং দুই বা তার চেয়ে বেশি সংখ্যক ইলেকট্রন যোগ হয়। উদাহরণ :

$$H_3Ge — GeH_3 + 2\,e^- \longrightarrow 2\,GeH_3$$
$$N \equiv N \rightarrow O + 2e^- \dashrightarrow N_2 + O^{2-}$$
$$\downarrow NH_3$$
$$N_2 + OH^- + NH_2^-$$

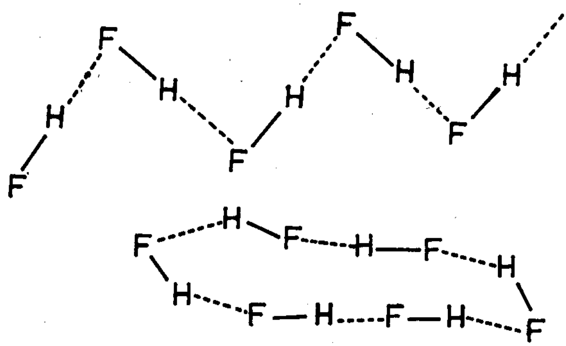
তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড (Liquid Hydrogen Fluoride)

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড কাচের সাথে বিক্রিয়া করে। এজন্য অতীতে একে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা সম্ভব হয় নি। ফ্লোরিনযুক্ত প্লাস্টিক (যেমন পলিটেট্রাফ্লোরোইথিলিন যা টেফলন বলে পরিচিত) হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্বারা আক্রান্ত হয় না। এরূপ প্লাস্টিক পাত্রে আজকাল তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডকে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা হয়। কপার এবং স্টেনলেস্ স্টিল (stainless steel) দ্বারা নির্মিত বায়ু–নিষ্কাশন লাইনেও (vacuum line) তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড ব্যবহার কার যায়।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের গলনাংক –89°C এবং স্ফুটনাংক 19.5°C। অতএব সাধারণ চাপে এর তারল্যের সীমানা –89 থেকে 19.5°C পর্যন্ত মোট 108.5°C। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান 0°C উষ্ণতায় 84 এবং একই উষ্ণতায় আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান প্রায় $10^{-6}\ ohm^{-1}\ cm^{-1}$(জলের ক্ষেত্রে এ মান 10^{-7})। বিশুদ্ধ অবস্থাতেও এটি কিছু পরিমাণে H_2F^+ এবং HF_2^- আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে ; স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়ার জন্য এর আয়নীকরণ ধ্রুবক K_{ion} এর মান আনুমানিক 10^{-12} (0°C উষ্ণতায়)।

$$3\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + HF_2^- \qquad K_{ion} = \frac{[H_2F^+] \times [HF_2^-]}{[HF]^3}$$

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে ব্যাপকভাবে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন হয় এবং এ বন্ধনের কারণে বিভিন্ন আকারের শিকল ও বলয় সৃষ্টি হয় (চিত্র ২.৪), এদের কিছু কিছু গ্যাসীয় অবস্থাতেও বর্তমান থাকে। হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে অনেকগুলি অণু একত্র থাকে বলে এর স্ফুটনাংক অন্যান্য হাইড্রোজেন হ্যালাইডের তুলনায় উচ্চ হয়।



চিত্র ২.৪ : হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে শিকল এবং বলয় সৃষ্টি।

ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের উচ্চমানের কারণে তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড আয়নিক যৌগগুলির জন্য একটি ভাল দ্রাবক, কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটে। উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করা যায়, ক্ষার এবং মৃৎ ক্ষার ধাতুসমূহের ক্লোরাইড, ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড লবণগুলি এ দ্রবণে ফ্লোরাইড লবণে পরিণত হয়। কতকগুলি অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডের ক্ষেত্রেও এরূপ ঘটে। গ্রুপ I এবং গ্রুপ II এর অন্তর্গত ধাতুগুলির ফ্লোরাইড লবণ তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে দ্রবণীয় ; সিলভার(I) এবং থ্যালিয়াম(I) এর ফ্লোরাইড লবণগুলিও সহজে দ্রবীভূত হয়। ফ্লোরাইড লবণগুলির দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডকে বাষ্পীভূত করে দূর করলে অনেক ক্ষেত্রেই ফ্লোরাইডের পরিবর্তে এসিড ফ্লোরাইড লবণ ফিরে পাওয়া যায়। অতএব দ্রবণে ফ্লোরাইড আয়ন অতিমাত্রায় দ্রাবকযুক্ত হয়ে পড়ে। কিন্তু ধাতু আয়নগুলি দ্রাবকযুক্ত হয় না।

$$KF + HF \longrightarrow K[HF_2]$$

$$K[HF_2] + HF \longrightarrow K[H_2F_3]$$

২.২ সারণিতে তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে অনেকগুলি ফ্লোরাইড লবণের দ্রাব্যতা দেখানো হয়েছে। সারণি থেকে দেখা যায় ধাতু আয়নগুলির আকার যত বড় হয় এ দ্রবকে

লবণগুলির দ্রাব্যতা তত বেশি হয় এবং ধাতু আয়নের চার্জ বাড়ার সাথে দ্রাব্যতা অতি দ্রুত কমে যায়।

সারণি ২.২ : তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রাবকে ফ্লোরাইড লবণগুলির দ্রাব্যতা (g/100 g HF)।

লবণ	দ্রাব্যতা	তাপমাত্রা (°C)	লবণ	দ্রাব্যতা	তাপমাত্রা (°C)
LiF	10.3	12	PbF_2	2.62	12
NaF	30.1	11	FeF_2	0.006	12
KF	36.5	8	CoF_2	0.036	14
RbF	110.0	20	NiF_2	0.037	12
CsF	199.0	10	AlF_3	<0.002	11
NH_4F	32.6	17	CeF_3	0.043	12
AgF	83.2	19	TlF_3	0.081	12
TlF	580.0	12	SbF_3	0.536	12
Hg_2F_2	0.87	12	BiF_3	0.010	12
BeF_2	0.015	11	MnF_3	0.164	12
MgF_2	0.025	12	FeF_3	0.008	12
CaF_2	0.817	12	CoF_3	0.257	12
BaF_2	5.6	12	ZrF_4	0.009	12
SrF_2	14.83	12	CeF_4	0.10	12
ZnF_2	0.024	14	ThF_4	<0.006	18
CdF_2	0.201	14	NbF_5	6.8	25
HgF_2	0.54	12	TaF_5	15.2	25
CuF_2	0.010	12	SbF_5	∞	25
AgF_2	0.048	12			

ধনাত্মক আয়নের উচ্চ চার্জ থাকার কারণে NbF_5, TaF_5 এবং SbF_5 এর দ্রাব্যতা সাধারণ নিয়মে কম হওয়ার কথা ; কিন্তু এরা অধিক পরিমাণে দ্রবণীয় — SbF_5 তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে যে কোনো অনুপাতে দ্রবীভূত হয়। সম্ভবত এরা দ্রাবক থেকে ফ্লোরাইড আয়ন গ্রহণ করে বলেই এদের দ্রাব্যতা বেশি হয়।

$$SbF_5 + 2HF \rightarrow SbF_6^- + H_2F^+$$

ClF_3 এবং BrF_3 সমযোগী যৌগ দুটিও তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে দ্রবণীয়, সম্ভবত এরা দ্রাবককে ফ্লোরাইড আয়ন দান করে একক চার্জযুক্ত ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয় :

$$BrF_3 + HF \rightarrow BrF_2^+ + HF_2^-$$

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে জৈব যৌগগুলির দ্রাব্যতা খুব বেশি এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রে দ্রবণ অধিকমাত্রায় বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। এ দ্রবণগুলিতে জৈব যৌগ দ্রাবক থেকে প্রোটন গ্রহণ করে ধনাত্মক চার্জযুক্ত হয়। অতএব জৈব যৌগের দ্রবীভূত হওয়ার প্রক্রিয়া অজৈব যৌগের অনুরূপ প্রক্রিয়া থেকে পৃথক।

$$CH_3COOH + 2\,HF \rightarrow CH_3COOH_2^+ + HF_2^-$$

$$CH_3CH_2OH + 2\,HF \rightarrow CH_3CH_2OH_2^+ + HF_2^-$$

২.৩ সারণিতে তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে বিভিন্ন জৈব যৌগের দ্রাব্যতা উল্লেখ করা হয়েছে।

সারণি ২.৩ : তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে জৈবযৌগসমূহের দ্রাব্যতা।

হাইড্রোকার্বনসমূহ : সংপৃক্ত অ্যালিফেটিক হাইড্রোকার্বনগুলি এবং তাদের হ্যালোজেন জাতকসমূহ (ফ্লোরিন জাতক বাদে) অদ্রবণীয়। অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনসমূহ কিছু পরিমাণে দ্রবণীয়। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন এবং সালফার পরমাণু সংবলিত প্রতিস্থাপক মূলক উপস্থিত থাকলে দ্রাব্যতা বেশি হয়।

অ্যালকোহলসমূহ : অ্যালিফেটিক অ্যালকোহলসমূহ সকল অনুপাতে দ্রবণীয়।

অ্যামিনসমূহ : এরা প্রোটনযুক্ত হয়ে অতি মাত্রায় দ্রবণীয় হয়, বিষম চাক্রিক (heterocyclic) নাইট্রোজেন সংবলিত ক্ষারগুলিও অত্যন্ত দ্রবণীয়।

এস্টার এবং ইথারসমূহ : এরা প্রোটনযুক্ত হয়ে দ্রবীভূত হয়।

কার্বোসাইক্লিক এসিডসমূহ : এরা প্রোটনযুক্ত হয়ে অধিক পরিমাণে দ্রবণীয় হয়। অ্যাসিটিক এসিড সকল অনুপাতে দ্রবণীয়।

তরল হাইড্রোজন ফ্লোরাইড দ্রবণে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া (Different Types of Reactions in Liquid Hydrogen Fluoride)

নিম্নলিখিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রাবকে চলতে পারে :

১। **অধঃক্ষেপন বিক্রিয়া** (Precipitation reactions) : তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে কয়েকটি সাধারণ অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া ঘটে। উদাহরণ :

$$KIO_4 + AgF \longrightarrow AgIO_4 (\downarrow) + KF$$
$$Ba(ClO_4)_2 + 2AgF \longrightarrow 2AgClO_4 (\downarrow) + BaF_2$$
$$KClO_4 + TlF \longrightarrow TlClO_4 (\downarrow) + KF$$
$$Na_2SO_4 + 2AgF \longrightarrow Ag_2SO_4 (\downarrow) + 2NaF$$

অধঃক্ষেপ হিসেবে সিল্‌ভার টেট্রাফ্লোরোবোরেট, $AgBF_4$, গঠন একটি অতি গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া। তরল হাইড্রোফ্লোরিক এসিডে $AgNO_3$ এবং BF_3 দ্রবণ মিশ্রিত করলে $AgBF_4$ এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় :

$$AgNO_3 + BF_3 + 2HF \longrightarrow AgBF_4 (\downarrow) + H_2NO_3^+ + F^-$$

২। **সলভেশান বা দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া** (Solvation reactions) : পটাসিয়াম ফ্লোরাইড তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে দ্রাবক অণুর সাথে যুক্ত হয়ে সলভেট গঠন করে :

$$KF + HF \longrightarrow K^+[HF_2]^-$$
$$KF + 2\,HF \longrightarrow K^+[H_2F_3]^-$$
$$KF + 4\,HF \longrightarrow K^+[H_4F_5]^-$$

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড জলাণুর সাথেও একটি সলভেট গঠন করে :

$$H_2O + 4\,HF \longrightarrow [H_3O]^+[H_3F_4]^-$$

৩। **দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া** (Solvolysis reactions) : অধিকাংশ সাধারণ লবণের সাথে হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটে। উদাহরণ :

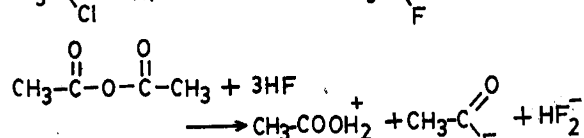
$$KCN + 2\,HF \rightarrow HCN\,(\uparrow) + K^+[HF_2]^-$$
$$KCl + 2\,HF \rightarrow HCl\,(\uparrow) + K^+[HF_2]^-$$

অনেক ক্ষেত্রে দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় গঠিত প্রথম উৎপন্ন বস্তুটি অধিক সংখ্যক দ্রাবক অণুর সাথে আবারো দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটায় :

$$\left.\begin{array}{l} K_2SO_4 + 2\,HF \rightarrow H_2SO_4 + 2\,KF \\ H_2SO_4 + HF \rightarrow HSO_3F + H_2O \end{array}\right\}$$
$$H_2O + 2\,HF \rightarrow H_3O^+ + HF_2^-$$

$$\left.\begin{array}{l} KNO_3 + HF \rightarrow HNO_3 + KF \\ HNO_3 + 2\,HF \rightarrow H_2NO_3^+ + HF_2^- \\ H_2NO_3^+ + 2\,HF \rightarrow NO_2^+ + H_3O^+ + HF_2^- \end{array}\right\}$$

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে এসিড হ্যালাইড এবং অ্যানহাইড্রাইডসমূহের দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটে :



৪। **এসিড-ক্ষার বিক্রিয়া** (Acid-base reactions) : তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের স্বআয়নীকরণ বিক্রিয়া হলো :

$$3\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + HF_2^-$$

অতএব যেসব বস্তু দ্রবণে H_2F^+ আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়াতে পারে তারা এসিড এবং যেসব বস্তু HF_2^- আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়াতে পারে তারা ক্ষার। হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের এসিড ধর্ম অতি তীব্র হওয়ার কারণে খুব কম সংখ্যক বস্তু এ মাধ্যমে এসিড হিসেবে কাজ করতে পারে। প্রোটনিক এসিডগুলির মধ্যে কেবল পারক্লোরিক এসিড, $HClO_4$, এবং ফ্লোরোসালফিউরিক এসিড, HSO_3F, তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে এসিড হিসেবে কাজ করতে পারে।

$$HClO_4 + HF \rightleftarrows H_2F^+ + ClO_4^-$$

$$HSO_3F + HF \rightleftarrows H_2F^+ + SO_3F^-$$

PF_5, AsF_5, SbF_5, NbF_5, TaF_5 ইত্যাদি যৌগ দ্রাবক থেকে ফ্লোরাইড আয়ন গ্রহণ করে দ্রবণে H_2F^+ আয়ন সৃষ্টি করে, এজন্য এরাও তরল হাইড্রোজন ফ্লোরাইডে এসিড হিসেবে কাজ করে। এরূপ এসিডগুলির মধ্যে SbF_5 সবচেয়ে সবল।

$$PF_5 + 2\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + PF_6^-$$

$$AsF_5 + 2\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + AsF_6^-$$

$$SbF_5 + 2\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + SbF_6^-$$

$$NbF_5 + 2\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + NbF_6^-$$

$$TaF_5 + 2\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + TaF_6^-$$

একটি ফ্লোরাইড আয়ন গ্রহণ করে BF_3ও এ দ্রবণে একটি দুর্বল এসিড হিসেবে কাজ করে :

$$BF_3 + 2\,HF \rightleftarrows H_2F^+ + BF_4^-$$

ধাতু ফ্লোরাইডগুলি তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণে HF_2^- আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে, এজন্য এরা ক্ষার।

$$KF + HF \rightleftarrows K^+ + HF_2^-$$

ClF_3 এবং BrF_3 এ দুটি সমযোজী যৌগও দ্রবণে ফ্লোরাইড আয়ন ছেড়ে দিয়ে HF_2^- আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে, ফলে এরাও ক্ষারীয় দ্রবণ সৃষ্টি করে :

$$ClF_3 + HF \rightleftarrows ClF_2^+ + HF_2^-$$

$$BrF_3 + HF \rightleftarrows BrF_2^+ + HF_2^-$$

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড অপেক্ষা দুর্বল প্রোটনিক এসিডগুলি তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষার হিসেবে কাজ করে। জলীয় দ্রবণে এদের অনেকগুলি শক্তিশালী এসিড হলেও এ দ্রাবকে এরা ক্ষার।

$$H_2SO_4 + 3\,HF \rightleftarrows HSO_3F + H_3O^+ + HF_2^-$$

$$HNO_3 + 4\,HF \rightleftarrows H_3O^+ + NO_2^+ + 2\,HF_2^-$$

$$CH_3COOH + 2\,HF \rightleftarrows CH_3COOH_2^+ + HF_2^-$$

জৈব যৌগগুলির মধ্যে এসিড, অ্যালকোহল, ইথার, কিটোন এবং অ্যামিনসমূহ হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড থেকে প্রোটন গ্রহণ করে এ দ্রাবকে ক্ষার হিসেবে কাজ করে।

$$C_2H_5OH + 2\,HF \rightleftarrows C_2H_5OH_2^+ + HF_2^-$$

$$(C_2H_5)_2O + 2\,HF \rightleftarrows (C_2H_5)_2\,OH^+ + HF_2^-$$

$$(C_2H_5)_2CO + 2\,HF \rightleftarrows (C_2H_5)_2COH^+ + HF_2^-$$

$$CH_3NH_2 + 2\,HF \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + HF_2^-$$

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে প্রশমন বিক্রিয়া (neutralization reaction) বলতে H_2F^+ এবং HF_2^- আয়নের মিলনে HF অণু গঠন বুঝায় :

$$H_2F^+ + HF_2^- \rightarrow 3\,HF$$

এরূপ দুটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো :

$$H_2F^+SbF_6^- + K^+HF_2^- \rightarrow K^+SbF_6^- + 3\,HF$$

(এসিড) (ক্ষার) (লবণ) (দ্রাবক)

$$H_2F^+\,SbF_6^- + BrF_2^+HF_2^- \rightarrow BrF_2^+SbF_6^- + 3\,HF$$

(এসিড) (ক্ষার) (লবণ) (দ্রাবক)

এ বিক্রিয়াগুলি দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা পরিমাপ করে অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষবিন্দু (end point) সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। প্রশম (neutral) দ্রবণ থেকে অতিরিক্ত দ্রাবক বাষ্পীভূত করে গঠিত লবণগুলি পৃথক করা যায়।

৫। **উভপ্রোটিক বিক্রিয়া** (Amphoteric reactions) : তরল হাইড্রোজন ফ্লোরাইডে অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইডের দ্রাব্যতা খুবই কম কিন্তু সোডিয়াম ফ্লোরাইড যোগ করলে এটি AlF_4^- জটিল আয়ন সৃষ্টি করে সহজেই দ্রবীভূত হয় :

$$AlF_3 + NaF \rightarrow Na^+ + AlF_4^-$$

$NaAlF_4$ দ্রবণে BF_3 (যা তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে একটি এসিড) যোগ করলে পুনরায় AlF_3 এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় :

$$NaAlF_4 + BF_3 \rightarrow AlF_3\,(\downarrow) + Na^+ + BF_4^-$$

ক্রোমিয়াম ফ্লোরাইড, CrF_3, তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে অদ্রবণীয়, কিন্তু অধিক পরিমাণ সোডিয়াম ফ্লোরাইড যোগ করলে এটি হেক্সাফ্লোরোক্রোমেট জটিল আয়ন গঠন করে দ্রবীভূত হয় :

$$CrF_3 + 3\,NaF \rightarrow 3\,Na^+ + CrF_6^{3-}$$

Na_3CrF_6 দ্রবণে BF_3 যোগ করলে পুনরায় CrF_3 এর অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় :

$$Na_3CrF_6 + 3\,BF_3 \rightarrow CrF_3\,(\downarrow) + 3\,Na^+ + 3\,BF_4^-$$

৬। **রিডক্স বিক্রিয়া** (Redox reactions) : তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে দুটি রিডক্স বিক্রিয়ার উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

$$3\,HAs^{V}F_6 + 2\,Ag^0 \rightarrow 2\,Ag^{I}AsF_6 + As^{III}F_3 + 3\,HF$$
$$7\,HI^{V}F_6 + 6\,Ag^0 \rightarrow 6\,Ag^{I}IF_6 + HI^{-I} + 6\,HF$$

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে তড়িৎরাসায়নিক জারণ (Electrochemical oxidations in liquid hydrogen fluoride)

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের বিজারণ ধর্ম না থাকার কারণে এটি তড়িৎ জারণের জন্য একটি উৎকৃষ্ট মাধ্যম। এ দ্রাবকে অ্যানোডে তড়িৎ জারণ ঘটিয়ে বিভিন্ন হাইড্রোজেন যৌগের ফ্লোরিন জাতক তৈরি করা যায়। ২.৪ সারণিতে বিভিন্ন হাইড্রোজেন যৌগ থেকে প্রাপ্ত ফ্লোরিন জাতকের উল্লেখ করা হয়েছে।

সারণি ২.৪ : তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রাবকে তড়িৎবিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যানোডে জারণের ফলে প্রাপ্ত বিভিন্ন ফ্লোরিন যৌগ।

বিক্রিয়ক	উৎপন্ন ফ্লোরিন যৌগ
NH_4F	NF_3, NHF_2, NH_2F
H_2O	OF_2
SCl_2, SF_4	SF_6
$(C_2H_5)_2O$	$(C_2F_5)_2O$
CH_3COOH	CF_3COOH
CH_3CN	CF_3CN, $C_2F_5NF_2$
$(CH_3)_3N$	$(CF_3)_3N$
CH_3NH_2	CF_3NF_2
$(CH_3)_2NH$	$(CF_3)_2NF$

তড়িৎজারণ বিক্রিয়ার জন্য ব্যবহৃত পাত্রটি সাধারণত স্টেনলেস্ স্টীল (stainless steel) নির্মিত হয় এবং ক্যাথোড ও অ্যানোড যথাক্রমে আয়রন ও নিকেল দ্বারা গঠিত হয়।

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে জীববিদ্যা সম্পর্কিত গুরুত্বপূর্ণ যৌগসমূহের দ্রবণ (Solutions of biologically important compounds in liquid hydrogen fluoride)

পলিস্যাকারাইড এবং প্রোটিনসমূহের জন্য তরল হাইড্রোজেনফ্লোরাইড একটি শক্তিশালী দ্রাবক। সেলুলোজ স্বাধীনভাবে দ্রবীভূত হয় এবং একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

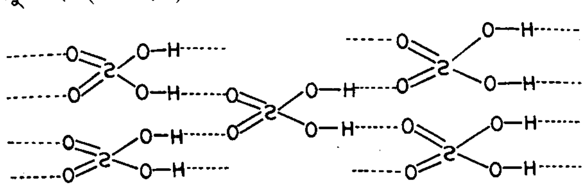
যেসব প্রোটিন জলে দ্রবণীয় তারা তরল হাইড্রোজন ফ্লোরাইডে সহজেই দ্রবীভূত হয়, যেগুলি জলে দ্রবণীয় নয় তাদেরও অনেকগুলি এ দ্রাবকে স্বাধীনভাবে দ্রবীভূত হয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে দ্রবণ প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটলেও অনেক ক্ষেত্রেই জৈবিক সক্রিয়তা বজায় থাকে। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণ থেকে ইনসুলিন (insulin)-কে পূর্ণ জৈবিক সক্রিয়তা বজায় রেখে ফিরে পাওয়া যায়। নিম্ন তাপমাত্রায় দ্রবীভূত করে এবং দ্রবণ থেকে

আলাদা করে দেখা যায় রাইবোনিউক্লেজ (ribonuclease) এবং লাইসোজাইম (lysozyme) তাদের এনজাইম হিসেবে কাজ করার ক্ষমতা বজায় রাখে। লৌহযুক্ত প্রোটিন সাইটোক্রোম-সি (cytochrome-c) এবং হেমোগ্লোবিন (Haemoglobin) তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে দ্রবীভূত হয়ে যে দ্রবণ সৃষ্টি করে তাদের শোষণ বর্ণালী (absorption spectra) জলীয় দ্রবণের শোষণ বর্ণালীর অনুরূপ। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে ক্লোরোফিল (chlorophyll)-এর শোষণ বর্ণালীও অন্যান্য দ্রাবকে এর শোষণ বর্ণালীর অনুরূপ হয়। ভিটামিন বি-12 এ দ্রাবকে একটি গাঢ় জলাপাই-সবুজ বর্ণের দ্রবণ সৃষ্টি করে যা তার নিজের গাঢ় লাল বর্ণ থেকে সম্পূর্ণ পৃথক ; কিন্তু তবুও এর জৈবিক সক্রিয়তা সম্পূর্ণ অক্ষত রেখে একে দ্রবণ থেকে পৃথক করা যায়।

সালফিউরিক এসিড (Sulphuric Acid)

সকল এসিড দ্রাবকের মধ্যে বিশুদ্ধ সালফিউরিক এসিড সম্ভবত সর্বাধিক পঠিত হয়েছে। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের মত এটি একটি অতিমাত্রায় এসিডীয় দ্রাবক। এর গলনাংক 10.371^{0}C এবং স্ফুটনাংক প্রায় 300^{0}C, অতএব এর তারল্যের সীমানা খুবই প্রশস্ত। 25^{0}C উষ্ণতায় এর আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা 1.04 x 10^{-2} ohm^{-1} cm^{-1} এবং একই উষ্ণতায় ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান 100। ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের উচ্চ মানের কারণে আয়নিক যৌগগুলির জন্য এটি একটি ভাল দ্রাবক। সাধারণ তাপমাত্রায় কাচপাত্রে একে সুবিধাজনকভাবে ব্যবহার করা যায়। কিন্তু এ দ্রাবকে বিক্রিয়া ঘটিয়ে উৎপন্ন কোনো যৌগকে দ্রাবক থেকে পৃথক করা অনেক সময় অসুবিধাজনক হয়ে পড়ে, যৌগটি যদি অধঃক্ষিপ্ত না হয় তাহলে অতি উচ্চ স্ফুটনাংকের কারণে একে দ্রাবকমুক্ত করা খুব কঠিন হয়।

তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের মত হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে বিশুদ্ধ সালফিউরিক এসিডেও অনেকগুলি অণু একত্র অবস্থায় থাকে। কঠিন অবস্থায় এর স্তরীকৃত বিন্যাস (layer structure) থাকে যেখানে প্রতিটি অণু অপর চারটি অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে সংযুক্ত হয় (চিত্র ২.৫)।



চিত্র ২.৫ : সালফিউরিক এসিডে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন।

স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়াসমূহ (Self ionization reactions) : সালফিউরিক এসিডের অতি প্রবল এসিড ধর্ম থাকা সত্ত্বেও এর কিছু পরিমাণ ক্ষার ধর্ম আছে এবং জল, তরল অ্যামোনিয়া এবং তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের মত এটিও একটি উভধর্মী (amphoteric)

দ্রাবক। সকল উভধর্মী দ্রাবকের ক্ষেত্রেই একটি সাধারণ স্ব-প্রোটনীকরণ বিক্রিয়া (autoprotolysis) ঘটে যেখানে একটি অণু এসিড হিসেবে এবং অপর একটি অণু ক্ষার হিসেবে কাজে করে (সমীকরণ ১) :

$$2\,HA \rightleftarrows H_2A^+ + A^- \qquad (১)$$

স্ব-প্রোটনীকরণ বিক্রিয়া কি পরিমাণে সংঘটিত হয় তা দ্রাবকের এসিড এবং ক্ষার প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। সালফিউরিক এসিড অন্য সব উভধর্মী দ্রাবকের তুলনায় অধিক পরিমাণে আয়নিত হয় যা এর স্ব-প্রোটনীকরণ ধ্রুবক K_{ap} [$=2.7 \times 10^{-4}$ (25^0C)] এর উচ্চমান থেকে প্রমাণিত হয়।

$$2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HSO_4^- \qquad (২)$$

$$K_{ap} = [H_3SO_4^+] \times [HSO_4^-] = 2.7 \times 10^{-4}$$

স্ব-প্রোটনীকরণ বিক্রিয়া (সমীকরণ ২) বাদেও সালফিউরিক এসিডের আরো কয়েক প্রকার আয়নীকরণ ঘটে এবং এগুলি একটি প্রধান বিযোজন বিক্রিয়ার (সমীকরণ ৩) মাধ্যমে

$$H_2SO_4 \rightleftarrows H_2O + SO_3 \qquad (৩)$$

সালফিউরিক এসিডের জল এবং সালফার ট্রাইঅক্সাইডে বিভক্তিকরণের সাথে সম্পর্কযুক্ত। যেহেতু সালফিউরিক এসিডে জল একটি প্রবল ক্ষার সেজন্য এটি সম্পূর্ণরূপে H_3O^+ আয়নে পরিণত হয় (সমীকরণ ৪) :

$$H_2O + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3O^+ + HSO_4^- \qquad (৪)$$

সালফার ট্রাইঅক্সাইড সালফিউরিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে ডাইসালফিউরিক এসিড, $H_2S_2O_7$, গঠন করে (সমীকরণ ৫) :

$$SO_2 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_2S_2O_7 \qquad (৫)$$

ডাইসালফিউরিক এসিড সালফিউরিক এসিড অপেক্ষা সবল এসিড বলে এটি কিছু পরিমাণে আয়নিত হয়ে $H_3SO_4^+$ এবং $HS_2O_7^-$ আয়ন সৃষ্টি করে (সমীকরণ ৬) :

$$H_2S_2O_7 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HS_2O_7^- \qquad (৬)$$

যেহেতু স্ব-প্রোটনীকরণ বিক্রিয়ার কারণে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নগুলির মধ্যে একটি রাসায়নিক সাম্য (chemical equilibrium) প্রতিষ্ঠিত হয়, H_3O^+ এবং $HS_2O_7^-$ আয়নগুলিও একটি সাম্য অবস্থায় অবস্থান করে :

$$2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3O^+ + HS_2O_7^- \qquad (৭)$$

এ বিক্রিয়াটিকে (সমীকরণ ৭) সালফিউরিকএসিডের আয়নিক স্ব-নিরুদন বিক্রিয়া (ionic self-dehydration reaction) বলা হয় এবং এর সাম্য ধ্রুবকটিকে K_{id} দ্বারা প্রকাশ করা হয়। (২) থেকে (৭) পর্যন্ত ছয়টি সমীকরণের মধ্যে মাত্র চারটি সমীকরণ (২, ৪, ৬ এবং ৭)

ব্যবহার করে সালফিউরিক এসিডের স্ব–আয়নীকরণ সম্পূর্ণরূপে ব্যাখ্যা করা যায়। এ বিক্রিয়াগুলির সাম্য ধ্রুবকের মান (25^0C উষ্ণতায়) ২.৫ সারণিতে উল্লেখ করা হয়েছে। বিশুদ্ধ দ্রাবকে H_2SO_4 বাদে অন্য যে অণু/আয়নগুলি (HSO_4^-, $H_3SO_4^+$, H_3O^+, $HS_2O_7^-$, $H_2S_2O_7$ এবং H_2O) উপস্থিত থাকে তাদের মোট মোলালগাঢ়ত্ব $10^\circ C$ উষ্ণতায় 0.0424m হয়। এদের মধ্যে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নের গাঢ়ত্ব অন্য যে কোনো অণু/আয়ন (H_2SO_4 বাদে) এর গাঢ়ত্বের দশ গুণ থেকেও বেশি হয়। এজন্য দ্রাবক হিসেবে সালফিউরিক এসিড ব্যবহার করার সময় রাসায়নিক সাম্য (২)–কে সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ বলে বিবেচনা করা হয়। ২.৬ সারণিতে সালফিউরিক এসিডের স্ববিযোজনের ফলে সৃষ্ট সকল আয়ন/অণুর মোলাল গাঢ়ত্ব দেখানো হয়েছে।

সারণি ২.৫ : 25^0C উষ্ণতায় সালফিউরিক এসিডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াগুলির সাম্য ধ্রুবকের মান।

বিক্রিয়া	সাম্য ধ্রুবকের রাশি	সাম্য ধ্রুবকের মান
$2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HSO_4^-$	$K_{ap} = [H_3SO_4^+][HSO_4^-]$	2.4×10^{-4}
$2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3O^+ + HS_2O_7^-$	$K_{id} = [H_3O^+][HS_2O_7^-]$	5.1×10^{-5}
$H_2S_2O_7 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HS_2O_7^-$	$K_{H_2S_2O_7} = \frac{[H_3SO_4^+][HS_2O_7^-]}{[H_2S_2O_7]}$	1.4×10^{-2}
$H_2O + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3O^+ + HSO_4^-$	$K_{H_2O} = \frac{[H_3O^+][HSO_4^-]}{[H_2O]}$	1

সারণি ২.৬ : সালফিউরিক এসিডের স্ববিযোজনের ফলে সৃষ্ট সকল আয়ন/অণুর মোলাল গাঢ়ত্ব (উষ্ণতা 10^0C)।

আয়ন/অণু	মোলাল গাঢ়ত্ব
HSO_4^-	0.0150
$H_3SO_4^+$	0.0113
H_3O^+	0.0080
$HS_2O_7^-$	0.0044
$H_2S_2O_7$	0.0036
H_2O	0.0001

Total	0.0424

কোনো দ্রাবকে দ্রবণ তৈরি করলে ঐ দ্রাবকের স্ব–প্রোটনীকরণের ফলে সৃষ্ট আয়নগুলির উপর দ্রবণের রাসায়নিক ধর্ম নির্ভরশীল হয়। যে কোনো ক্ষারের আয়নীকরণের ফলে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ঋণাত্মক আয়ন গঠিত হয় এবং এটিই ঐ দ্রাবকে তীব্রতম ক্ষার। একইভাবে এসিডের আয়নীকরণের ফলে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ধনাত্মক আয়ন গঠিত হয় যা ঐ দ্রাবকে তীব্রতম এসিড। অতএব সালফিউরিক এসিড দ্রবণে তীব্রতম ক্ষার হলো HSO_4^- আয়ন, যেসব বস্তু এ দ্রাবকে তীব্র ক্ষার হিসেবে কাজ করে তারা সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় এবং HSO_4^- আয়ন সৃষ্টি করে :

$$B + H_2SO_4 \longrightarrow BH^+ + HSO_4^-$$

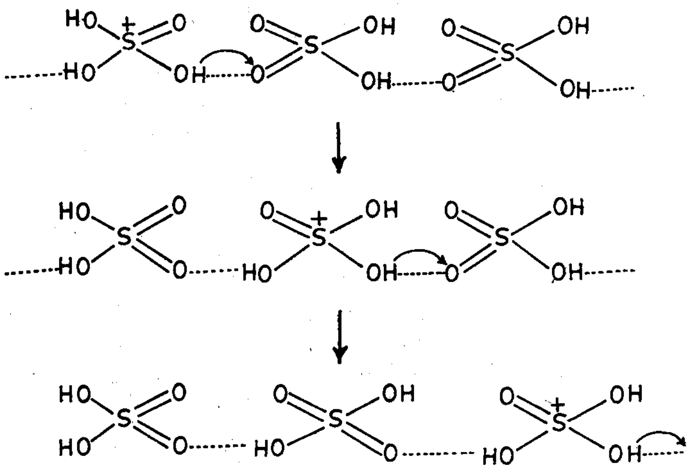
এসিডগুলি আয়নিত হয়ে $H_3SO_4^+$ আয়ন দেয়

$$HA + H_2SO_4 \longrightarrow H_3SO_4^+ + A^-$$

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে দ্রবীভূত বস্তুর আয়নীকরণ প্রক্রিয়া নির্ণয়ের পরীক্ষাভিত্তিক পদ্ধতিসমূহ (Experimental Methods for the Determination of Modes of Ionization of Dissolved Solutes in Sulphuric Acid)

সালফিউরিক এসিড দ্রবণের হিমাংক–অবনমন এবং বিদ্যুৎ পরিবাহিতা পরিমাপ করে দ্রবীভূত বস্তু কিভাবে আয়নিত হয় তা সঠিকভাবে জানা যায়। বিশুদ্ধ সালফিউরিক এসিডের গলনাংক 10.371^0C এবং এর ক্রায়োস্কোপিক ধ্রুবক, k (cryoscopic constant, k) এর মান 6.12 g $mole^{-1}$ kg। দ্রবণের হিমাংক–অবনমন (depression of freezing point) পরিমাপ করে প্রতি মোল দ্রবীভূত বস্তু থেকে প্রাপ্ত কণা (অণু অথবা আয়ন)–এর সংখ্যা, ν, হিসাব করা যায় এবং এরূপকণার সংখ্যা জানা থাকলে ঐ বস্তর আয়নীকরণ প্রক্রিয়া সম্পর্কে ধারণা করা যায়। ২.৭ সারণিতে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হয়েছে।

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে কোনো বস্তুর বিদ্যুৎ পরিবাহিতা পরিমাপ করেও দ্রাবকের সাথে দ্রবীভূত পদার্থ কিরূপ বিক্রিয়া ঘটায় সে সম্পর্কে তথ্য পাওয়া যায়। সালফিউরিক এসিডের সান্দ্রতা (viscosity)–এর মান খুব বেশি (25^0C উষ্ণতায় 24.5 cp যা একই উষ্ণতায় জলের সান্দ্রতা থেকে প্রায় পঁচিশ গুণ বেশি)। এজন্য এ দ্রাবকে ধাতব আয়নগুলির গতিশীলতা (mobility) খুবই কম। কিন্তু প্রোটন–সুইচ কৌশলে (proton-switch mechanism) (চিত্র ২.৬) H^+ আয়ন চলতে পারে বলে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নের গতিশীলতার উপর সান্দ্রতার কোনো প্রভাব থাকে না, ফলে এ আয়নগুলির গতিশীলতা খুবই বেশি হয়।



চিত্র ২.৬ : সালফিউরিক এসিডে প্রোটন–সুইচ কৌশলে $H_3SO_4^+$ আয়নের গতিশীলতা।

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নগুলির গতিশীলতা অন্য আয়নগুলির তুলনায় এত বেশি যে এ দ্রাবকে এসিড এবং ক্ষার দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা প্রায় সম্পূর্ণভাবে যথাক্রমে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। ফলে এসিড এবং ক্ষার দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা পরিমাপ করে এক মোল দ্রবীভূত এসিড বা ক্ষার অণু থেকে প্রাপ্ত $H_3SO_4^+$ বা HSO_4^- আয়নের মোল সংখ্যা , γ, হিসাব করা যায়। সারণি ২.৭–এ কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হয়েছে। অতএব দেখা যায় যে, হিমাংকঅবনমন পরীক্ষা থেকে ν এবং বিদ্যুৎ পরিবাহিতা থেকে γ এর মান হিসাব করে দ্রবণে কোনো এসিড বা ক্ষার কিরূপে আয়নিত হয় তা সঠিকভাবে জানা যায়।

সারণি ২.৭ : সালফিউরিক এসিড দ্রবণে দ্রবীভূত বিভিন্ন বস্তুর জন্য ν এবং γ এর মান।

দ্রাবকের সাথে দ্রবীভূত বস্তুর রাসায়নিক বিক্রিয়া	ν	γ
$CH_3COOH + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3COOH_2^+ + HSO_4^-$	2	1
$C_2H_5OH + H_2SO_4 \longrightarrow C_2H_5SO_4H + H_3O^+ + HSO_4^-$	3	1
$HNO_3 + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow NO_2^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$	4	2
$B_2O_3 + 9\,H_2SO_4 \longrightarrow 3\,H_3O^+ + 2\,B(HSO_4)_4^- + HSO_4^-$	6	1
$H_3BO_3 + 6\,H_2SO_4 \longrightarrow 3\,H_3O^+ + B(HSO_4)_4^- + 2\,HSO_4^-$	6	2
$N_2O_4 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow NO^+ + NO_2^+ + H_3O^+ + 3\,HSO_4^-$	6	3

সালফিউরিক এসিডে বিভিন্ন বস্তুর দ্রবণ (Solutions of Different Substances in Sulphuric Acid)

ক. অতড়িৎবিশ্লেষ্য বস্তুসমূহ (Nonelectrolytes) : সালফিউরিক এসিডে হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করে অনেকগুলি অণু একত্র অবস্থায় থাকে। কোনো পদার্থ যদি

নিজের আয়নিক প্রকৃতির কারণে অথবা নিজে সালফিউরিক এসিড অণুর সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে দ্রাবকের একত্র বিন্যাসকে ভেঙে দিতে পারে কেবল তাহলেই সেটি সালফিউরিক এসিডে দ্রবীভূত হতে পারে। এজন্য খুব কম সংখ্যক যৌগ আছে যেগুলি আয়নিত না হয়ে সালফিউরিক এসিডে দ্রবণীয় হয়। তথাপি যদি কোনো অণুর ক্ষার ধর্ম যথেষ্ট প্রবল হয় যার ফলে এটি সালফিউরিক এসিড অণুর সাথে সবল হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে পারে তাহলে এ হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে কিছু প্রোটনের স্থানান্তর ঘটতে পারে এবং এভাবে কিছু আয়নীকরণও ঘটতে পারে। অতএব দ্রবণে অতড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ হিসেবে অবস্থান করতে হলে পদার্থটির এমন ক্ষার ধর্ম থাকা প্রয়োজন যাতে করে এটি দ্রাবকের সাথে সবল হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করতে পারে কিন্তু এ ক্ষার ধর্ম প্রোটন যুক্ত করার মত যথেষ্ট প্রবল নয়। যে অল্প কয়েকটি যৌগ সালফিউরিক এসিডে আয়ন সৃষ্টি না করে দ্রবীভূত হয় তারা হলো অ্যালকাইল সালফোনাইল ফ্লোরাইড এবং সালফোনাইল ক্লোরাইড, সালফিউরাইল ক্লোরাইড, পিকরিক এসিড এবং অন্য কয়েকটি পলিনাইট্রো–অ্যারোমেটিক যৌগ এবং সালফোনিক এসিডসমূহ। ট্রাইক্লোরোঅ্যাসিটিক এসিড এবং ক্লোরোসালফিউরিক এসিডও সম্ভবত এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। সালফিউরিক এসিডে অতড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বিশুদ্ধ দ্রাবকের পরিবাহিতা অপেক্ষা কম হয়।

খ. তড়িৎবিশ্লেষ্য বস্তুসমূহ (Electrolytes) : সালফিউরিক এসিডের ডাই–ইলেকট্রিক ধ্রুবকের উচ্চমান এবং অণুগুলির মেরুপ্রবণতার কারণে এটি তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থগুলির জন্য একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। এ দ্রাবকে অনেকগুলি তড়িৎবিশ্লেষ্য বস্তু অনেকটা অপরিচিত এবং এগুলিকে জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায় না ; আবার জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায় এরূপ অনেকগুলি তড়িৎবিশ্লেষ্য বস্তু সালফিউরিক এসিড দ্রবণে সুস্থিত নয়। সালফিউরিক এসিডে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থগুলি ক্ষার বা এসিড হিসেবে কাজ করে।

ক্ষারসমূহ (Bases)

১। ধাতব হাইড্রোজেন সালফেটসমূহ (Metal hydrogen sulphates) ঃ ক্ষার ধাতু এবং অন্যান্য কিছু ধাতুর হাইড্রোজেন সালফেট যৌগগুলি সালফিউরিক এসিড দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ে HSO_4^- আয়ন দেয়। জলীয় দ্রবণে ধাতব হাইড্রক্সাইডের মত সালফিউরিক এসিড দ্রবণে এরা তীব্র ক্ষার। উদাহরণ :

$$KHSO_4 \xrightarrow{H_2SO_4} K^+ + HSO_4^-$$

$$KOH \xrightarrow{H_2O} K^+ + OH^-$$

ধাতব সালফেট যৌগগুলি সালফিউরিক এসিড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফেট যৌগে পরিণত হয়। জলীয় দ্রবণে ধাতব অক্সাইডগুলির ধাতবহাইড্রক্সাইডে রূপান্তরের সাথে একে তুলনা করা যায়।

$$K_2SO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow 2\,K^+ + 2\,HSO_4^-$$
$$K_2O + H_2O \longrightarrow 2\,K^+ + 2\,OH^-$$

অনেকগুলি ধাতু সালফেটের দ্রাব্যতা ২.৭ সারণিতে দেখানো হয়েছে।

সারণি ২.৭ : ধাতু সালফেটগুলির সালফিউরিক এসিডে দ্রাব্যতা।

সালফেট	দ্রাব্যতা (মোল %)	সালফেট	দ্রাব্যতা (মোল %)
Li_2SO_4	14.28	$PbSO_4$	0.12
Na_2SO_4	5.28	$CuSO_4$	0.08
K_2SO_4	9.24	$FeSO_4$	0.17
Ag_2SO_4	9.11	$NiSO_4$	Very small
$MgSO_4$	0.18	$HgSO_4$	0.78
$CaSO_4$	5.16	Hg_2SO_4	0.02
$BaSO_4$	8.85	$Al_2(SO_4)_3$	<0.01
$ZnSO_4$	0.17	$Tl_2(SO_4)_3$	<0.01

অন্যান্য অজৈব এসিডের লবণগুলি, যেমন AgCl, $CuBr_2$, $AlCl_3$, $AlPO_4$ ইত্যাদি হয় অদ্রবণীয় না হয় তারা সালফিউরিক এসিডে সম্পূর্ণভাবে সলভোলাইসিস বিক্রিয়া ঘটায়। উদাহরণ :

$$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na^+ + HSO_4^- + HCl$$
$$KNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow K^+ + HSO_4^- + HNO_3$$
$$Na_3PO_4 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow 3\,Na^+ + 3\,HSO_4^- + H_3PO_4$$
$$NH_4ClO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow NH_4^+ + HSO_4^- + HClO_4$$

এরূপ দ্রবণীয় লবণগুলি সালফিউরিক এসিডে তীব্র ক্ষার দ্রবণ সৃষ্টি করে। সলভোলাইসিস ঘটার দুটি কারণ রয়েছে : (১) স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়ার ফলে সালফিউরিক এসিডে প্রচুর পরিমাণে $H_3SO_4^+$ আয়ন পাওয়া যায়, (২) যে এসিডগুলি থেকে এ লবণগুলি তৈরি তারা সালফিউরিক এসিডে হয় অত্যন্ত দুর্বল না হয় তারা এ দ্রাবকে আদৌ এসিড হিসেবে কাজ করে না। যেমন এ দ্রাবকে $HClO_4$ একটি অতি দুর্বল এসিড এবং H_3PO_4, HNO_3 এবং HCl প্রত্যেকেই ক্ষার হিসেবে কাজ করে।

উচ্চ ইলেকট্রোপজিটিভ ধাতুগুলির অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডসমূহ সালফিউরিক এসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রাবক বিশ্লেষিত হয়ে হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয়। ফলে এরাও এ দ্রাবকে তীব্র ক্ষার হিসেবে কাজ করে।

$$K_2O + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow 2\,K^+ + H_3O^+ + 3\,HSO_4^-$$
$$KOH + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow K^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$$

২। **অন্য সরল ক্ষারসমূহ** (Other simple bases) : ধাতু হাইড্রোজেন সালফেট ছাড়াও আরো অনেক পদার্থ আছে যারা সালফিউরিক এসিড থেকে প্রোটন গ্রহণ করে দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফেট আয়ন সৃষ্টি করে, ফলে এরাও ক্ষার। বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ (যেমন এসিড, ইথার, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, এস্টার, অ্যামিন, অ্যামাইড, ইত্যাদি) সালফিউরিক এসিডে দ্রবীভূত হয়। এ যৌগগুলিতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সংবলিত O বা N পরমাণু উপস্থিত থাকে যা সালফিউরিক এসিড থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$CH_3COOH + H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3COOH_2^+ + HSO_4^-$$

$$CH_3CH_2OH + H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3CH_2OH_2^+ + HSO_4^-$$

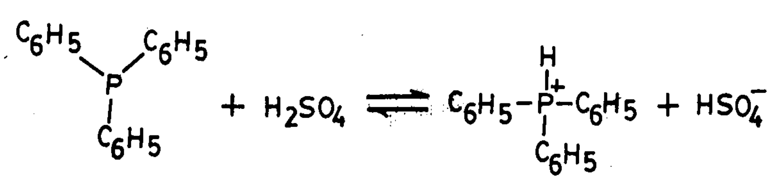
$$CH_3COCH_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows (CH_3)_2\,C^+\text{–}OH + HSO_4^-$$

$$CH_3\text{–}CO\text{–}OC_2H_5 + H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3\text{–}\underset{\displaystyle OC_2H_5}{\underset{|}{C^+}}\text{–}OH + HSO_4^-$$

$$CH_3NH_2 + H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + HSO_4^-$$

$$CH_3CONH_2 + H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3\text{–}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C^+}}\text{–}OH + HSO_4^-$$

বিভিন্ন জৈব ফসফিন যৌগগুলিও সালফিউরিক এসিড থেকে প্রোটন গ্রহণ করে তীব্র ক্ষার হিসেবে আচরণ করে :



যেসব জৈব যৌগে একের বেশি ক্ষারীয় গ্রুপ উপস্থিত থাকে তারা একের বেশি প্রোটন গ্রহণ করতে পারে। অ্যামিনো এসিডগুলি এরূপ যৌগের উদাহরণ।

$$NH_2\text{–}CH_2\text{–}COOH + 2\,H_2SO_4 \rightleftarrows H_3N^+\text{–}CH_2\text{–}COOH_2^+ + 2\,HSO_4^-$$

বহু জৈব যৌগের সালফিউরিক এসিড দ্রবণ যথেষ্ট সুস্থিত এবং দ্রবণে জল যোগ করে জৈব যৌগগুলিকে সহজেই অপরিবর্তিত অবস্থায় ফিরে পাওয়া যায়।

জল এবং ফসফোরিক এসিড দুটি অজৈব যৌগের উদাহরণ যা সালফিউরিক এসিডে তীব্র ক্ষার :

$$H_2O + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3O^+ + HSO_4^-$$

$$H_3PO_4 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_4PO_4^+ + HSO_4^-$$

অন্যদিকে সেলিনিয়াম ডাই-অক্সাইড এ দ্রাবকে একটি দুর্বল ক্ষার :

$$SeO_2 + H_2SO_4 \rightleftarrows HSeO_2^+ + HSO_4^-$$

জৈব যৌগগুলির মধ্যে নাইট্রো যৌগসমূহ, সালফোনসমূহ, সালফোক্সাইডসমূহ এবং নাইট্রাইলসমূহ সালফিউরিক এসিডে দুর্বল ক্ষার হিসেবে আচরণ করে।

৩। **জটিল ক্ষারসমূহ** (Complex bases) : অনেকগুলি অক্সি এবং হাইড্রক্সি যৌগ রয়েছে যারা সালফিউরিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে জলাণু সৃষ্টি করে, যা অতঃপর আয়নিত হয়ে HSO_4^- আয়ন দেয়। ফলে এ যৌগগুলি সালফিউরিক এসিড দ্রবণে ক্ষার হিসেবে আচরণ করে। এরূপ আচরণ প্রদর্শনকারী সহজ উদাহরণগুলির মধ্যে রয়েছে XOH সাধারণ সংকেত সংবলিত কতকগুলি যৌগ যারা হাইড্রোজেন সালফেট জাতক XSO_4H গঠন করে :

$$XOH + 2\,H_2SO_4 \rightleftarrows XSO_4H + H_3O^+ + HSO_4^-$$

ইথাইল অ্যালকোহল এরূপ একটি ক্ষার :

$$CH_3CH_2OH + 2\,H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3CH_2SO_4H + H_3O^+ + HSO_4^-$$

একইভাবে আয়োডিক এসিড আয়োডিন হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয় :

$$HIO_3 + 2H_2SO_4 \rightleftarrows IO_2SO_4H + H_3O^+ + HSO_4^-$$

অনেক সময় হাইড্রোজেন সালফেট যৌগটি এর কনজুগেট এসিড গঠন করে অথবা X^+ এবং HSO_4^- হিসেবে আয়নিত হয়ে ক্ষার হিসেবে কাজ করে :

$$XSO_4H + H_2SO_4 \rightleftarrows XSO_4H_2^+ + HSO_4^-$$

$$XSO_4H \rightleftarrows X^+ + HSO_4^-$$

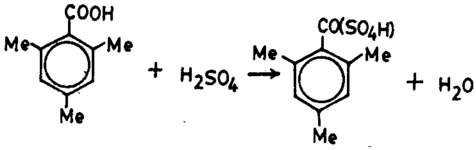
নাইট্রিক এসিড, ট্রাইফিনাইল কার্বিনল এবং মেসিটোয়িক এসিড প্রত্যেকেই প্রথমে হাইড্রোজেন সালফেট যৌগ XSO_4H গঠন করে যা পরবর্তীতে সম্পূর্ণরূপে X^+ এবং HSO_4^- আয়নে বিযোজিত হয় :

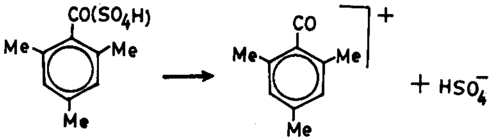
$$HONO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow NO_2\,(SO_4H) + H_2O$$
$$NO_2\,(SO_4H) \longrightarrow NO_2^+ + HSO_4^-$$
$$H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow H_3O^+ + HSO_4^-$$

$$HNO_3 + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow NO_2^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$$

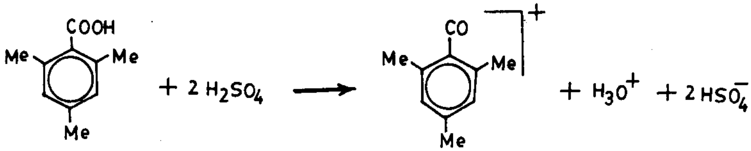
$$Ph_3COH + H_2SO_4 \longrightarrow Ph_3C\,(SO_4H) + H_2O$$
$$Ph_3C\,(SO_4H) \longrightarrow Ph_3C^+ + HSO_4^-$$
$$H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow H_3O^+ + HSO_4^-$$

$$Ph_3COH + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow Ph_3C^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$$

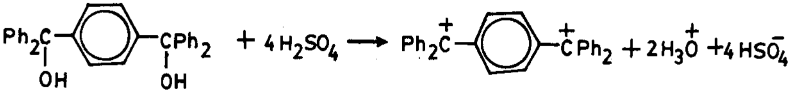




$$H_2O + H_2SO_4 \longrightarrow H_3O^+ + HSO_4^-$$



দুটি কার্বোনিয়াম আয়ন কেন্দ্র সংবলিত কয়েকটি কৌতূহলোদ্দীপক আয়ন সালফিউরিক এসিডে পাওয়া যায়। উদাহরণ :



এভাবে প্রাপ্ত ধনাত্মক আয়নগুলির মধ্যে অনেকগুলি অত্যন্ত প্রবল ইলেকট্রোফিলিক প্রকৃতিযুক্ত এবং এরা কেবল অত্যন্ত দুর্বল ক্ষার ধর্মবিশিষ্ট দ্রাবকে সুস্থিত হয়। ফলে এদেরকে সালফিউরিক এসিডে সুস্থিত অবস্থায় পাওয়া যায়, কারণ এর ক্ষার ধর্ম খুবই কম।

কতকগুলি অ্যানহাইড্রাইড যৌগ সালফিউরিক এসিডে তীব্র ক্ষার হিসেবে আচরণ করে। উদাহরণ :

$$N_2O_5 + 3\,H_2SO_4 \rightleftarrows 2\,NO_2^+ + H_3O^+ + 3\,HSO_4^-$$

এসিডসমূহ (Acids)

জলীয় দ্রবণে এসিড হিসেবে কাজ করে এরূপ বস্তুর অধিকাংশগুলিই সালফিউরিক এসিড দ্রবণে বিভিন্ন প্রকারের ক্ষার হিসেবে আচরণ করে। নিচে এদের কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$HF + 2\,H_2SO_4 \rightleftarrows HSO_3F + H_3O^+ + HSO_4^-$$

$$CH_3COOH + H_2SO_4 \rightleftarrows CH_3COOH_2^+ + HSO_4^-$$

$$H_3PO_4 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_4PO_4^+ + HSO_4^-$$

$$H_3BO_3 + 6\,H_2SO_4 \rightleftarrows B(HSO_4)_4^- + 3\,H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$$

$$H_2SO_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows SO_2 + H_3O^+ + HSO_4^-$$

$$HNO_3 + 2\,H_2SO_4 \rightleftarrows NO_2^+ + H_3O^+ + 2\,HSO_4^-$$

জলীয় দ্রবণে পারক্লোরিক এসিডকে সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী এসিড বলে মনে করা হয়। এটিও সালফিউরিক এসিড দ্রবণে অতি অল্প পরিমাণে বিযোজিত হয়ে একটি দুর্বল এসিড হিসেবে কাজ করে :

$$HClO_4 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + ClO_4^-$$

এবং ধাতব পারক্লোরেটগুলি সালফিউরিক এসিড দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রাবক বিশ্লেষিত হয়ে একটি তীব্র ক্ষার হিসেবে কাজ করে। উদাহরণ :

$$NaClO_4 + H_2SO_4 \rightleftarrows Na^+ + HClO_4 + HSO_4^-$$

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে ডাইসালফিউরিক এসিড এবং উচ্চতর পলিসালফিউরিক এসিডগুলি দুর্বল এসিড হিসেবে কাজ করে। ফ্লোরোসালফিউরিক এসিডও এ দ্রাবকে একটি দুর্বল এসিড।

$$H_2S_2O_7 + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + HS_2O_7^-$$

$$HSO_3F + H_2SO_4 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + SO_3F^-$$

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে একটি তীব্র এসিড হলো টেট্রা(হাইড্রোজেনসালফেটো)বোরিক এসিড, $HB(HSO_4)_4$।

$$HB\,(HSO_4)_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_3SO_4^+ + B\,(HSO_4)_4^-$$

অলিয়ামে বোরিক এসিড দ্রবীভূত করে এটি তৈরি করা যায় :

$$H_3BO_3 + 3\,H_2S_2O_7 \rightleftarrows H_3SO_4^+ + B(HSO_4)_4^- + H_2SO_4$$

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে অন্যান্য দুর্বল এসিডের উদাহরণ হলো হেক্সা-(হাইড্রোজেনসালফেটো)স্ট্যানিক এসিড, $H_2Sn\,(HSO_4)_6$, হেক্সা(হাইড্রোজেনসালফেটো)-প্লাম্বিক এসিড, $H_2Pb(HSO_4)_6$, টেট্রা(হাইড্রোজেনসালফেটো)আরসেনিয়াস এসিড, $HAs(HSO_4)_4$। ২.৮ সারণিতে সালফিউরিক এসিড দ্রবণে কয়েকটি এসিডের বিয়োজন ধ্রুবকের মান দেয়া হয়েছে।

সারণি ২.৮ : সালফিউরিক এসিড দ্রবণে কয়েকটি এসিডের বিয়োজন ধ্রুবকের মান।

এসিড	বিয়োজন ধ্রুবক, K_a (mole kg^{-1})
HSO_3Cl	অত্যন্ত দুর্বল এসিড
$HClO_4$	অত্যন্ত দুর্বল এসিড
$HAs(HSO_4)_4$	অত্যন্ত দুর্বল এসিড
HSO_3F	3×10^{-3} (25^0C)
$H_2S_2O_7$	1.4×10^{-2} (10^0C)
$H_2Pb(HSO_4)_6$	1.1×10^{-2} (10^0C)
$HB(HSO_4)_4$	4×10^{-1}

সালফিউরিক এসিড দ্রবণে প্রশমন বিক্রিয়া (Neutralization Reactions in Sulphuric Acid)

অন্য সব উভপ্রোটিক (amphoteric) দ্রাবকের মত সালফিউরিক এসিডেও এসিড–ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ঘটানো যায়। এ দ্রাবকে প্রশমন বিক্রিয়াটি হলো

$$H_3SO_4^+ + HSO_4^- \longrightarrow 2\ H_2SO_4$$

যা জলীয় দ্রবণে এসিড–ক্ষার বিক্রিয়া

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2\ H_2O$$

এর অনুরূপ। যেহেতু সালফিউরিক এসিড দ্রাবকে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নগুলির পরিবাহিতা অন্য সকল আয়নের পরিবাহিতা থেকে অনেক বেশি সেজন্য এ দ্রাবকে দ্রবীভূত কোনো এসিডের সাথে যতই ক্ষার দ্রবণ যোগ করা হয় দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান ততই কমতে থাকে, এবং উল্টাক্রমে এ দ্রাবকে দ্রবীভূত কোনো ক্ষার দ্রবণে যতই এসিড যোগ করা হয় দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা একইভাবে কমতে থাকে। এভাবে বিদ্যুৎ পরিবাহিতার একটি সর্বনিম্ন মান পাওয়া যায় এবং তারপর আরো বেশি ক্ষার বা এসিড যোগ করলে বিদ্যুৎ পরিবাহিতা আবার বাড়তে থাকে। পরিবাহিতার সর্বনিম্ন মানের অবস্থান এসিড এবং ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক দুটির মানের উপর নির্ভর করে। সালফিউরিক এসিড দ্রবণে একটি তীব্র এসিড এবং একটি তীব্র ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

$$HB(HSO_4)_4 + KHSO_4 \longrightarrow K^+ + B(HSO_4)_4^- + H_2SO_4$$

প্রশ্নমালা

১। তরল অ্যামোনিয়ায় বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা আলোচনা কর। দ্রাবক হিসেবে তরল অ্যামোনিয়ার সুবিধা এবং অসুবিধাগুলি কি?

২। তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে ক্ষার ধাতুগুলির রাসায়নিক ধর্ম আলোচনা কর। এ দ্রবণে উপস্থিত বিভিন্ন বস্তুকণার প্রকৃতির সপক্ষে কি কি প্রমাণ আছে?

৩। তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে যে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় সেগুলি সম্পর্কে আলোচনা কর।

৪। তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে ফেনলফথালিন বর্ণহীন কিন্তু পটাসিয়াম অ্যামাইড যোগ করলে দ্রবণ গাঢ় লাল বর্ণ ধারণ করে। কারণ ব্যাখ্যা কর।

৫। উদাহরণসহ অ্যামোনো এসিড এবং অ্যামোনো ক্ষারগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।

৬। এমন কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর যেগুলি তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে সংঘটিত হয় কিন্তু জলীয় দ্রবণে সংঘটিত হয় না।

৭। (ক) তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে শক্তিশালী জারক বস্তুগুলি সুস্থিত হয় না কেন?

(খ) ক্ষার ধাতুগুলি জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, কিন্তু তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে সুস্থিত হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

৮। তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে ক্ষার ধাতুর গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের সাথে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা এবং চৌম্বক সংবেদনশীলতার পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

৯। তরল অ্যামোনিয়া দ্রাবকে ক্ষার ধাতুসমূহের ঘন দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলি কি? এ বৈশিষ্ট্যগুলি কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

১০। সলভেশান বিক্রিয়া কি? তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে নিম্নলিখিত অণু/আয়নগুলির সলভেশান বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ এবং সলভেটগুলির গাঠনিক বিন্যাস চিত্র এঁকে দেখাও:

SO_3, BF_3, SiF_4, Ag^+ এবং Cu^{2+}

১১। সলভোলাইসিস বিক্রিয়া কি? তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সলভোলাইসিস বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ :

Cl_2, SO_2Cl_2, BCl_3, SiH_3Cl, $SiCl_4$, $POCl_3$, NaH এবং $CH_3–CO–OC_2H_5$

১২। তরল অ্যামোনিয়ায় ক্ষার ধাতুসমূহের দ্রবণের অতি তীব্র বিজারক হিসেবে কাজ করার কারণ ব্যাখ্যা কর।

১৩। ক্ষার ধাতুগুলি জলের সাথে অতি দ্রুত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটায় কিন্তু তরল অ্যামোনিয়ায় কোনো বিক্রিয়া না করেই দ্রবীভূত হয়। এ পার্থক্যের কারণ কি?

১৪। জলীয় দ্রবণে সংঘটিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাথে তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে সংঘটিত অনুরূপ বিক্রিয়াগুলির তুলনা কর।

১৫। তরল অ্যামোনিয়ায় একটি এসিড–ক্ষার বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও এবং জলীয় দ্রবণে সংঘটিত একটি অনুরূপ বিক্রিয়ার সাথে এর তুলনা কর।

১৬। তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে সংঘটিত নিম্নলিখিত বিভিন্ন প্রকার বিক্রিয়া উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর :

(i) এসিড–ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া

(ii) অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া

(iii) জটিলগঠন বিক্রিয়া,

(iv) দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া,

(v) উভপ্রোটিক বিক্রিয়া।

(vi) দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া

১৭। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের ধর্মগুলি আলোচনা কর এবং এ দ্রাবকে বিভিন্ন বস্তুর দ্রাব্যতা ব্যাখ্যা কর।

১৮। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে অধিকাংশ ঋণাত্মক আয়ন অস্থিত হয় কেন?

১৯। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে যে বিভিন্ন পদ্ধতিতে লবণসমূহ দ্রবীভূত হয় সেগুলি আলোচনা কর।

২০। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

২১। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে যে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে সেগুলি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। জলীয় দ্রবণে সংঘটিত অনুরূপ বিক্রিয়াগুলির সাথে এ বিক্রিয়াগুলি তুলনা কর।

২২। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে তড়িৎরাসায়নিক জারণ বিক্রিয়া সম্পর্কে একটি টীকা লেখ।

২৩। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে SbF_5 এবল BrF_3 এসিড হিসেবে কাজ করে কিন্তু HNO_3 এবং H_2SO_4 ক্ষার হিসেবে কাজ করে। কারণ ব্যাখ্যা কর।

২৪। জৈবিক গুরুত্বসম্পন্ন যৌগগুলির দ্রাবক হিসেবে তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের ব্যবহার আলোচনা কর।

২৫। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রাবকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড দ্রবীভূত করলে কি ঘটে? সঠিক সমীকরণ দাও। বিশুদ্ধ দ্রাবকের সাপেক্ষে দ্রবণটি কি এসিডীয় না ক্ষারীয় হবে?

২৬। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে নিচের প্রত্যেক প্রকার বিক্রিয়ার জন্য দুটি করে সমীকরণ লেখ :

(ক) অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া, (খ) দ্রাবক সংযোজন বিক্রিয়া, (গ) দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া, (ঘ) এসিড–ক্ষার বিক্রিয়া, (ঙ) জটিল গঠন বিক্রিয়া, (চ) রিডক্স বিক্রিয়া।

২৭। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডে জৈব যৌগসমূহ সহজে দ্রবীভূত হয় কেন?

২৮। সলভোলাইসিস বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর এবং তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে নিম্নলিখিত যৌগগুলির সলভোলাইস বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ :

$$KCl, KCN, KNO_3, K_2SO_4, CH_3COCl, (CH_3CO)_2O$$

২৯। তরল হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড দ্রবণে দুটি উভপ্রোটিক বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

৩০। হাইড্রোজেন ফ্লোরাইডের সাথে গঠিত দুটি সলভেটের গাঠনিক কাঠামো এঁকে দেখাও।

৩১। বিশুদ্ধ সালফিউরিক এসিডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। এ দ্রাবকে $H_3SO_4^+$ এবং HSO_4^- আয়নগুলির বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান অন্য সব আয়নের বিদ্যুৎ পরিবাহিতার তুলনায় অনেক বেশি কেন? এ আয়ন দুটির বিদ্যুৎ পরিবহণ করার কৌশল আলোচনা কর।

৩২। সালফিউরিক এসিড দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা এবং হিমাংক নির্ণয় করে দ্রবীভূত পদার্থের আয়নীকরণ বিক্রিয়া কিভাবে নির্ণয় করা যায় তা আলোচনা কর। সালফিউরিক এসিড দ্রবণে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির জন্য ν (এক মোল দ্রবীভূত পদার্থ থেকে প্রাপ্ত কণার মোল সংখ্যা) এবং γ (এক মোল দ্রবীভূত পদার্থ থেকে প্রাপ্ত $H_3SO_4^+$ অথবা HSO_4^- আয়নের মোল সংখ্যা) এর মান দেয়া আছে :

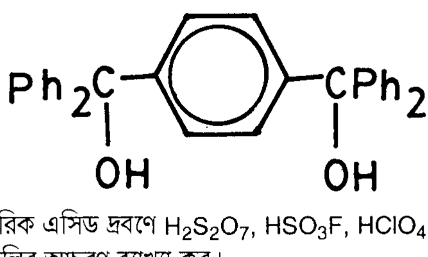
দ্রবীভূত পদার্থ	ν	γ
CH_3COOH	2	1
H_3PO_4	2	1
HNO_3	4	2
HCl	3	1
H_3BO_3	6	2
N_2O_4	6	3
$NaNO_2$	6	3

দ্রবণে এ পদার্থগুলির আয়নীকরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ।

৩৩। সালফিউরিক এসিড দ্রবণে প্রশমন বিক্রিয়া কি? এ দ্রবণে একটি তীব্র এসিড এবং একটি তীব্র ক্ষারের উদাহরণ দাও এবং তাদের প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ।

৩৪। বিশুদ্ধ সালফিউরিক এসিড দ্রাবকে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও :

$CH_3–O–CH_3$, $(C_6H_5)_3COH$, $Me_3C_6H_2COOH$, N_2O_5, SeO_2, NH_2CH_2COOH, CH_3COCH_3, $CH_3COOC_2H_5$, HIO_3, HNO_3 এবং



৩৫। সালফিউরিক এসিড দ্রবণে $H_2S_2O_7$, HSO_3F, $HClO_4$, $H_2Pb(HSO_4)_6$ এবং $HB(HSO_4)_4$ যৌগগুলির আচরণ ব্যাখ্যা কর।

৩৬। সালফিউরিক এসিড দ্রবণে একটি এসিড এবং একটি ক্ষারের মধ্যে সংঘটিত প্রশমন বিক্রিয়া কিভাবে অনুসরণ করা যায়?

৩৭। বিশুদ্ধ সালফিউরিক এসিড দ্রাবকে ট্রাইফিনাইল ফসফিন কিরূপে দ্রবীভূত হয়? সালফিউরিক এসিডের সাপেক্ষে এ দ্রবণটি এসিডীয় না ক্ষারীয় প্রকৃতিবিশিষ্ট হবে?

৩৮। সালফিউরিক এসিডে ধাতব সালফেট লবণগুলির দ্রবণ এসিডীয় না ক্ষারীয় প্রকৃতি বিশিষ্ট হবে? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও।

৩৯। কোন ধরনের পদার্থগুলি আয়ন সৃষ্টি না করে সালফিউরিক এসিডে দ্রবীভূত হতে পারে? এরূপ দুটি পদার্থের উদাহরণ দাও। সালফিউরিক এসিডে এরূপ পদার্থগুলির বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান বিশুদ্ধ দ্রাবকের পরিবাহিতা থেকে কম হয় কেন?

৪০। সালফিউরিক এসিডে N_2O_4 এর দ্রবণের জন্য $\nu = 6$ এবং $\gamma = 3$ হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

৪১। সালফিউরিক এসিডে 1 মোল N_2O_5 দ্রবীভূত করে 3 তুল্যমান ক্ষার পাওয়া যায়। বিদ্যুৎ পরিবাহিতার পরীক্ষা থেকে দেখা যায় N_2O_5 এর জন্য $\nu = 6$ হয়। সালফিউরিক এসিড দ্রবণে N_2O_5 এর দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার জন্য একটি সমীকরণ দাও।

তৃতীয় অধ্যায়
তরল অক্সাইড দ্রাবকসমূহ
(Liquid Oxide Solvents)

তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড (Liquid Dinitrogen Tetraoxide)

ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের গলনাংক -12.3^0C এবং স্ফুটনাংক 21.3^0C, অতএব -12.3^0C থেকে $+21.3^0C$ পর্যন্ত 33.6^0C তাপমাত্রার সীমানার মধ্যে একে তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। এটি জল অপেক্ষা ভারি (ঘনত্ব = $1.49\ g/cm^3$)। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান অত্যন্ত নিম্ন (18^0C উষ্ণতায় 2.42) এবং 17^0C উষ্ণতায় আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা মাত্র $2.36 \times 10^{-13}\ ohm^{-1}\ cm^{-1}$। বিশুদ্ধ অবস্থাতেও এটি কিছু পরিমাণে আয়নিত অবস্থায় থাকে, প্রস্তাবিত স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি হলো :

$$N_2O_4 \rightleftarrows NO^+ + NO_3^-$$

যেহেতু আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান খুব কম, এ বিক্রিয়া অতি অল্প পরিমাণে সংঘটিত হয়। ^{15}N চিহ্নিত টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড দ্রবণে অতি দ্রুত N_2O_4 অণুর সাথে NO_3^- আয়ন বিনিময় করে যা N_2O_4 এর উপরিউক্ত স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াকে সমর্থন করে।

$$[Me_4N]^{+15}NO_3^- \rightleftarrows [Me_4N]^+ + {}^{15}NO_3^-$$

$$N_2O_4 \rightleftarrows NO^+ + NO_3^-$$

$$[Me_4N]^+ + NO_3^- \rightleftarrows [Me_4N]^+ NO_3^-$$

$$NO^+ + {}^{15}NO_3^- \rightleftarrows {}^{15}NNO_4$$

অনার্দ্র HNO_3 দ্রাবকে N_2O_4 দ্রবণের অবলোহিত বর্ণালী (infrared spectrum) পরীক্ষা করেও দ্রবণে NO^+ এবং NO_3^- আয়নের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে।

ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের অতি ক্ষুদ্র মানের কারণে এটি আয়নিক যৌগের জন্য ভাল দ্রাবক নয়। এ দ্রাবকে আয়নিক যৌগগুলির দ্রাব্যতা তাদের ইথারে দ্রাব্যতার মানের সাথে তুলনীয়। কিন্তু অনেক প্রকার জৈব যৌগ এ দ্রাবকে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া না করেই দ্রবীভূত হয়। অ্যালকেন, অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন, কার্বোক্সিলিক এসিড এবং হ্যালো ও নাইট্রো যৌগসমূহ সহজেই দ্রবীভূত হয়। ইথার, এস্টার, টারসিয়ারি অ্যামিন এবং অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনযুক্ত বিষমচাক্রিক যৌগসমূহও দ্রবণীয়। অ্যালকোহল, কিটোন এবং প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি অ্যামিনগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া করে দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ (Chemical Reactions)

তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড দ্রাবকে নিচে বর্ণিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

১। এসিড-ক্ষার বিক্রিয়া বা প্রশমন বিক্রিয়া (Acid-base reactions or neutralization reactions) : তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়া থেকে বুঝা যায়, যেসব বস্তু এ দ্রাবকে NO^+ আয়ন সৃষ্টি করে তারা এসিড এবং যেসব বস্তু NO_3^- আয়ন সৃষ্টি করে তারা ক্ষার। এজন্য এ দ্রাবকে NOCl ও NOBr এসিড হিসেবে আচরণ করে এবং $AgNO_3$, Me_4NNO_3 Et_4NNO_3, $Et_2NH_2NO_3$ ইত্যাদি যৌগ ক্ষার হিসেবে আচরণ করে।

$$\underset{\text{(এসিড)}}{NOCl} \rightleftarrows NO^+ + Cl^-$$

$$\underset{\text{(ক্ষার)}}{Et_4NNO_3} \rightleftarrows Et_4N^+ + NO_3^-$$

প্রশমন বিক্রিয়া হলো NO^+ এবং NO_3^- আয়নের মধ্যে বিক্রিয়া যার ফলে দ্রাবক অণু N_2O_4 সৃষ্টি হয়।

$$NO^+ + NO_3^- \longrightarrow N_2O_4$$

এ দ্রাবকে একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো NOCl দ্রবণের সাথে কঠিন $AgNO_3$ এর বিক্রিয়া।

$$\underset{\text{(এসিড)}}{NOCl} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{AgNO_3\ (s)} \xrightarrow{\text{তরল } N_2O_4} \underset{\text{(লবণ)}}{AgCl\ (\downarrow)} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{N_2O_4}$$

২। দ্রাবক বিশ্লেষণ বা সলভোলাইসিস বিক্রিয়া (Solvolysis reactions) : তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড দ্রাবকে অনেকগুলি দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$KCl + N_2O_4 \longrightarrow KNO_3 + NOCl$$

$$Et_4NCl + N_2O_4 \longrightarrow Et_4NNO_3 + NOCl$$

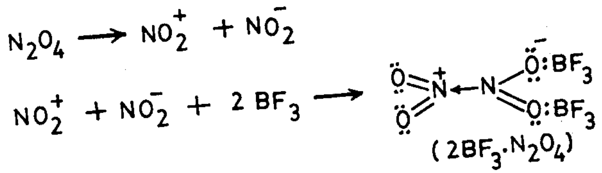
$$[\,Mg(H_2O)_6\,]Cl_2 + 2\,N_2O_4 \longrightarrow [\,Mg(H_2O)_6\,]\,(NO_3)_2 + 2\,NOCl$$

$$Mg(ClO_4)_2 + 2\,N_2O_4 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + 2\,NOClO_4$$

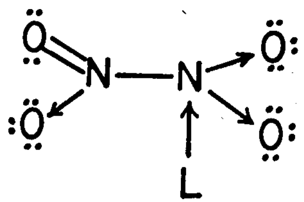
৩। দ্রাবক সংযোজন বা সলভেশান বিক্রিয়া (Solvation reactions) : অনেকগুলি অবস্থান্তর ধাতুর নাইট্রেট যৌগ তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে সলভেট গঠন করে। নিচে কয়েকটি সলভেটের গঠন দেখানো হয়েছে যার প্রত্যেকটিকে জটিল যৌগ মনে করা যায়।

$$Zn(NO_3)_2 + 2\,N_2O_4 \longrightarrow (NO^+)_2\,[Zn(NO_3)_4]^{2-}$$
$$Cu(NO_3)_2 + N_2O_4 \longrightarrow (NO^+)[\,Cu(NO_3)_3\,]^-$$
$$Fe(NO_3)_3 + N_2O_4 \longrightarrow (NO^+)[\,Fe(NO_3)_4\,]^-$$
$$UO_2(NO_3)_2 + N_2O_4 \longrightarrow (NO^+)[\,UO_2(NO_3)_3\,]^-$$

অনেকগুলি সমযোজী যৌগও N_2O_4 এর সাথে সলভেট গঠন করতে পারে। BF_3 এর সলভেট $2BF_3.N_2O_4$ এর গঠন অত্যন্ত কৌতূহলোদ্দীপক। এখানে N_2O_4 এর অসাধারণ প্রকৃতির আয়নীকরণ ঘটে :

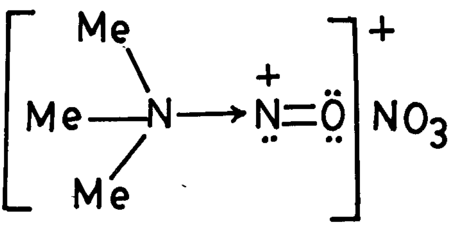


বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগ N_2O_4 এর সাথে সলভেট গঠন করে। ৩.১ সারণিতে—এ এদের একটি তালিকা দেয়া হয়েছে। এ সলভেটগুলিতে সাধারণভাবে জৈব যৌগগুলি এক জোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন দান করে N_2O_4 এর সাথে একটি সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে। 1 : 1 যুত যৌগগুলির গাঠনিক বিন্যাস সম্ভবত নিম্নরূপ :



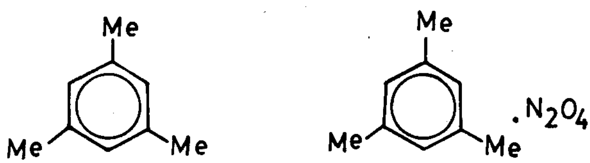
L = জৈব যৌগ

তীব্র লুইস ক্ষার হিসেবে কাজ করে এরূপ জৈব যৌগের সাথে N_2O_4 এর সলভেটগুলি আয়নিক প্রকৃতিবিশিষ্ট হয়। $Me_3N.N_2O_4$ এরূপ একটি উদাহরণ।



সারণি ৩.১ : N_2O_4 এর সাথে কয়েকটি জৈব যৌগের সলভেট।

জৈব যৌগ	সলভেট
Et_2O	$2Et_2O.N_2O_4$
THF	THF. N_2O_4
Me_2CO	$2Me_2CO. N_2O_4$
C_6H_6	$C_6H_6. N_2O_4$
Me_2SO	$Me_2SO. N_2O_4$
Et_2SO	$Et_2SO. N_2O_4$
CH_3COOH	$2CH_3COOH. N_2O_4$
C_6H_5CN	$C_6H_5CN. N_2O_4$
$C_6H_5COOC_2H_5$	$2C_6H_5COOC_2H_5. N_2O_4$
Me_3N	$Me_3N. N_2O_4$



৪। **ধাতুসমূহের বিক্রিয়া (Reactions of metals) :** লিথিয়াম এবং সোডিয়ামের মত সক্রিয় ধাতুগুলি সহজেই তরল N_2O_4 এর সাথে বিক্রিয়া করে। এ বিক্রিয়াগুলি H_2O এর সাথে ক্ষার ধাতুগুলির বিক্রিয়ার অনুরূপ ঃ

$$Na + N_2O_4 \rightarrow NaNO_3 + NO (\uparrow)$$
$$Na + H_2O \rightarrow NaOH + {}^1/_2H_2(\uparrow)$$

HCl যেমন ধাতুর সাথে H_2O এর সক্রিয়তা বৃদ্ধি করে ঠিক তেমনি NOCl যোগ করলে ধাতুর সাথে তরল N_2O_4 এর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। তরল N_2O_4 দ্রাবকে NOCl এর দ্রবণ সহজেই জিঙ্ক, আয়রন এবং টিনের সাথে বিক্রিয়া করে।

$$Zn + 2\,NOCl \xrightarrow{\text{তরল } N_2O_4} ZnCl_2 + 2\,NO$$
$$Fe + 2\,NOCl \xrightarrow{\text{তরল } N_2O_4} FeCl_2 + 2\,NO$$
$$Sn + 4\,NOCl \xrightarrow{\text{তরল } N_2O_4} SnCl_4 + 4NO$$
$$M + 2\,HCl \xrightarrow{H_2O} MCl_2 + H_2$$

জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড দ্রাবকে উভপ্রোটিক (amphoteric) আচরণ দেখায়। যদিও বিশুদ্ধ তরল N_2O_4 এর সাথে জিঙ্কের

বিক্রিয়া অতি ধীর গতিতে চলে, এটি এ দ্রাবকে যে কোনো নাইট্রেট দ্রবণ (যা N_2O_4 দ্রবণে একটি ক্ষার)–এর সাথে দ্রুত বিক্রিয়া করে।

$$Zn + 2[Et_4N]NO_3 + 2N_2O_4 \rightarrow [Et_4N]_2[Zn(NO_3)_4] + 2NO(\uparrow)$$

$$Zn + 2[Et_2NH_2]NO_3 + 2N_2O_4 \longrightarrow [Et_2NH_2]_2[Zn(NO_3)_4] + 2NO(\uparrow)$$

$$Al + [Et_2NH_2]NO_3 + 3N_2O_4 \longrightarrow [Et_2NH_2][Al(NO_3)_4] + 3NO(\uparrow)$$

এ দ্রাবকে নাইট্রেট দ্রবণের সাথে জিঙ্ক নাইট্রেট বিক্রিয়া করে টেট্রানাইট্রেটোজিঙ্কেট জটিল গঠন করে :

$$Zn(NO_3)_2 + 2[Et_2NH_2]NO_3 \rightarrow [Et_2NH_2]_2[Zn(NO_3)_4]$$

৫। **ধাতব কার্বোনিলের বিক্রিয়া** (Reactions of metal carbonyls) : কিছু ধাতব কার্বোনিল তরল N_2O_4 দ্রাবকে বিযোজিত হয়ে জটিল ধাতু নাইট্রেট যৌগ গঠন করে। উদাহরণ :

$$Mn_2(CO)_{10} + 8N_2O_4 \longrightarrow 2(NO^+)_2[Mn(NO_3)_4]^{2-} + 4NO + 10CO$$

এরূপ জটিল যৌগের অবলোহিত বর্ণালীতে 2300 cm^{-1} কম্পাঙ্কের একটি শোষণ ব্যান্ড যৌগে NO^+ আয়নের উপস্থিতি প্রমাণ করে। $[M(NO_3)_4]^{2-}$ জটিল আয়নের গাঠনিক কাঠামোটিও কৌতূহলজনক। এখানে NO_3^- আয়ন একটি দ্বিদন্তী লিগ্যান্ত হিসেবে কাজ করে এবং ধাতব আয়নটির সন্নিবেশ সংখ্যা আট হয়।

তরল সালফার ডাই–অক্সাইড (Liquid Sulphur Dioxide)

সালফার ডাই–অক্সাইডের গলনাংক -75.46^0C এবং স্ফুটনাংক -10.02^0C, অতএব এর তারল্যের সীমানা -75.46^0C থেকে -10.02^0C পর্যন্ত মোট 65.5^0C। এটি জল অপেক্ষা ভারি (ঘনত্ব 1.46 g/cm^3)। এর ডাইপোল মোমেন্ট 1.62 D, ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক 15.4(0^0C উষ্ণতায়) এবং আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা $3–4 \times 10^{-8}$ ohm^{-1} cm^{-1} (-10^0C উষ্ণতায়)।

সাধারণভাবে, তরল সালফার ডাই–অক্সাইড দ্রাবকে আয়নিক যৌগ অপেক্ষা সমযোজী যৌগগুলি অধিক দ্রবণীয়। তবে ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের তুলনামূলকভাবে উচ্চমানের কারণে এটি আয়নিক যৌগের জন্য তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড অপেক্ষা ভাল দ্রাবক। ৩.২ সারণিতে এ দ্রাবকে কয়েকটি লবণের দ্রাব্যতা দেখানো হয়েছে। সারণি থেকে দেখা যায়, ক্ষার ধাতুসমূহের আয়োডাইড লবণগুলি যথেষ্ট পরিমাণে দ্রবণীয় (১০০০ গ্রাম দ্রাবকে ১ মোলের

বেশি) এবং অন্যান্য লবণগুলি এক হাজার গ্রাম দ্রাবকে মাত্র কয়েক মিলিমোল পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। হ্যালাইড লবণগুলির ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$ অনুক্রমে বৃদ্ধি পায়। হ্যালাইড লবণ ছাড়া একক চার্জযুক্ত ধাতব আয়নের অন্য যে লবণগুলি এ দ্রাবকে কিছু পরিমাণে দ্রবীভূত হয় তাদের মধ্যে রয়েছে সায়ানাইড, থায়োসায়ানেট, এসিটেট এবং সালফাইট লবণগুলি। ল্যাটিস শক্তির ক্ষুদ্র মানের জন্য সবগুলি টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম হ্যালাইড লবণ অত্যন্ত দ্রবণীয়।

সারণি ৩.২ : তরল সালফার ডাইঅক্সাইডে একক চার্জযুক্ত ধাতব আয়নগুলির বিভিন্ন লবণের দ্রাব্যতা।

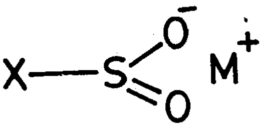
Ion	SO_3^{2-}	SO_4^{2-}	F^-	Cl^-	Br^-	I^-	SCN^-	CN^-	ClO_4^-	CH_3COO^-
Li^+	–	1.55	23.0	2.82	6.0	1490	--	--	--	3.48
Na^+	1.37	insol	6.9	insol	1.36	1000	80.5	3.67	--	8.9
K^+	1.58	insol	3.1	5.5	40	2490	502	2.62	--	0.61
Rb^+	1.27	--	--	27.2	sol	sol	--	--	--	--
Cs^+	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
NH_4^+	2.67	5.07	sol	1.67	6.0	580	6160	--	2.14	141
Tl^+	4.96	0.42	insol	0.29	0.60	1.81	0.92	0.52	0.43	285
Ag^+	insol	insol	insol	20.07	0.16	0.68	0.85	1.42	--	1.02

দ্রাব্যতার মান 0^oC উষ্ণতায় নির্ণীত এবং millimoles/1000 g SO_2 এককে প্রকাশিত।

দ্বিযোজী এবং ত্রিযোজী ধাতুর আয়নিক যৌগগুলির দ্রাবতা খুবই কম কিন্তু সমযোজী ধাতু হ্যালাইডগুলি (যেমন $AlCl_3$, $AsCl_3$ এবং $SbCl_3$) সহজেই দ্রবীভূত হয়। অন্যান্য সমযোজী পদার্থ, যেমন ব্রোমিন, আয়োডিন, আয়োডিন মনোক্লোরাইড, থায়োনিল ক্লোরাইড, থায়োনিল ব্রোমাইড, বোরন ট্রাইক্লোরাইড, কার্বন ডাইসালফাইড, ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড, ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড, জার্মানিয়াম টেট্রাক্লোরাইড, টিন টেট্রাক্লোরাইড, জল ইত্যাদির দ্রাব্যতাও খুব বেশি। অ্যামিন, ইথার, অ্যালকোহল, এস্টার, সালফাইড, এসিড এবং অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি জৈব যৌগও এ দ্রাবকে অধিক মাত্রায় দ্রবণীয়।

সালফার ডাইঅক্সাইডের সাথে বিভিন্ন পদার্থের সলভেট গঠন (Formation of Solvates of Different Compounds with Sulphur Dioxide) : জল এবং তরল অ্যামোনিয়ার মত তরল সালফার ডাই-অক্সাইডও ক্ষার ক্ষাতুসমূহের হ্যালাইড লবণ এবং অন্যান্য আয়নিক যৌগের সাথে সলভেট গঠন করে। এক মোল লবণের সাথে সাধারণত এক থেকে ছয় মোল পর্যন্ত SO_2 যুক্ত হয়। ৩.৩ সারণিতে ক্ষার ধাতুসমূহের এবং টেট্রামিথাইল

অ্যামোনিয়াম আয়নের লবণগুলির সলভেটের একটি তালিকা দেয়া হয়েছে। যে সলভেটগুলিতে লবণ এবং সালফার ডাইঅক্সাইড 1: 1 মোল অনুপাতে উপস্থিত থাকে তাদের গাঠনিক সংকেত সম্ভবত XSO_2^- আয়নটিকে হ্যালোসালফিনাইট আয়ন বলা হয়। এ সলভেটগুলির সুস্থিতি F > Cl > Br > I অনুক্রমে কমতে থাকে।



সারণি ৩.৩ : SO_2 এর সাথে ক্ষার ধাতু এবং টেট্রামিথাইল অ্যামেনিয়াম লবণের সলভেটসমূহ।

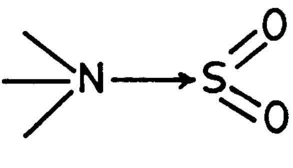
$LiI.2SO_2$	$NaI. 2SO_2$ $NaI.4SO_2$ $NaNCS. 2SO_2$ $NaOOC-CH_3.SO_2$	$KF.SO_2$ $KBr. 4SO_2$ $KI. 4SO_2$ $KNCS. SO_2$ $CH_3COOK.SO_2$	$RbF. SO_2$ $RbI. 4SO_2$ $CH_3COORb. SO_2$	$CsI. 4SO_2$
$Me_4NF.SO_2$ $Me_4NBr. 2SO_2$	$Me_4NCl. SO_2$ $Me_4NI. SO_2$	$Me_4NCl.. 2SO_2$ $(Me_4N)_2 SO_4.3SO_2$	$Me_4NBr. SO_2$ $(Me_4N)_2SO_4.6SO_2$	

সমযোজী যৌগের সাথেও সালফার ডাই-অক্সাইড অনেক সলভেট গঠন করে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে সালফার ডাইঅক্সাইডের সালফার পরমাণু এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং অল্প কিছু ক্ষেত্রে এর অক্সিজেন পরমাণু এক জোড়া ইলেকট্রন দান করে সলভেট গঠন করে। কেবল অতি শক্তিশালী লুইস এসিডের জন্য দ্বিতীয় প্রকারের সলভেট গঠন সম্ভব হয়। এরূপ সলভেটের কয়েকটি উদাহরণ হলো :

$O=S=O \rightarrow BF_3$, $O=S=O \rightarrow AlCl_3$, $O=S=O \rightarrow SbF_5$,

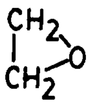
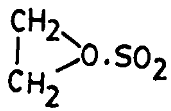
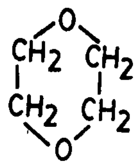
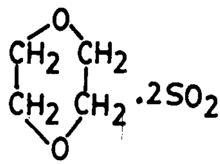
$O=S=O \rightarrow SnBr_4$, $O=S=O \rightarrow ZrCl_4$

জৈব অ্যামিনগুলি SO_2 এর সাথে সুস্থিত সলভেট গঠন করে। এক্ষেত্রে অ্যামিনের N পরমাণু তার এক জোড়া ইলেকট্রন দিয়ে SO_2 এর S পরমাণুর সাথে একটি সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে। জৈব এসিড, সালফাইড এবং ইথারগুলিও লুইস ক্ষার হিসেবে SO_2 এর সাথে



সলভেট গঠন করে। ৩.৪ সারণিতে বিভিন্ন প্রকার জৈব যৌগের সাথে SO_2 এর কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দেয়া হয়েছে।

সারণি ৩.৪ : বিভিন্ন জৈব যৌগের সাথে SO_2 এর সলভেটের উদাহরণ।

জৈব যৌগ	সলভেট
Me_3N	$Me_3N.SO_2$
Et_3N	$Et_3N.\ SO_2$
Me_2PhN	$Me_2PhN.\ SO_2$
$C_6H_5NH_2$	$C_6H_5NH_2.\ SO_2$
C_5H_5N	$C_5H_5N.\ SO_2$
$p\text{–}C_6H_4(NH_2)_2$	$p\text{–}C_6H_4(NH_2)_2.\ 2SO_2$
$p\text{-}C_6H_4(NEt_2)_2$	$p\text{–}C_6H_4(NEt_2)_2.\ 2SO_2$
Et_3NO	$Et_3NO.\ SO_2$
	
	
$C_6H_5\text{–}O\text{–}CH_3$	$C_6H_5\text{–}O\text{–}CH_3.\ SO_2$
CH_3COOH	$CH_3COOH.\ SO_2$
Et_2S	$Et_2S.\ SO_2$

তরল সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে আচরণ (Electrolytic Behaviour of Solutions of Different Solutes in Liquid Sulphur Dioxide) : আয়নিক যৌগগুলি তরল সালফার ডাইঅক্সাইড দ্রবণে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে আচরণ করে কিন্তু এদের বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা জলীয় দ্রবণ বা তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণের বিদ্যুৎপরিবহণ ক্ষমতা থেকে কম হয়। তরল সালফার ডাইঅক্সাইডের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান কম হওয়ার কারণে দ্রবণে আয়ন, আয়নযুগল (ion pairs) এবং আয়ন ত্রিতয় (ion triplets) এর মধ্যে একটি রাসায়নিক সাম্য সৃষ্টি হয়। আয়ন যুগল চার্জ নিরপেক্ষ

(uncharged) কিন্তু আয়ন এবং আয়ন ত্রিতয় চার্জযুক্ত। শেষোক্ত দুই প্রকার কণার জন্য দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। দ্রবীভূত আয়নিক যৌগের গাঢ়ত্বের বিপরীতে দ্রবণের তুল্যমান বিদ্যুৎ পরিবাহিতা (equivalent conductivity)–র লেখচিত্র আঁকলে একটি নিম্নতম বিন্দু (a minimum) পাওয়া যায়। দ্রবণের গাঢ়ত্ব 0.1M থেকে বেশি হলে বিদ্যুৎ পরিবাহিতা মূলত আয়ন ত্রিতয়ের কারণে হয়, আনুমানিক 0.1M গাঢ়ত্বে পরিবাহিতার সর্বনিম্ন মান পাওয়া যায় এবং 0.1M থেকে কম গাঢ়ত্বে গাঢ়ত্ব যতই কমতে থাকে দ্রবণের পরিবাহিতা ততই বাড়তে থাকে। 0.01M গাঢ়ত্বের নিচে দ্রবণে আয়ন ত্রিতয়ের উপস্থিতি অগ্রাহ্য করা যায়। এরূপ গাঢ়ত্বে আয়ন–যুগল গঠনের সংযোজন ধ্রুবক (association constant)–এর মান নির্ণয় করা যায়। ৩.৫ সারণিতে তরল SO_2 দ্রবণে কয়েকটি আয়নিক যৌগের মোলার পরিবাহিতা (molar conductivity) এবং আয়ন যুগল গঠনের সংযোজন ধ্রুবকের মান দেয়া হয়েছে। সারণি থেকে লক্ষ্য করা যায়, ধাতু আয়ন নির্দিষ্ট থাকলে সংযোজন ধ্রুবকের মান $Cl^- < Br^- < I^-$ অনুক্রমে বাড়তে থাকে এবং অধাতু আয়ন (anion) নির্দিষ্ট থাকলে এ মান $Li^+ < Na^+ < K^+ < Me_4N^+ < Et_4N^+$ অনুক্রমে বাড়তে থাকে।

সারণি ৩.৫ : তরল সালফার ডাই–অক্সাইড দ্রাবকে কয়েকটি আয়নিক যৌগের মোলার পরিবাহিতা এবং আয়নযুগল গঠনের সংযোজন ধ্রুবকের মান।*

আয়নিক যৌগ	মোলার পরিবাহিতা ($cm^2\ ohm^{-1}\ mol^{-1}$)	সংযোজন ধ্রুবক, K ($mol\ l^{-1}\ x10^4$)
LiBr	189	0.27
NaBr	265	0.48
KCl	243	0.74
KBr	249	1.43
KI	244	3.0
Me_4NCl	243	10.3
Me_4NBr	236	11.8
Me_4NI	234	13.9
Me_4NClO_4	218	8.4
Me_4NBF_4	215	7.9
Et_4NBr	215	21
Et_4NI	197	39

ট্রাইফিনাইলক্লোরোমিথেন এবং এর কয়েকটি ক্লোরো এবং মিথাইল জাতক তরল SO_2 দ্রাবকে মাঝারি ধরনের বিদ্যুৎ পরিবাহী হিসেবে আচরণ করে। এরূপ সমযোজী যৌগগুলির তরল SO_2 দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা ব্যাখ্যা করার জন্য ধারণা করা হয় যে, SO_2 এর

* সকল মান 0°C তাপমাত্রায় নির্ণীত।

ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান কম হওয়া সত্ত্বেও এটি হ্যালাইড আয়নের সাথে সুস্থিত সলভেট গঠন করে যৌগগুলির আয়নীকরণ ঘটায় :

$$Ph_3CCl \rightleftarrows Ph_3C^+Cl^- \rightleftarrows Ph_3C^+ + Cl^-$$

(আয়নযুগল)

তরল SO_2 দ্রাবকে ত্রিপ্রতিস্থাপিত হাইড্রোনিয়াম লবণগুলির দ্রবণও বিদ্যুৎ পরিবাহী। যেমন $Me_3O^+BF_4^-$, $Et_3O^+BF_4^-$ এবং $Et_3O^+SbCl_6^-$ লবণগুলির বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতা KI দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবহণ ক্ষমতার সাথে তুলনীয়। অত্যন্ত কৌতূহলের সাথে লক্ষ্য করা যায় যে, যদিও জল অথবা হাইড্রোজেন ব্রোমাইড কোনোটিই তরল SO_2 দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবহণ করে না, এ দুয়ের মিশ্রণের দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। H_2O এবং HBr বিক্রিয়া করে হাইড্রোনিয়াম ব্রোমাইড লবণ তৈরি করে বলেই এরূপ হয়।

$$H_2O + HBr \rightleftarrows H_3O^+ Br^-$$

তরল সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণে বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া (Different Types of Reactions in Liquid Sulphur Dioxide Solution) : তরল সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিকে নিচের কয়েকটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

১। **দ্রাবক বিশ্লেষণ বা সলভোলাইসিস বিক্রিয়া** (Solvolysis reactions) : কয়েকটি হ্যালাইড যৌগ সহজেই তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের সাথে দ্রাবক বিশ্লেষণ ঘটায়।
উদাহরণ :

$$PCl_5 + SO_2 \rightarrow POCl_3 + SOCl_2$$
$$PBr_5 + SO_2 \rightarrow POBr_3 + SOBr_2$$
$$NbCl_5 + SO_2 \rightarrow NbOCl_3 + SOCl_2$$
$$WCl_6 + SO_2 \rightarrow WOCl_4 + SOCl_2$$
$$UCl_6 + 2\,SO_2 \rightarrow UO_2Cl_2 + 2\,SOCl_2$$

$SiCl_4$, $SnCl_4$, SCl_2, SCl_4, $SbCl_5$, $SbCl_3$, PCl_3, PBr_3 ইত্যাদি হ্যালাইড যৌগ এ দ্রাবকের সাথে সলভোলাইসিস বিক্রিয়া করে না।

ডাইইথাইল জিঙ্ক -78^0C উষ্ণতায়ও তরল SO_2 এর সাথে বিক্রিয়া করে :

$$Zn(C_2H_5)_2 + 2\,SO_2 \rightarrow ZnSO_3 + (C_2H_5)_2SO$$

অ্যামোনিয়াম এসিটেটও তরল SO_2 এর সাথে দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটায় :

$$2CH_3COONH_4 + 2\,SO_2 \rightarrow (NH_4)_2SO_3 + (CH_3COO)_2SO$$
$$(CH_3COO)_2SO \rightarrow CH_3\text{–}CO\text{–}O\text{-}CO\text{–}CH_3 + SO_2$$

২। **মেটাথেটিক্যাল বা অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া** (Metathetical or precipitation reactions) : অনেকগুলি অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া সুবিধাজনকভাবে তরল SO_2 এ ঘটানো যায়। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$BaI_2 + Zn(CNS)_2 \longrightarrow Ba(CNS)_2 (\downarrow) + ZnI_2$$
$$SbCl_3 + 3\ LiI \longrightarrow SbI_3(\downarrow) + 3\ LiCl$$
$$AlCl_3 + 3\ NaI \longrightarrow 3\ NaCl (\downarrow) + AlI_3$$
$$PbF_2 + Li_2(SO_4) \longrightarrow PbSO_4 (\downarrow) + 2\ LiF$$
$$2\ NH_4SCN + SOCl_2 \longrightarrow 2\ NH_4Cl (\downarrow) + SO(SCN)_2$$
$$2\ CH_3COOAg + SOCl_2 \longrightarrow 2\ AgCl (\downarrow) + SO(CH_3COO)_2$$
$$2\ CH_3COONH_4 + SOCl_2 \longrightarrow 2\ NH_4Cl (\downarrow) + SO(CH_3COO)_2$$
$$2\ KI + SOCl_2 \longrightarrow 2\ KCl (\downarrow) + SOI_2$$
$$2\ KBr + SOCl_2 \longrightarrow 2\ KCl (\downarrow) + SOBr_2$$

৩। **এসিড-ক্ষার বিক্রিয়া** (Acid–base reactions) : তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করার জন্য জান্ডার (J. Jander) ধারণা করেন যে, বিশুদ্ধ অবস্থায়ও তরল SO_2 নিচের সমীকরণ অনুসারে কিছু পরিমাণে স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়া ঘটায় :

$$2\ SO_2 \rightleftarrows SO^{2+} + SO_3^{2-}$$

তরল SO_2 এর এরূপ স্ব-আয়নীকরণের পক্ষে এবং বিপক্ষে দুদিকেই যুক্তি রয়েছে এবং এ বিক্রিয়া প্রকৃতই ঘটে কি-না তা আজ পর্যন্ত নিশ্চিত করে বলা যায় না। যাহোক, জানডারের প্রস্তাবিত স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়া অনুসারে তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে SO^{2+} আয়ন সৃষ্টিকারী সকল বস্তুই এসিড এবং SO_3^{2-} আয়ন সৃষ্টিকারী সকল বস্তুই ক্ষার। $SOCl_2$ এবং $SOBr_2$ কে এ দ্রবণে এসিড এবং সকল সালফাইট লবণকে ক্ষার মনে করা যায়। প্রশমন বিক্রিয়া হলো SO^{2+} এবং SO_3^{2-} আয়ন মিলিত হয়ে দ্রাবক অণু SO_2 গঠন।

$$SO^{2+} + SO_3^{2-} \longrightarrow 2\ SO_2$$

তরল SO_2 দ্রবণে কয়েকটি এসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{SOCl_2} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Cs_2SO_3} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{2\ CsCl} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\ SO_2}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{SOBr_2} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{[\ Me_4N\ ]_2SO_3} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{2\ Me_4NBr} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\ SO_2}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{SO(SCN)_2} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{K_2SO_3} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{2\ KSCN} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\ SO_2}$$

এ বিক্রিয়াগুলি কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু (end point) সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

৪। **উভপ্রোটিক বা এমফোটারিক বিক্রিয়া** (Amphoteric reactions) : তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে কয়েকটি বিক্রিয়াকে উভপ্রোটিক বিক্রিয়া বলা চলে। এ দ্রাবকে $SOCl_2$ একটি এসিড এবং $[Me_4N]_2SO_3$ একটি ক্ষার। $AlCl_3$ এর তরল SO_2 দ্রবণে $[Me_4N]_2SO_3$ দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে এলুমিনিয়াম সালফাইটের সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয়। এ অধঃক্ষেপ অধিক পরিমাণ $[Me_4N]_2SO_3$ দ্রবণ যোগ করলে একটি জটিল আয়ন সৃষ্টি করে দ্রবীভূত হয় :

$$2\,AlCl_3 + 3\,[Me_4N]_2SO_3 \longrightarrow Al_2(SO_3)_3\,(\downarrow) + 6\,[Me_4N]Cl$$

$$Al_2(SO_3)_3 + 3\,[Me_4N]_2SO_3 \longrightarrow 2\,[Me_4N]_3^{+}[Al(SO_3)_3]^{3-}$$

অতঃপর পরিষ্কার দ্রবণে $SOCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে পুনরায় $Al_2(SO_3)_3$ এর অধঃক্ষেপ জমা হয় :

$$2\,[Me_4N]^{+}_3[Al(SO_3)_3]^{3-} + 3\,SOCl_2$$

$$\rightarrow Al_2(SO_3)_3\,(\downarrow) + 6\,[Me_4N]Cl + 6\,SO_2$$

গ্যালিয়াম ট্রাইক্লোরাইডের সাথে একই ধরনের বিক্রিয়া লক্ষ্য করা যায়। $GaCl_3$ এর তরল SO_2 দ্রবণে $[Me_4N]_2SO_3$ দ্রবণ যোগ করলে প্রথমে গ্যালিয়াম সালফাইটের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় যা আরো বেশি পরিমাণ $[Me_4N]_2SO_3$ দ্রবণ যোগ করলে একটি জটিল আয়ন সৃষ্টি করে দ্রবীভূত হয়। এ পরিষ্কার দ্রবণে $SOCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে আবার $Ga_2(SO_3)_3$ এর অধঃক্ষেপ ফিরে পাওয়া যায়।

$$2\,GaCl_3 + 3\,[Me_4N]_2SO_3 \longrightarrow Ga_2(SO_3)_3\,(\downarrow) + 6\,[Me_4N]Cl$$

$$Ga_2(SO_3)_3 + 3\,[Me_4N]_2SO_3 \longrightarrow 2\,[Me_4N]^{+}_3[Ga(SO_3)_3]^{3-}$$

$$2\,[Me_4N]^{+}_3[Ga(SO_3)_3]^{3-} + 3\,SOCl_2$$

$$\rightarrow Ga_2(SO_3)_3\,(\downarrow) + 6\,[Me_4N]Cl$$

তরল SO_2 দ্রাবকে $SnCl_4$ দ্রবণও $AlCl_3$ এবং $GaCl_3$ এর মত উভপ্রোটিক আচরণ দেখায়।

৫। **জটিল যৌগ গঠন বিক্রিয়া** (Complex formation reactions) : অনেকগুলি জটিল যৌগ গঠনের জন্য তরল সালফার ডাই-অক্সাইডকে একটি দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করা যায়। এ দ্রাবকে CdI_2 এবং KI বিক্রিয়া করে একটি জটিল ক্যাডমিয়াম যৌগ গঠন করে :

$$CdI_2 + 2\,KI \xrightarrow{SO_2(l)} K_2[CdI_4]$$

একইভাবে HgI_2 এবং KI এর মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে জটিল যৌগ K_2HgI_4 সৃষ্টি হয় :

$$HgI_2 + 2\,KI \xrightarrow{SO_2(l)} K_2[HgI_4]$$

$SbCl_3$ এবং $SbCl_5$ তরল SO_2 দ্রাবকে অনেকগুলি জটিল যৌগ সৃষ্টি করে :

$$SbCl_3 + 3\,KCl \xrightarrow{SO_2(l)} K_3[SbCl_6]$$

$$SbCl_5 + KCl \xrightarrow{SO_2(l)} K[\,SbCl_6\,]$$

$$SbCl_5 + [\,NMe_4\,]Cl \xrightarrow{SO_2(l)} [\,Me_4N\,][\,SbCl_6\,]$$

$$SbCl_5 + CH_3COCl \xrightarrow{SO_2(l)} [\,CH_3CO\,][\,SbCl_6\,]$$

$$SbCl_5 + NOCl \xrightarrow{SO_2(l)} [\,NO\,][\,SbCl_6\,]$$

$$2\,SbCl_3 + 3\,SOCl_2 \xrightarrow{SO_2(l)} [\,SO\,]_3[\,SbCl_6\,]_2$$

$K_3[\,SbCl_6]$ জটিল যৌগের সাথে অতিরিক্ত পরিমাণ $SbCl_5$ দ্রবণ যোগ করলে একটি নতুন জটিল যৌগ $K[\,SbCl_6\,]$ সৃষ্টি হয় :

$$K_3[\,SbCl_6\,] + 3\,SbCl_5 \xrightarrow{SO_2(l)} 3\,K[\,SbCl_6\,] + SbCl_3$$

৬। **জারণ-বিজারণ বা রিডক্স বিক্রিয়া** (Oxidation-reduction or redox reactions) : তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে অনেকগুলি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া সংঘটিত করা যায়। এ বিক্রিয়াগুলিতে তরল SO_2 একটি নিষ্ক্রিয় দ্রাবক হিসেবে কাজ করে। এ দ্রাবকে টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম সালফাইট আয়োডিনের সাথে বিক্রিয়া করে টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত হয় :

$$2\,[\,Me_4N\,]_2SO_3 + I_2 \xrightarrow{SO_2(l)} [\,Me_4N\,]_2SO_4 + \;\; 2\,Me_4N + SO_2$$

$FeCl_3$ দ্রবণ এবং KI দ্রবণ মিশ্রিত করলে KI জারিত হয়ে আয়োডিন উৎপন্ন করে :

$$2\,FeCl_3 + 2\,KI \xrightarrow{SO_2(l)} 2\,FeCl_2 + 2\,KCl + I_2$$

$SbCl_5$ দ্রবণও KI-কে জারিত করে আয়োডিন উৎপন্ন করে :

$$3\,SbCl_5 + 6\,KI \xrightarrow{SO_2(l)} 3\,SbCl_3 + 6\,KCl + 3\,I_2$$

তরল SO_2 দ্রাবকে নাইট্রোসিল যৌগগুলিও জারক হিসেবে কাজ করে। যেমন নাইট্রোসিল ক্লোরাইড টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করে আয়োডিন উৎপন্ন করে :

$$2\,NOCl + 2\,Me_4NI \xrightarrow{SO_2(l)} 2\,NO + I_2 + 2\,Me_4NCl$$

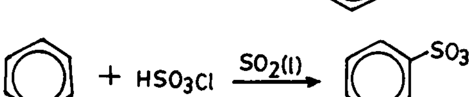
ইথাইল নাইট্রাইটও জারক হিসেবে কাজ করে :

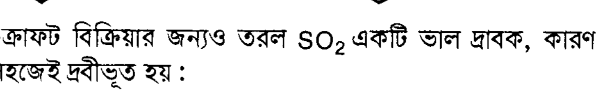
$$2\,C_2H_5{-}O{-}NO + 2\,Me_4NI + 2\,SO_2 \xrightarrow{SO_2(l)} 2\,NO + I_2 + 2\,Me_4N^+O^-{-}\overset{\overset{O}{\|}}{S}{-}OC_2H_5$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড এবং অ্যাজাইড আয়নের মধ্যেও একটি জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া সংঘটিত হয় :

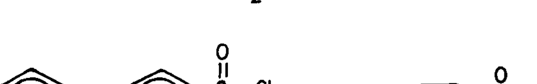
$$NOCl + N_3^- \xrightarrow{SO_2(l)} N_2O + N_2 + Cl^-$$

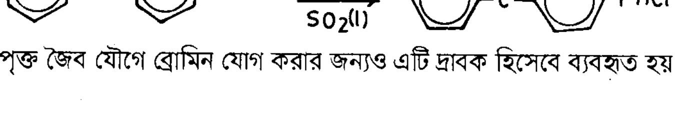
৭। **জৈব যৌগের বিক্রিয়া** (Reactions of organic compounds) : যেহেতু অনেকগুলি জৈব যৌগ তরল সালফার ডাই–অক্সাইড দ্রাবকে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং এটি একটি নিষ্ক্রিয় দ্রাবক হিসেবে আচরণ করে সেজন্য অনেক ধরনের জৈব যৌগ প্রস্তুতের জন্য এটি একটি ভাল দ্রাবক হিসেবে বিবেচিত হয়। এ দ্রাবকে বেনজিনের সাথে সালফার ট্রাইঅক্সাইড অথবা ক্লোরোসালফিউরিক এসিডের বিক্রিয়া করে সহজেই বেনজিন সালফোনিক এসিড প্রস্তুত করা যায় :



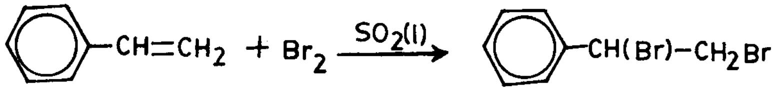


ফ্রিডেল–ক্রাফট বিক্রিয়ার জন্যও তরল SO_2 একটি ভাল দ্রাবক, কারণ এ দ্রাবকে বিশুদ্ধ $AlCl_3$ সহজেই দ্রবীভূত হয় :





অসংপৃক্ত জৈব যৌগে ব্রোমিন যোগ করার জন্যও এটি দ্রাবক হিসেবে ব্যবহৃত হয় :



৮। দ্রাবক সংযোজন বা সলভেট গঠন বিক্রিয়া (Solvation reactions) : বিভিন্ন প্রকার আয়নিক এবং সমযোজী যৌগের সাথে তরল সালফার ডাইঅক্সাইড অনেকগুলি সলভেট গঠন করে। এ সলভেটগুলি সম্পর্কে ইতিপূর্বে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়েছে।

তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়ার পক্ষে এবং বিপক্ষে যুক্তিসমূহ (Evidences in Favour of and Against the Self–ionization Reaction of Liquid Sulphur Dioxide)

বিশুদ্ধ তরল সালফার ডাই-অক্সাইড কিছু পরিমাণে বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে এবং -10^0C উষ্ণতায় এর আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান $3–4 \times 10^{-8}$ ohm^{-1} cm^{-1} । এ পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করার জন্য জে. জানডার (J. Jander) তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের নিম্নলিখিত স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়া প্রস্তাব করেন :

$$2\,SO_2 \rightleftarrows SO^{2+} + SO_3^{2-}$$

কিন্তু এরূপ স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়ার প্রত্যক্ষ কোনো প্রমাণ নেই। এর পক্ষে এবং বিপক্ষে নিম্নলিখিত যুক্তিগুলি উল্লেখ করা যায় :

স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়ার পক্ষে যুক্তিসমূহ (Arguments in favour of the self–ionization reaction) : (১) বিশুদ্ধ অবস্থাতেও তরল SO_2 কিছু পরিমাণে বিদ্যুৎ পরিবহণ করে। বিদ্যুৎ পরিবহণের জন্য আয়নের উপস্থিতি প্রয়োজন। ফলে এ দ্রাবকের কিছু পরিমাণ আয়নীকরণ ঘটে এটি ধারণা করা অত্যন্ত যুক্তিসঙ্গত।

(২) থায়োনিল জাতকসমূহ (যেমন $SOCl_2$, $SOBr_2$) এ দ্রাবকে একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে। জানডার মনে করেন তরল SO_2 দ্রবণে $SOCl_2$ এবং অনুরূপ যৌগসমূহ নিম্ন বর্ণিত সমীকরণ অনুসারে আয়নিত হয় :

$$SOCl_2 \rightleftarrows SO^{2+} + 2\,Cl^-$$

ফলে $SOCl_2$ কে তরল SO_2 দ্রবণে একটি এসিড মনে করা যায়। অন্যদিকে এ দ্রাবকে Cs_2SO_3 একটি ক্ষার হিসেবে কাজ করে, কারণ এটি বিযোজিত হয়ে SO_3^{2-} আয়ন সৃষ্টি করে।

$$Cs_2SO_3 \rightleftarrows 2\,Cs^+ + SO_3^{2-}$$

জানডারের ধারণা সঠিক হলে $SOCl_2$ দ্রবণকে Cs_2SO_3 দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করে বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যাবে। প্রকৃতপক্ষে কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন করে এ বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

(৩) যে সব দ্রাবকের স্ব–আয়নীকরণ ঘটে সেসব দ্রাবকের সাথে বিভিন্ন পদার্থ দ্রাবক বিশ্লেষণ বিক্রিয়া ঘটায়। তরল SO_2 দ্রাবকও সহজেই বিভিন্ন পদার্থের সাথে এরূপ বিক্রিয়া ঘটায়। উদাহরণ :

$$PCl_5 + SO_2 \rightleftarrows POCl_3 + SOCl_2$$

$$WCl_6 + SO_2 \rightleftarrows WOCl_4 + SOCl_2$$

(৪) তরল SO_2 দ্রাবকে কতকগুলি উভপ্রোটিক বা অ্যামফোটারিক বিক্রিয়া ঘটে। এ বিক্রিয়াগুলি তরল SO_2 এর স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াকেই সমর্থন করে। উদাহরণ :

$$2\ AlCl_3 + 3\ (Me_4N)_2SO_3 \longrightarrow Al_2(SO_3)_3\ (\downarrow) + 6\ Me_4NCl$$

$$Al_2(SO_3)_3 + (Me_4N)_2\ SO_3 \rightleftarrows 2\ [\ Me_4N\ ]_3\ [\ Al(SO_3)_3\ ]$$

$$2\ [\ Me_4N\ ]_3\ [\ Al(SO_3)_3\ ] + 3\ SOCl_2$$

$$\rightarrow Al_2(SO_3)_3\ (\downarrow) + 6\ Me_4NCl + 6\ SO_2$$

স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়ার বিপক্ষে যুক্তিসমূহ (Arguments against the self–ionization reaction) : (১) তরল SO_2 হলো একমাত্র দ্রাবক যার প্রস্তাবিত স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়ায় দ্রাবক অণু দুটি দুই একক চার্জযুক্ত আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়। ইলেকট্রোস্ট্যাটিকস্ এর সাধারণ ধারণা থেকে এরূপ আয়নীকরণ অস্বাভাবিক বলে মনে হয়।

(২) $SOCl_2$ এবং $SOBr_2$ (যা তরল SO_2 দ্রাবকে এসিড হিসেবে কাজ করে বলে মনে হয়) দ্রাবকের SO_2 অণুর সাথে ^{35}S বা ^{18}O পরমাণু বিনিময় করে না। যদি দ্রাবক এবং দ্রাবকে দ্রবীভূত থায়োনিল যৌগ উভয়ের আয়নীকরণ থেকে SO^{2+} আয়ন পাওয়া যেত তাহলে অবশ্যই দ্রাবক অণুর সাথে থায়োনিল যৌগের ^{35}S বা ^{18}O পরমাণুর বিনিময় সংঘটিত হতো। এ পরীক্ষা থেকে ধারণা করা যায় যে, তরল SO_2 দ্রাবকে থায়োনিল হ্যালাইডের আয়নীকরণ বিক্রিয়া

$$SOX_2 \rightleftarrows SO^{2+} + 2\ X^-$$

সঠিক নয়। কিন্তু থায়োনিল ক্লোরাইড তরল SO_2 দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে এবং দ্রবণে অবস্থিত সাধারণ ক্লোরাইড আয়নের সাথে অতি দ্রুত তার নিজ অণুতে অবস্থিত তেজস্ক্রিয় Cl পরমাণু বিনিময় করে। এ পর্যবেক্ষণ $SOCl_2$ এর নিম্নলিখিত আয়নীকরণ বিক্রিয়াকে সমর্থন করে :

$$SO\overset{*}{C}l_2 \rightleftarrows SO\overset{*}{C}l^+ + Cl^-$$

অবশ্য একটি রাসায়নিক সংযোজনীয় সাম্য (associative equilibrium) দিয়েও এরূপ বিনিময় ব্যাখ্যা করা যায় :

$$SO\overset{*}{C}l_2 + Cl^- \rightleftarrows SO\overset{*}{C}l_2Cl^-$$

$$SO\overset{*}{C}l_2Cl^- \rightleftarrows SO\ {}^{*}ClCl + \overset{*}{C}l^-$$

অতএব আইসোটোপ বিনিময় পরীক্ষা কোনোভাবেই তরল SO_2 দ্রাবকের জানডার প্রস্তাবিত স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াকে সমর্থন করে না।

(৩) তরল সালফার ডাই–অক্সাইডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়ার পক্ষে একটি বড় যুক্তি হলো এ দ্রাবকে থায়োনিল যৌগ এবং সালফাইট যৌগের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া। কিন্তু এ বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করার জন্যও দ্রাবকের আয়নীকরণের কোনো প্রয়োজন নেই। এ বিক্রিয়া অন্য যে কোনো নিষ্ক্রিয় দ্রাবকেও চলতে পারে ; এর জন্য কোনো মধ্যবর্তী SO^{2+} বা $SOCl^+$ আয়নের উপস্থিতিও নিষ্প্রয়োজন। $SOCl_2$ এর উপর SO_3^{2-} আয়নের নিউক্লীয়ফিলিক আক্রমণের মাধ্যমে দুটি Cl^- আয়নের বহিষ্কারের সাহায্যে এ বিক্রিয়া সহজেই ব্যাখ্যা করা যায় :

$$SO_3^{2-} + SOCl_2 \rightleftarrows [SO_3.\,SOCl_2]^{2-}$$
$$\downarrow$$
$$[SO_3.\,SOCl]^- + Cl^-$$
$$\downarrow$$
$$[SO_3.\,SO] + 2\,Cl^-$$
$$\downarrow$$
$$2\,SO_2 + 2\,Cl^-$$

যদি বিক্রিয়াটি দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয় এবং রাসায়নিক সাম্য $SO_3^{2-} + SOCl_2 \rightleftarrows 2SO_2 + 2Cl^-$ বেশি করে ডানমুখী হয় তাহলে কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশানে বিক্রিয়ক দুটি 1 : 1 মোলার অনুপাতে পৌঁছলে লেখচিত্রে একটি ভাঙন (a break) পাওয়া যাবে। এটিই বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু নির্দেশ করবে। অতএব কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের ফলাফলও তরল SO_2 এর আয়নীকরণ বিক্রিয়ার পক্ষে কোনো শক্ত যুক্তি নয়।

এ পর্যন্ত আলোচনা থেকে ধারণা করা যায় যে, তরল SO_2 আদৌ কোনো স্ব–আয়নীকারক দ্রাবক নয়।

উপসংহার (Conclusion)

আইসোটোপ বিনিময় পরীক্ষার ফলাফল প্রমাণ করে যে, তরল SO_2 কোনো স্ব–আয়নীকারক দ্রাবক নয়। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের অপেক্ষাকৃত কম মান (15.4, 0^0C উষ্ণতায়) থাকা সত্ত্বেও এটি অনেক আয়নিক যৌগের জন্য ভাল দ্রাবক। দ্রবীভূত পদার্থের জন্য এর আয়নীকরণ ক্ষমতাও খুব বেশি। কঠিন অবস্থায় এবং অনেক সাধারণ দ্রাবকে ট্রাইফিনাইলমিথাইল ক্লোরাইড একটি সমযোজী যৌগ, কিন্তু তরল SO_2 দ্রাবকে এটি বহুল পরিমাণে আয়নিত হয়ে Ph_3C^+ এবং Cl^- আয়ন সৃষ্টি করে।

$$Ph_3C\text{–}Cl \rightleftarrows Ph_3C^+ + Cl^-$$

নাইট্রোবেনজিন এবং তরল SO_2 দ্রাবকে Ph_3CCl এর আয়নীকরণ তুলনা করলে কৌতূহলজনক ফলাফল পাওয়া যায়। তরল SO_2 অপেক্ষা নাইট্রোবেনজিনের ডাইপোল মোমেন্ট এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক উভয়ের মানই বেশি। অথচ নাইট্রোবেনজিন দ্রবণে

		নাইট্রোবেনজিন	তরল SO_2
μ	=	4.24	1.62
D	=	34.5	15.4

Ph_3CCl–কে অতড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে পাওয়া যায় কিন্তু তরল SO_2 দ্রবণে এটি ব্যাপকভাবে আয়নিত অবস্থায় থাকে (তরল SO_2 দ্রবণে Ph_3CCl এর আয়নীকরণ এ দ্রাবকে KCl এবং KBr এর আয়নীকরণের সাথে তুলনীয়)। অতএব তরল SO_2 দ্রাবকে Ph_3CCl এর আয়নীকরণ ইলেকট্রোস্ট্যাটিকস্ এর সাধারণ নিয়মে ব্যাখ্যা করা যায় না। এটি ব্যাখ্যার জন্য Cl^- আয়নের সাথে দ্রাবক অণুর কোনো বিশেষ ধরনের পারস্পরিক ক্রিয়া কাজ করে বলে মনে করা হয়। স্পেক্‌ট্রোস্কোপিক পাঠ থেকে অনেক তথ্য পাওয়া যায় যা প্রমাণ করে যে, তরল SO_2 দ্রাবকে হ্যালাইড আয়নের সাথে দ্রাবক অণুর চার্জ স্থানান্তরের মাধ্যমে একটি বিশেষ ধরনের পারস্পরিক ক্রিয়া কাজ করে। গণনা থেকে দেখা যায় এরূপ পারস্পরিক ক্রিয়া Ph_3CCl এর আয়নীকরণের জন্য মুক্তশক্তি (free energy of ionization)–এর মান প্রায় 10 kcal mol^{-1} কমিয়ে দেয়। আয়নিক যৌগের দ্রবণের মুক্ত শক্তির মানও সম্ভবত একই ধরনের পারস্পরিক ক্রিয়ার কারণে কমে যায়। এরূপ ক্রিয়ার ফলে কোনো দ্রাবকে দ্রাব্যতার মান একই মানের ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকযুক্ত কোনো নিষ্ক্রিয় দ্রাবকে দ্রাব্যতার মান থেকে আনুমানিকভাব 10^8 গুণ বেড়ে যায়।

প্রশ্নমালা

১। তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ এবং এরূপ আয়নীকরণের পক্ষে যুক্তিসমূহ উল্লেখ কর। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

২। তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড দ্রাবকে সংঘটিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোচনা কর।

৩। ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দাও এবং এদের গাঠনিক কাঠামো এঁকে দেখাও।

৪। তরল N_2O_4 এর সাথে বিভিন্ন ধাতুর বিক্রিয়া উল্লেখ কর এবং জলের সাথে সংঘটিত অনুরূপ বিক্রিয়াগুলির সাদৃশ্য দেখাও।

৫। তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের ভৌত ধর্মগুলি উল্লেখ কর এবং দ্রাবক হিসেবে এর ব্যবহারের উপর একটি রচনা লিখ।

৬। আইসোটোপ বিনিময় পরীক্ষা তরল N_2O_4 এর স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াকে কিভাবে সমর্থন করে তা ব্যাখ্যা কর।

৭। নিম্নলিখিত সলভেটগুলির গাঠনিক সংকেত লিখ :

$Fe(NO_3)_3 . N_2O_4$, $Zn(NO_3)_2 . 2N_2O_4$,
$Cu(NO_3)_2 . N_2O_4$, $UO_2(NO_3)_2 . N_2O_4$
$2BF_3 . N_2O_4$, $Me_3N . N_2O_4$

৮। অজৈব যৌগসমূহের প্রস্তুতির জন্য দ্রাবক হিসেবে তরল ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইডের ব্যবহার আলোচনা কর।

৯। জান্ডার প্রস্তাবিত তরল সালফার ডাইঅক্সাইডের স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ এবং এর পক্ষে ও বিপক্ষে যুক্তি দেখাও।

১০। তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতার উপর একটি সংক্ষিপ্ত আলোচনা লিখ।

১১। তরল সালফার ডাইঅক্সাইডের জানডার প্রস্তাবিত স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি এ দ্রাবকে আইসোটোপ বিনিময় পরীক্ষাগুলির আলোকে আলোচনা কর।

১২। তরল SO_2 দ্রাবকে বিভিন্ন পদার্থ যে সলভেটগুলি গঠন করে সেগুলি সম্পর্কে একটি সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ।

১৩। তরল SO_2 দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে আচরণ সম্পর্কে আলোচনা কর।

১৪। নাইট্রোবেনজিন অপেক্ষা তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের ডাইপোল মোমেন্ট এবং ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবক উভয়ই নিম্ন মানবিশিষ্ট। তবুও ট্রাইফিনাইলমিথাইল ক্লোরাইডকে নাইট্রোবেনজিন দ্রবণে সমযোজী অণু হিসেবে কিন্তু তরল SO_2 দ্রবণে ব্যাপকভাবে আয়নিত অবস্থায় পাওয়া যায়। ব্যাখ্যা কর।

১৫। তরল সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবণে সংঘটিত বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর।

১৬। তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে সংঘটিত কয়েকটি মেটাথেটিক্যাল বিক্রিয়া উল্লেখ কর।

১৭। তরল SO_2 দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

১৮। তরল SO_2 দ্রাবকে সংঘটিত কয়েকটি অ্যামফোটারিক বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

১৯। তরল SO_2 দ্রাবকে সংঘটিত কয়েকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

২০। তরল SO_2 দ্রাবকে সংঘটিত কয়েকটি জৈব বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

২১। তরল SO_2 দ্রাবকে সংঘটিত কয়েকটি জটিল গঠন বিক্রিয়া উল্লেখ কর।

২২। মধ্যবর্তী কোনো SO^{2+} বা $SOCl^+$ আয়ন গঠন না করে নিচের বিক্রিয়াটি কিভাবে অগ্রসর হতে পারে তা ব্যাখ্যা কর :

$$SO_3^{2-} + SOCl_2 \rightleftarrows 2\,SO_2 + 2\,Cl^-$$

২৩। $SOCl_2$ অণুতে উপস্থিত তেজস্ক্রিয় সালফার বা অক্সিজেন পরমাণু তরল SO_2 দ্রাবকের সাথে কোনো আইসোটোপ বিনিময় বিক্রিয়া ঘটায় না কিন্তু $SOCl_2$ অণুতে উপস্থিত তেজষ্ক্রিয় ক্লোরিন পরমাণু দ্রবণে উপস্থিত সাধারণ ক্লোরাইড আয়নের সাথে আইসোটোপ বিনিময় করে। এ পর্যবেক্ষণগুলি কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

২৪। তরল SO_2 দ্রাবকে আয়োডাইড লবণগুলি অন্য অ্যানায়ন দ্বারা গঠিত লবণগুলি অপেক্ষা বেশি দ্রবণীয় হয় কেন?

২৫। তরল SO_2 দ্রাবকে একটি এসিড–ক্ষার বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও এবং জলীয় দ্রবণে একটি অনুরূপ বিক্রিয়ার সাথে এটি তুলনা কর।

২৬। তরল SO_2 দ্রাবকে $SOCl_2$ এসিড হিসেবে এবং সালফাইট লবণগুলি ক্ষার হিসেবে আচরণ করে কেন তা ব্যাখ্যা কর।

২৭। কি ঘটে যখন —

(ক) তরল SO_2 দ্রাবকে PCl_5 দ্রবীভূত করা হয়,

(খ) তরল SO_2 দ্রাবকে $Zn(C_2H_5)_2$ দ্রবীভূত করা হয়,

(গ) তরল SO_2 দ্রাবকে বেনজিন এবং সালফার ট্রাইঅক্সাইড একত্রে দ্রবীভূত করা হয়,

(ঘ) তরল SO_2 দ্রাবকে $GaCl_3$ এর দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম সালফাইট দ্রবণ যোগ করা হয়,

(ঙ) তরল সালফার ডাই–অক্সাইডে $SbCl_3$ এবং $SOCl_2$ এর দুটি দ্রবণ একত্রে মিশ্রিত করা হয়।

(চ) তরল SO_2–এ $SbCl_5$ এর দ্রবণের সাথে KI এর দ্রবণ মিশ্রিত করা হয়,

(ছ) তরল SO_2–এ NOCl এবং Me_4NI দ্রবণ মিশ্রিত করা হয়।

২৮। তরল SO_2 দ্রাবকে হ্যালাইড লবণগুলির দ্রাব্যতা $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$ অনুক্রমে বৃদ্ধি পায় কেন?

চতুর্থ অধ্যায়

তরল হ্যালাইড দ্রাবকসমূহ
(Liquid Halide Solvents)

এ অধ্যায়ে কয়েকটি আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ এবং অন্য কয়েকটি সমযোজী হ্যালাইড যৌগের দ্রাবক প্রকৃতি আলোচনা করা হয়েছে। এগুলি হলো আয়োডিন মনোক্লোরাইড, ব্রোমিন ট্রাইফ্লোরাইড, আর্সেনিক ট্রাইফ্লোরাইড, আর্সেনিক ট্রাইক্লোরাইড, আর্সেনিক ট্রাইব্রোমাইড এবং এন্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড। এরা প্রত্যেকেই আয়নিক দ্রাবক হিসেবে আচরণ করে।

আয়োডিন মনোক্লোরাইড (Iodine Monochloride, ICl)

ICl এর গলনাংক α অবস্থায় 27.2°C এবং β অবস্থায় 13.9°C, স্ফুটনাংক 100°C। অতএব এটিকে 27.2°C থেকে 100°C পর্যন্ত আনুমানিক 73°C তাপমাত্রার সীমানার মধ্যে তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। তরল অবস্থায় এটি কিছু পরিমাণে স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়া ঘটায় এবং সেজন্য বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে। 35°C উষ্ণতায় এর আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান 4.6×10^{-3} ohm^{-1} cm^{-1}। এর স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি নিচে দেখানো হলো :

$$3\,ICl \rightleftarrows I_2Cl^+ + ICl_2^-$$

গলনাংক থেকে স্ফুটনাংক পর্যন্ত সকল তাপমাত্রাতেই এটি কিছু পরিমাণে I_2 এবং Cl_2 এ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। 100°C উষ্ণতায় বিয়োজনের পরিমাণ প্রায় 1.1%।

$$2\,ICl \rightleftarrows I_2 + Cl_2$$

পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এ দ্রাবকে মাঝারি পরিমাণে দ্রবণীয়। RbCl এবং CsCl এর দ্রাব্যতাও প্রায় একই ধরনের, কিন্তু LiCl, NaCl, AgCl এবং $BaCl_2$ এর দ্রাব্যতা খুব কম। সব আয়নিক ক্লোরাইডের দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতাই বিশুদ্ধ দ্রাবকের বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মানের চেয়ে বেশি হয়। এরা দ্রাবকে ICl_2^- আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করে এবং সেজন্য ক্ষার হিসেবে কাজ করে।

$$KCl \rightleftarrows K^+ + Cl^-$$
$$Cl^- + ICl \rightarrow ICl_2^-$$

$$KCl + ICl \rightleftarrows K^+ + ICl_2^-$$

কয়েকটি সমযোজী ক্লোরাইড যৌগ, যেমন $AlCl_3$ এবং $SbCl_5$, এ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় এবং বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে। এরা দ্রবণে I_2Cl^+ আয়ন সৃষ্টি করে এবং সেজন্য এসিড হিসেবে কাজ করে।

$$AlCl_3 + ICl \rightleftarrows AlCl_4^- + I^+$$
$$I^+ + ICl \rightarrow I_2Cl^+$$

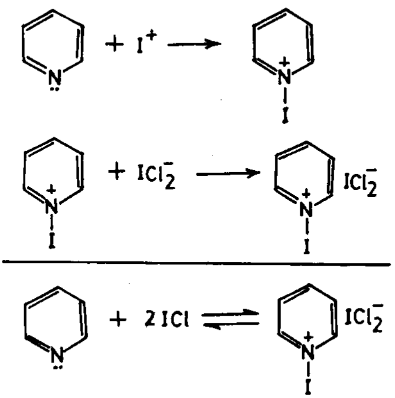
$$AlCl_3 + 2\,ICl \rightleftarrows I_2Cl^+ + AlCl_4^-$$

$$SbCl_5 + ICl \rightleftarrows SbCl_6^- + I^+$$
$$I^+ + ICl \rightarrow I_2Cl^+$$

$$SbCl_5 + 2\,ICl \rightleftarrows I_2Cl^+ + SbCl_6^-$$

পিরিডিন এবং অন্য কয়েকটি জৈব ক্ষার ICl দ্রবণে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেবে কাজ করে। এরা দ্রাবক অণুর সাথে 1 : 1 অথবা 1 : 2 যুত যৌগ গঠন করে যাদেরকে $(Base)I^+ICl_2^-$ প্রকৃতির লবণ হিসেবে দেখানো যায়।

$$ICl + ICl \rightleftharpoons I^+ + ICl_2^-$$



কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে ICl দ্রাবকে এসিড ও ক্ষারের মধ্যে বিক্রিয়ার অগ্রগতি অনুসরণ করা যায় এবং প্রশমন বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। $SbCl_5$ এর বিপরীতে RbCl এর টাইট্রেশনে এবং $NbCl_5$ এর বিপরীতে KCl এর টাইট্রেশনে 1 : 1 মোলার অনুপাত বিন্দুতে পরিবাহিতার লেখচিত্রে ভাঙন লক্ষ্য করা যায়। $SnCl_4$ এর বিপরীতে NH_4Cl এর টাইট্রেশনে $NH_4Cl : SnCl_4 = 2 : 1$ হলে পরিবাহিতার লেখচিত্রে ভঙ্গন দেখা যায় যা দ্রবণে $SnCl_6^{2-}$ আয়নের গঠন নির্দেশ করে।

$$2\,NH_4Cl + SnCl_4 \longrightarrow 2\,NH_4^+ + SnCl_6^{2-}$$

কয়েকটি সমযোজী যৌগ, যেমন $SiCl_4$ এবং $TiCl_4$, আয়োডিন মনোক্লোরাইড দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় কিন্তু কোনো আয়ন সৃষ্টি করে না। ফলে দ্রাবকের বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান অপরিবর্তিত থাকে।

ব্রোমিন ট্রাইফ্লোরাইড (Bromine Trifluoride, BF_3)

BrF_3 এর গলনাংক 9°C এবং স্ফুটনাংক 126°C, অতএব এর তারল্যের সীমানা মোট 117°C। 25°C উষ্ণতায় এর আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান 8.0×10^{-3} ohm^{-1} cm^{-1}। বিশুদ্ধ অবস্থায়ও এর যথেষ্ট পরিমাণ আয়নীকরণ ঘটে। স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি নিচে উল্লেখ করা হয়েছে :

$$2\,BrF_3 \rightleftarrows BrF_2^+ + BrF_4^-$$

KF, AgF, BaF_2 এবং NOF এ দ্রাবকে BrF_4^- আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে, এজন্য এরা ক্ষার।

$$KF + BrF_3 \longrightarrow K^+ + BrF_4^-$$

$$AgF + BrF_3 \longrightarrow Ag^+ + BrF_4^-$$

$$BaF_2 + 2\,BrF_3 \longrightarrow Ba^{2+} + 2\,BrF_4^-$$

$$NOF + BrF_3 \longrightarrow NO^+ + BrF_4^-$$

অন্যদিকে, SbF_5, SnF_4 এবং AuF_3 এ দ্রাবকে BrF_2^+ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে, এজন্য এরা এসিড।

$$SbF_5 + BrF_3 \longrightarrow SbF_6^- + BrF_2^+$$

$$SnF_4 + 2\,BrF_3 \longrightarrow SnF_6^{2-} + 2\,BrF_2^+$$

$$AuF_3 + BrF_3 \longrightarrow AuF_4^- + BrF_2^+$$

এসিড এবং ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়াগুলি কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। নিচে দুটি প্রশমন বিক্রিয়ার সমীকরণ দেয়া হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{(BrF_2^+)[SbF_6]^-} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Ag^+BrF_4^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{Ag[SbF_6]} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\,BrF_3}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{(BrF_2^+)_2[SnF_6]^{2-}} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{2\,K^+BrF_4^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{K^+_2[SnF_6]^{2-}} + \underset{\text{দ্রাবক)}}{4\,BrF_3}$$

BrF_3 একটি শক্তিশালী ফ্লোরিন সংযোগকারী দ্রাবক (fluorinating solvent) এবং এ দ্রাবকে দ্রবীভূত সকল বস্তুই ফ্লোরাইড যৌগে পরিণত হয়। অনেকগুলি জটিল ফ্লোরো যৌগ এ দ্রাবকে অতি সহজে প্রস্তুত করা যায়। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$Ag + Au \xrightarrow{BrF_3} Ag^+[AuF_4]^-$$

$$SnCl_4 + 2\,NOCl \xrightarrow{BrF_3} (NO^+)_2[SnF_6]^{2-}$$

$$VCl_3 + KCl \xrightarrow{BrF_3} K^+[VF_6]^-$$

$$SbCl_3 + N_2O_4 \xrightarrow{BrF_3} (NO_2^+)[SbF_6]^-$$

$$AgBO_2 \xrightarrow{BrF_3} Ag^+[BF_4]^-$$

বিক্রিয়কগুলি সঠিক মোলার অনুপাতে নেয়া হয় এবং অতিরিক্ত পরিমাণ ব্রোমিনট্রাইফ্লোরাইড দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হয়। প্রথমে প্রতিটি বিকারক একটি ফ্লোরাইড যৌগে পরিণত হয়, এই ফ্লোরাইড যৌগগুলি অতঃপর এসিড এবং ক্ষার হিসেবে ক্রিয়া করে জটিল ফ্লোরো যৌগ এবং দ্রাবক উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া শেষে নিম্নচাপে অতিরিক্ত দ্রাবক এবং উদ্বায়ী অপর উৎপন্ন পদার্থগুলি দূরীভূত করে জটিল ফ্লোরো যৌগটি পৃথক করা যায়। BrF_3 দ্রাবকে 1 : 1 মোলার অনুপাতে Ag এবং Au যোগ করলে কিভাবে $Ag[AuF_4]$ যৌগটি গঠিত হয় তা নিচে কয়েকটি ধাপে ব্যাখ্যা করা হয়েছে :

$$3\,Ag + BrF_3 \longrightarrow 3\,AgF + {}^1/_2Br_2$$

$$AgF + BrF_3 \longrightarrow Ag^+BrF_4^- \text{ (ক্ষার)}$$

$$Au + BrF_3 \longrightarrow AuF_3 + {}^1/_2Br_2$$

$$AuF_3 + BrF_3 \longrightarrow (BrF_2^+)[AuF_4]^- \text{ (এসিড)}$$

$$(BrF_2^+)[AuF_4]^- + Ag^+BrF_4^- \longrightarrow Ag[AuF_4] + 2BrF_3$$

এ বিক্রিয়ায় ফ্লোরো জটিল যৌগ এবং ব্রোমিন পাওয়া যায়। নিম্ন চাপে BrF_3 এবং Br_2 মুক্ত করে জটিল যৌগটি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

আর্সেনিক ট্রাইফ্লোরাইড (Arsenic Trifluoride, AsF_3)

AsF_3 এর গলনাংক −6°C এবং স্ফুটনাংক 63°C, এ দুই তাপমাত্রার মাঝখানে এর তারল্যের সীমানা 69°C। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান খুব কম, −6°C উষ্ণতায় মাত্র 5.7, কিন্তু

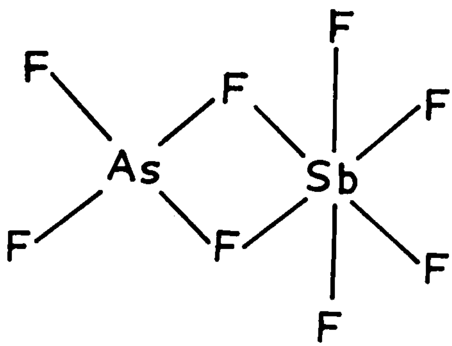
হয় এবং ক্লোরিনের জারণ সংখ্যা 0 থেকে –1 এ নেমে যায়। ফলে এটি একটি রিডক্স বিক্রিয়া।

$$2\,Cl_2 + 2\,As^{III}F_3 \longrightarrow [\,As^{V}Cl_4\,]^+\,[\,As^{V}F_6\,]^-$$

অনেক ক্লোরিনযুক্ত যৌগ এ দ্রাবকের সাথে বিক্রিয়া করে। $SbCl_5$ এর বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$AsF_3 + 3\,SbCl_5 \longrightarrow AsCl_3 + 3\,SbCl_4F$$

তরল AsF_3 দ্রাবকে $[AsF_2]^+\,[SbF_6]^-$ এর ^{19}F N.M.R. পরীক্ষায় কেবল একটি রেজোন্যান্স রেখা পাওয়া যায় যার অবস্থান বিশুদ্ধ AsF_3 এবং SbF_5 এর জন্য প্রাপ্ত রেজোন্যান্স রেখা দুটির মাঝখানে দেখা যায়। এ পরীক্ষা থেকে প্রমাণিত হয় যে, AsF_3 এবং SbF_5 উভয়ের মধ্যে অতি দ্রুত F^- আয়ন বিনিময় করে যা নিচে দেখানো ফ্লোরিন সেতু কাঠামোর (fluorine bridge structure) মাধ্যমে ঘটতে পারে :



আর্সেনিক ট্রাইক্লোরাইড (ArsenicTtrichloride, $AsCl_3$)

$AsCl_3$ এর গলনাংক –13°C এবং স্ফুটনাংক 130°C, অতএব এর তারল্যের সীমানা এ দুই তাপমাত্রার মাঝখানে মোট 143°C। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান 17°C উষ্ণতায় 12.6 এবং আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা সাধারণ তাপমাত্রায় 1.4×10^{-7} $ohm^{-1}\,cm^{-1}$। বিশুদ্ধ অবস্থাতেও এর কিছু পরিমাণ স্ব–আয়নীকরণ ঘটে। স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$AsCl_3 \rightleftarrows AsCl_2^{\,+} + AsCl_4^{\,-}$$

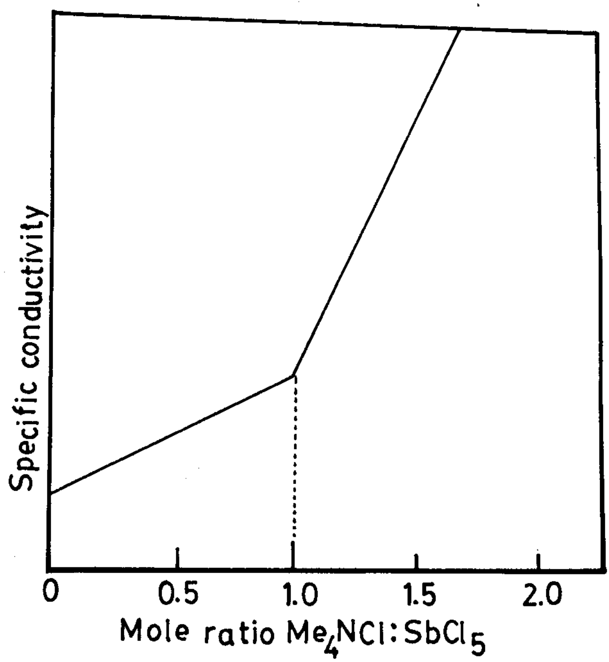
ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের ক্ষুদ্র মানের জন্য এটি আয়নিক যৌগের জন্য ভাল দ্রাবক নয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্ষার ধাতুসমূহের ক্লোরাইড লবণগুলির দ্রাব্যতা খুব কম। কিন্তু টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডগুলি সহজে দ্রবীভূত হয়। সমযোজী যৌগগুলির মধ্যে $AlCl_3$, $SnCl_4$, VCl_4 এবং $FeCl_3$ অত্যন্ত দ্রবণীয় কিন্তু $NbCl_5$ এবং $TaCl_5$ এর দ্রাব্যতা কম। সালফার, ফসফরাস, আয়োডিন প্রভৃতি অধাতব মৌলসমূহ এ দ্রাবকে সহজেই দ্রবীভূত হয়।

স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়া থেকে দেখা যায় যেসব পদার্থ এ দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ধনাত্মক আয়ন $AsCl_2^+$ এর পরিমাণ বাড়াতে পারে তারা এসিড এবং যারা দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ঋণাত্মক আয়ন $AsCl_4^-$ এর পরিমাণ বাড়াতে পারে তারা ক্ষার। সমযোজী হ্যালাইড যৌগগুলি দ্রাবক অণু থেকে Cl^- আয়ন গ্রহণ করে $AsCl_2^+$ আয়ন সৃষ্টি করে, এজন্য এরা এসিড।

$$\left.\begin{array}{l} AlCl_3 + AsCl_3 \rightleftarrows AlCl_4^- + AsCl_2^+ \\ SnCl_4 + 2\,AsCl_3 \rightleftarrows SnCl_6^{2-} + 2\,AsCl_2^+ \\ FeCl_3 + AsCl_3 \rightleftarrows FeCl_4^- + AsCl_2^+ \\ SbCl_5 + AsCl_3 \rightleftarrows SbCl_6^- + AsCl_2^+ \end{array}\right\} \text{এসিড}$$

আয়নিক ক্লোরাইডগুলি দ্রবণে $AsCl_4^-$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে, এরা এ দ্রাবকে ক্ষার।

$$\left.\begin{array}{l} Me_4NCl + AsCl_3 \rightleftarrows Me_4N^+ + AsCl_4^- \\ KCl + AsCl_3 \rightleftarrows K^+ + AsCl_4^- \end{array}\right\} \text{ক্ষার}$$



চিত্র ৪.১ : $AsCl_3$ দ্রাবকে টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সাহায্যে অ্যান্টিমনি পেন্টাক্লোরাইড দ্রবণের কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের লেখচিত্র।

তরল $AsCl_3$ দ্রবণে একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো $SbCl_5$ দ্রবণ এবং Me_4NCl দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া। এটি সমীকরণের সাহায্যে নিচে দেখানো হলো :

$$[AsCl_2^+][SbCl_6^-] + [Me_4N^+][AsCl_4^-]$$
(এসিড) (ক্ষার)

$$\longrightarrow [Me_4N^+][SbCl_6^-] + 2\,AsCl_3$$
(লবণ) (দ্রাবক)

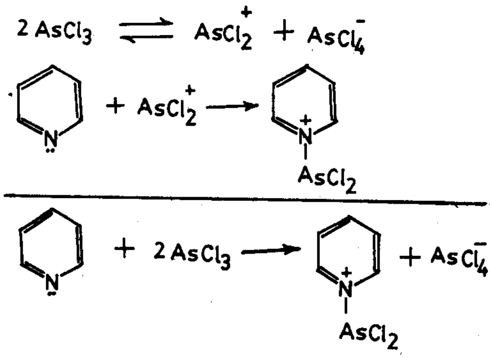
এ বিক্রিয়াটি কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। ৪.১ চিত্রে $[Me_4N^+][AsCl_4^-]$ দ্রবণে $[AsCl_2^+][SbCl_6^-]$ দ্রবণ যোগ করে প্রাপ্ত আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। বিক্রিয়া শেষবিন্দুতে পৌঁছলে দ্রবণ থেকে দ্রাবক মুক্ত করে $[Me_4N^+][SbCl_6^-]$ লবণটি পৃথক করা যায়।

$AsCl_3$ দ্রবণে $TeCl_4$ এবং Me_4NCl বিক্রিয়া করে দুটি লবণ, $(Me_4N^+)(AsCl_2^+)$-$(TeCl_6^{2-})$ এবং $(Me_4N^+)_2(TeCl_6^{2-})$, উৎপন্ন করে। নিচে সমীকরণের সাহায্যে এদের গঠন দেখানো হলো :

$$TeCl_4 + Me_4NCl + AsCl_3 \xrightarrow{AsCl_3} (Me_4N^+)(AsCl_2^+)(TeCl_6^{2-})$$
(এসিড লবণ)

$$TeCl_4 + 2\,Me_4NCl \xrightarrow{AsCl_3} (Me_4N^+)_2(TeCl_6^{2-})$$
(পূর্ণ লবণ)

তরল $AsCl_3$ দ্রাবকে পিরিডিনও একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে। এটি দ্রবণে $AsCl_4^-$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে এবং সেজন্যে এ দ্রাবকে একটি ক্ষার হিসেবে কাজ করে।



$AsCl_3$ দ্রাবকে বিভিন্ন এসিড এবং ক্ষারকে $AsCl_3$ এর সলভেট মনে করা যায়। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$\left.\begin{array}{l}[AsCl_2^+][AlCl_4^-] = AlCl_3 . AsCl_3 \\ [AsCl_2^+]_2 [SnCl_6^{2-}] = SnCl_4 . 2AsCl_3 \\ [AsCl_2^+][SbCl_6^-] = SbCl_5 . AsCl_3\end{array}\right\} \text{এসিড সলভেট}$$

$$\left.\begin{array}{l}[Me_4N^+][AsCl_4^-] = Me_4NCl . AsCl_3 \\ [C_5H_5N \rightarrow AsCl_2^+][AsCl_4^-] = C_5H_5N . 2AsCl_3\end{array}\right\} \text{ক্ষার সলভেট}$$

আর্সেনিক ট্রাইব্রোমাইড (Arsenic Tribromide, $AsBr_3$)

$AsBr_3$ এর গলনাংক 35°C এর স্ফুটনাংক 220°C, এ দুই তাপমাত্রার মাঝখানে এর তারল্যের সীমানা 185°C। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান অতি ক্ষুদ্র, 35°C তাপমাত্রায় মাত্র 8.8 এবং আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা সাধারণ তাপমাত্রায় 1.6×10^{-7} ohm^{-1} cm^{-1}। বিশুদ্ধ অবস্থায়ও এর কিছু পরিমাণ আয়নীকরণ ঘটে এবং স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$2 AsBr_3 \rightleftarrows AsBr_2^+ + AsBr_4^-$$

ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের ক্ষুদ্র মানের জন্য এটি আয়নিক যৌগের জন্য ভাল দ্রাবক নয়। ক্ষার ধাতুসমূহের ব্রোমাইড লবণগুলিও এ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না। $HgBr_2$, $InBr_3$, $TeBr_4$ এবং $BiBr_3$ এর দ্রাব্যতা মাঝারি ধরনের। টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইড লবণসমূহ এবং BBr_3 ,$AlBr_3$, $GaBr_3$, $SnBr_4$, $TiBr_4$, PBr_3, PBr_5, $SbBr_5$ এবং $SeBr_4$ এ দ্রাবকে সহজেই দ্রবীভূত হয়। অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যালকোহল, এস্টার, অ্যামিন প্রভৃতি জৈব যৌগের দ্রাব্যতাও খুব বেশি।

স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়া থেকে দেখা যায়, যেসব যৌগ $AsBr_3$ দ্রাবকে $AsBr_2^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে তারা এসিড এবং যেসব যৌগ এ দ্রাবকে $AsBr_4^-$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে তারা ক্ষার। BBr_3, $AlBr_3$, $SnBr_4$, PBr_5, $SbBr_5$ প্রভৃতি যৌগ দ্রাবক থেকে Br^- আয়ন গ্রহণ করে দ্রবণে $AsBr_2^+$ আয়ন সৃষ্টি করে। এজন্য এরা এসিড।

$$\left.\begin{array}{l}BBr_3 + AsBr_3 \rightleftarrows BBr_4^- + AsBr_2^+ \\ AlBr_3 + AsBr_3 \rightleftarrows AlBr_4^- + AsBr_2^+ \\ SnBr_4 + 2 AsBr_3 \rightleftarrows SnBr_6^{2-} + 2 AsBr_2^+ \\ PBr_5 + AsBr_3 \rightleftarrows PBr_6^- + AsBr_2^+ \\ SbBr_5 + AsBr_3 \rightleftarrows SbBr_6^- + AsBr_2^+\end{array}\right\} \text{এসিড}$$

টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইড এবং জৈব ক্ষারগুলি দ্রবণে $AsBr_4^-$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে।

$$\left.\begin{array}{l} Et_4NBr + AsBr_3 \rightleftarrows Et_4N^+ + AsBr_4^- \\ Et_3N + 2AsBr_3 \rightleftarrows [Et_3N \rightarrow AsBr_2]^+ + AsBr_4^- \end{array}\right\} \text{ক্ষার}$$

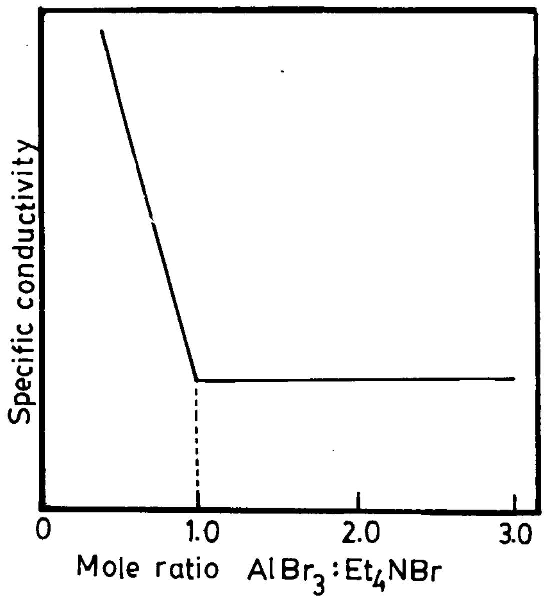
এ দ্রাবকে কয়েকটি এসিড–ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া সমীকরণের সাহায্যে নিচে দেখানো হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{(AsBr_2^+)(BBr_4^-)} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Et_4N^+AsBr_4^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{Et_4N^+BBr_4^-} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2AsBr_3}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{(AsBr_2^+)_2(SnBr_6^{2-})} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{2\,Et_4N^+AsBr_4^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{(Et_4N^+)_2(SnBr_6^{2-})} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{4\,AsBr_3}$$

$$\underset{\text{(এসিড)}}{(AsBr_2^+)(SbBr_6^-)} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Et_4N^+AsBr_4^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{Et_4N^+SbBr_6^-} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\,AsBr_3}$$

কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে এ বিক্রিয়াগুলির অগ্রগতি অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। ৪.২ চিত্রে আর্সেনিক ট্রাইব্রোমাইড দ্রাবকে $AlBr_3$ এর সাথে Et_4NBr এর কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের লেখচিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৪.২ : $AsBr_3$ দ্রাবকে $AlBr_3$ এর সাথে Et_4NBr এর কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন।

প্রশমন বিক্রিয়া শেষ বিন্দুতে পৌঁছলে নিম্নচাপে দ্রাবক মুক্ত করে বিভিন্ন লবণ পাওয়া যায়।

50°C উষ্ণতায় $AsBr_3$ দ্রাবকে $AgClO_4$ যোগ করলে AgBr এর অধঃক্ষেপ জমা হয় এবং $AsBr_2^+ClO_4^-$ এর একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ পাওয়া যায় যা এ দ্রাবকে একটি এসিড।

$$AsBr_3 + AgClO_4 \rightarrow AgBr(\downarrow) + \underset{\text{(এসিড)}}{AsBr_2^+ClO_4^-}$$

এন্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড (Antimony Trichloride, $SbCl_3$)

$SbCl_3$ এর গলনাংক 73°C এবং স্ফুটনাংক 219–223°C, অতএব এ দুই তাপমাত্রার মাঝখানে এর তারল্যের সীমানা প্রায় 150°C। আর্সেনিক ট্রাইহ্যালাইডগুলির তুলনায় এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান যথেষ্ট উচ্চ, 75°C উষ্ণতায় 33.0। বিশুদ্ধ অবস্থাতেও এটি কিছু পরিমাণে আয়নিত অবস্থায় থাকে। এজন্য কিছু পরিমাণে বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে। 95°C তাপমাত্রায় এর আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান 0.85×10^{-6} ohm^{-1} cm^{-1}। নিচের সমীকরণ অনুসারে এর স্ব–আয়নীকরণ ঘটে।

$$2\,SbCl_3 \rightleftarrows SbCl_2^+ + SbCl_4^-$$

ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের উচ্চমানের কারণে KCl, RbCl, CsCl, NH_4Cl, TlCl এবং R_4NCl লবণগুলি এ দ্রাবকে সহজেই দ্রবীভূত হয়। $HgCl_2$, $AlCl_3$, $SbCl_5$, $TeCl_4$, $HgBr_2$, HgI_2, KF এবং KI লবণগুলিও সহজে দ্রবণীয়। কিন্তু LiCl, NaCl, $SnCl_2$, $BiCl_3$ এবং $FeCl_3$ এর দ্রাব্যতা খুবই কম। $(Me_4N)_2SO_4$ এবং Me_4NClO_4 বাদে সকল অক্সিএসিডের লবণ এ দ্রাবকে অদ্রবণীয়।

অজৈব ক্লোরাইড লবণগুলির সাথে $SbCl_3$ বিভিন্ন ধরনের সলভেট গঠন করে। কয়েকটি উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

$KCl.SbCl_3$, $2KCl.SbCl_3$, $BaCl_2.SbCl_3$,

$KCl.2SbCl_3$, $3KCl.2SbCl_3$, $BaCl_2.2SbCl_3$

টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্ষার ধাতুসমূহের ক্লোরাইড লবণগুলি দ্রবীভূত হয়ে এ দ্রাবকের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অনেক বাড়িয়ে দেয়। $SbCl_3$ একটি আয়নীকারক দ্রাবক বলে এ লবণগুলি দ্রবণে সহজেই আয়ন সৃষ্টি করে এবং সেজন্য বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বেড়ে যায়।

$$Me_4N^+Cl^- \rightleftarrows Me_4N^+ + Cl^- \xrightarrow{SbCl_3} Me_4N^+ + SbCl_4^-$$

$$K^+Cl^- \rightleftarrows K^+ + Cl^- \xrightarrow{SbCl_3} K^+ + SbCl_4^-$$

$AlCl_3$, $TeCl_4$, $SbCl_5$ প্রভৃতি সমযোজী যৌগও এ দ্রাবকে সহজে আয়নিত হয় এবং বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে।

$$AlCl_3 + SbCl_3 \rightleftarrows SbCl_2^+ + AlCl_4^-$$

$$TeCl_4 + 2\,SbCl_3 \rightleftarrows 2\,SbCl_2^+ + TeCl_6^{2-}$$

$$SbCl_5 + SbCl_3 \rightleftarrows SbCl_2^+ + SbCl_6^-$$

$(C_6H_5)_3CCl$ এর দ্রবণও একটি উত্তম বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। দ্রবণে এটি $(C_6H_5)_3C^+$ এবং Cl^- আয়নে বিশ্লিষ্ট হয় বলেই এরূপ ঘটে। Cl^- আয়নটি এক অণু দ্রাবকের সাথে যুক্ত হয়ে $SbCl_4^-$ আয়ন গঠন করে।

$$(C_6H_5)_3CCl \overset{SbCl_3(l)}{\rightleftarrows} (C_6H_5)_3C^+ + Cl^-$$

$$Cl^- + SbCl_3 \longrightarrow SbCl_4^-$$

$$(C_6H_5)_3CCl + SbCl_3 \rightleftarrows (C_6H_5)_3C^+ + SbCl_4^-$$

স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়া থেকে দেখা যায়, যেসব পদার্থ $SbCl_3$ দ্রবণে $SbCl_2^+$ আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করতে পারে তারা এসিড এবং যেসব পদার্থ এ দ্রবণে $SbCl_4^-$ আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করতে পারে তারা ক্ষার। KCl এবং Me_4NCl এ দ্রাবকে দুটি ক্ষারের উদাহরণ।

$$\left.\begin{array}{l} KCl + SbCl_3 \longrightarrow K^+ + SbCl_4^- \\ Me_4NCl + SbCl_3 \longrightarrow Me_4N^+ + SbCl_4^- \end{array}\right\} \text{ক্ষার}$$

$AlCl_3$ এ দ্রাবকে $SbCl_2^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে, এজন্য এটি একটি এসিড।

$$AlCl_3 + SbCl_3 \longrightarrow AlCl_4^- + SbCl_2^+ \text{ (এসিড)}$$

তরল $SbCl_3$ দ্রাবকে $AgClO_4$ যোগ করলে AgCl এর অধঃক্ষেপ জমা হয় এবং $SbCl_2^+ClO_4^-$ এর একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ পাওয়া যায়। $SbCl_2^+ClO_4^-$ দ্রবণ এ দ্রাবকে একটি এসিড।

$$AgClO_4 + SbCl_3 \longrightarrow AgCl(\downarrow) + SbCl_2^+ClO_4^- \text{ (এসিড)}$$

$SbCl_3$ দ্রাবকে একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো $Me_4N^+SbCl_4^-$ দ্রবণ এবং $SbCl_2^+ClO_4^-$ দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া। নিচে এ বিক্রিয়াটি সমীকরণের সাহায্যে দেখানো হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{SbCl_2^+ClO_4^-} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Me_4N^+SbCl_4^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{Me_4N^+ClO_4^-} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\,SbCl_3}$$

কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে এ বিক্রিয়ার অগ্রগতি অনুসরণ করা যায় এবং এসিড : ক্ষার = 1 ঃ 1 বিন্দুতে প্রশমন বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

প্রশ্নমালা

১। আয়োডিন মনোক্লোরাইডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। এ দ্রাবকে KCl, $AlCl_3$, $SbCl_5$ এবং C_5H_5N এর এসিড–ক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর।

২। ICl দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়া উল্লেখ কর। প্রশমন বিক্রিয়াটির শেষ বিন্দু কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

৩। ICl দ্রবণে পিরিডিন কিভাবে একটি তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসেব আচরণ করে তা ব্যাখ্যা কর।

৪। ICl দ্রবণে NH_4Cl এবং $SnCl_4$ এর মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ।

৫। BrF_3 দ্রাবকে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির এসিড–ক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর :

KF, AgF, BaF_2, NOF, PF_5, SbF_5, SnF_4, SbF_3, TiF_4, AuF_3 এবং $SnCl_4$

৬। বিশুদ্ধ BrF_3 দ্রাবকের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। এ দ্রাবকে দুটি এসিড, দুটি ক্ষার এবং দুটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

৭। BrF_3 দ্রাবকে $SbCl_3$ এবং N_2O_4 এর মধ্যে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। মিশ্রিত দ্রবণের প্রকৃতি এসিডীয় না ক্ষারীয় হবে তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

৮। বিশুদ্ধ BrF_3 দ্রাবকে NOF দ্রবীভূত করলে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা কেন বৃদ্ধি পায় তা ব্যাখ্যা কর। দ্রবণটির প্রকৃতি এসিডীয় না ক্ষারীয় হয় তা উল্লেখ কর।

৯। তরল BrF_3 দ্রাবকে নিম্নলিখিত জটিল ফ্লোরোযৌগগুলি কিরূপে প্রস্তুত করা যায় তা সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

$Ag[AuF_4]$, $(NO^+)_2[SnF_6]^{2-}$, $(NO_2^+)[SbF_6]^-$

১০। তরল AsF_3 দ্রাবকের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি উল্লেখ কর। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়া উল্লেখ কর। প্রশমন বিক্রিয়াটির শেষ বিন্দু কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

১১। তরল AsF_3 দ্রাবকে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির এসিড–ক্ষার আচরণ ব্যাখ্যা কর :

KF, CsF এবং SbF_5

১২। তরল AsF_3 দ্রাবকে কিভাবে $[AsF_2][SbF_6]$ যৌগটি প্রস্তুত করা যায়?

১৩। AsF_3 দ্বারা গঠিত কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দাও এবং তাদের গাঠনিক বিন্যাস দেখাও।

১৪। AsF_3 এর সাথে (i) Cl_2 এবং (ii) SbF_5 এর বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ।

১৫। AsF_3 দ্রাবকে $[AsF_2^+][SbF_6^-]$ যৌগটির ^{19}F N.M.R. বর্ণালীতে কেবল একটি রেজোন্যান্স রেখা পাওয়া যায়। এ পর্যবেক্ষণটি কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

১৬। $AsCl_3$ এর স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

১৭। $AsCl_3$ দ্রাবকে $SbCl_5$ দ্রবীভূত করলে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অনেক বেড়ে যায়। এর কারণ কি?

১৮। তরল $AsCl_3$ দ্রাবকে টেট্রামিথাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং এন্টিমনি পেন্টাক্লোরাইডের মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনে Me_4NCl ঃ $SbCl_5$ মোল অনুপাত পরিবর্তনের সাথে বিদ্যুৎ পরিবাহিতার যে পরিবর্তন ঘটে তা লেখচিত্র এঁকে দেখাও।

১৯। তরল $AsCl_3$ দ্রবণে $TeCl_4$ এবং Me_4NCl এর মধ্যে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

২০। তরল $AsCl_3$ দ্রাবকে পিরিডিনের দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী হয় কেন? দ্রবণটি এসিড না ক্ষার প্রকৃতিবিশিষ্ট হয় তা কারণসহ উল্লেখ কর।

২১। $AsCl_3$ দ্বারা গঠিত কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দাও এবং তাদের গাঠনিক বিন্যাস এঁকে দেখাও।

২২। $AsBr_3$ দ্রাবকে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির এসিড–ক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর :
BBr_3, $AlBr_3$, $SnBr_4$, PBr_5, $SbBr_5$, Et_3N, Et_4NBr

২৩। $AsBr_3$ দ্রাবকে $AgClO_4$ যোগ করলে কি ঘটে? বিক্রিয়াটির সমীকরণ দাও এবং প্রাপ্ত দ্রবণটির বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ও এসিড/ক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর।

২৪। $AsBr_3$ দ্রাবকে $AlBr_3$ এর সাথে Et_4NBr এর কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের লেখচিত্র আঁক এবং সংঘটিত বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ।

২৫। বিশুদ্ধ তরল অ্যান্টিমনি ট্রাইব্রোমাইড দ্রাবকের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

২৬। অজৈব ক্লোরাইড লবণগুলির সাথে $SbCl_3$ এর কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দাও।

২৭। বিশুদ্ধ তরল $SbCl_3$ দ্রাবকে Me_4NCl দ্রবীভূত করলে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অনেক বেড়ে যায়। এর কারণ কি? দ্রবণটির প্রকৃতি এসিডীয় না ক্ষারীয় হয়?

২৮। তরল $SbCl_3$ দ্রাবকে $(C_6H_5)_3CCl$ দ্রবীভূত করলে একটি অত্যন্ত বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ পাওয়া যায়। ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর।

২৯। তরল $SbCl_3$ দ্রবণে নিম্নলিখিত পদার্থগুলির এসিড/ক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর :
$AlCl_3$, $TeCl_4$, $SbCl_5$, KCl, Me_4NCl

৩০। তরল $SbCl_3$ দ্রাবকে $AgClO_4$ যোগ করলে একটি এসিড প্রকৃতিবিশিষ্ট বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ পাওয়া যায়। সমীকরণসহ এ পর্যবেক্ষণটি ব্যাখ্যা কর।

৩১। আর্সেনিক ট্রাইক্লোরাইড দ্রবণ থেকে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি পৃথক করা হয়েছে :
$Me_4NCl.AsCl_3$; $TeCl_4.2AsCl_3$; $Me_4NCl.TeCl_4.AsCl_3$; $2TeCl_4.\ SbCl_5.\ AsCl_3$। যৌগগুলির জন্য যুক্তিসঙ্গত রাসায়নিক সংকেত লিখ।

৩২। BrF_3 দ্রাবকে 1 ঃ 1 মোলার অনুপাতে সিলভার এবং গোল্ড ধাতু যোগ করলে $Ag[AuF_4]$ যৌগটি উৎপন্ন হয়। এটি কিভাবে গঠিত হয় তা সমীকরণের সাহায্যে বুঝিয়ে দাও।

পঞ্চম অধ্যায়

অক্সিহ্যালাইড দ্রাবকসমূহ

(Oxyhalide Solvents)

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড (Nitrosyl Chloride)

NOCl এর গলনাংক –64.5°C এবং স্ফুটনাংক –5.5°C, এ দুই তাপমাত্রার মাঝখানে একে মাত্র 59°C সীমানার মধ্যে তরল অবস্থায় পাওয়া যায়। এটি একটি মেরুপ্রবণ অণু (ডাইপোল মোমেন্ট = 1.83 D), এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান মোটামুটি উচ্চ (–27°C উষ্ণতায় 22.5) এবং আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা –20°C তাপমাত্রায় 2.88×10^{-6} ohm^{-1} cm^{-1}। ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানের ভিত্তিতে এটি একটি উত্তম আয়নীকারক দ্রাবক হবে বলে আশা করা যায়। কিন্তু ধাতব ক্লোরাইড লবণগুলি এ দ্রাবকে অদ্রবণীয়। তবে টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়। নাইট্রোসোনিয়াম লবণগুলির জন্য এটি একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। NO^+ আয়ন দ্রাবক অণুর সাথে একটি বিশেষ ধরনের পারস্পরিক ক্রিয়া ঘটায় এবং দ্রাবকযুক্ত হয়ে পড়ে। দ্রাবকযুক্ত NO^+ আয়ন একটি ক্লোরিন সেতুর মাধ্যমে গঠিত হয় এবং রেজোন্যান্স প্রক্রিয়ায় বাড়তি সুস্থিতি অর্জন করে।

$$[:\ddot{O}=\ddot{N}-\ddot{Cl}-\ddot{N}=\ddot{O}:]^+ \longleftrightarrow [:\ddot{O}=\ddot{N}-\ddot{Cl}:]\ :\overset{+}{N}\equiv O:$$
$$\longleftrightarrow :O\equiv\overset{+}{N}:[:\ddot{Cl}-\ddot{N}=\ddot{O}:]$$

ধাতব আয়নসমূহ (যেমন K^+ আয়ন) এ প্রক্রিয়ায় দ্রাবকযুক্ত হতে পারে না এবং এ কারণেই ক্ষার ধাতুর হ্যালাইড লবণগুলির দ্রাব্যতা নাইট্রোসোনিয়াম লবণগুলির দ্রাব্যতার তুলনায় অনেক কম হয়। $(NO^+)[AlCl_4]^-$, $(NO^+)[FeCl_4]^-$এবং $(NO^+)[SbCl_6]^-$ লবণগুলি নাইট্রোসিল ক্লোরাইড দ্রাবকে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং উত্তম বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে। কিন্তু $(NO^+)_2[SnCl_6]^{2-}$, $(NO^+)_2[TiCl_6]^{2-}$ এবং $(NO^+)(HSO_4^-)$ যৌগগুলি এ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না।

বিভিন্ন ধাতব এবং অধাতব ক্লোরাইডের সাথে NOCl অনেকগুলি সলভেট গঠন করে। NOCl দ্রাবকে ক্লোরাইড যৌগগুলি দ্রবীভূত করে এ সলভেটগুলি তৈরি করা যায়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার জন্য অন্য একটি দ্রাবক ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়। কঠিন সলভেটগুলির উপাদানভিত্তিক সংকেত MCl_n. NOCl অথবা MCl_n. 2NOCl হতে পারে। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

সলভেট	গঠনভিত্তিক সংকেত
$BF_3.NOCl$	$(NO^+)[BF_4]^-$
$AlCl_3.NOCl$	$(NO^+)[AlCl_4]^-$
$GaCl_3.NOCl$	$(NO^+)[GaCl_4]^-$
$SbCl_5.NOCl$	$(NO^+)[SbCl_6]^-$
$FeCl_3.NOCl$	$(NO^+)[FeCl_4]^-$
$AuCl_3.NOCl$	$(NO^+)[AuCl_4]^-$
$PdCl_2.2NOCl$	$(NO^+)_2[PdCl_4]^{2-}$
$PtCl_2.2NOCl$	$(NO^+)_2[PtCl_4]^{2-}$
$SnCl_4.2NOCl$	$(NO^+)_2[SnCl_6]^{2-}$
$PbCl_4.2NOCl$	$(NO^+)_2[PbCl_6]^{2-}$

কঠিন সলভেটগুলির আয়নিক প্রকৃতি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে। কঠিন $AlCl_3.NOCl$ এর রমন বর্ণালীতে (Raman spectrum) NO^+ এবং $AlCl_4^-$ আয়নের জন্য রমন রেখা পাওয়া যায় যা এ যৌগের $(NO^+)[AlCl_4]^-$ সংকেতকে নিশ্চিত করে। দ্রবণে NOCl এবং $AlCl_3$, $GaCl_3$, $FeCl_3$ এবং $SbCl_5$ এর মধ্যে দ্রুত তেজস্ক্রিয় ক্লোরিন আইসোটোপ ^{36}Cl এর বিনিময়ও ক্লোরো জটিল আয়ন গঠনকে সমর্থন করে।

নাইট্রোসোনিয়াম লবণগুলি NOCl দ্রাবকে উত্তম পরিবাহক হিসেবে কাজ করে। −20°C উষ্ণতায় কয়েকটি লবণের আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান নিচে দেয়া হলো :

$$(NO^+)[AlCl_4]^-, \ \kappa = 1.17 \times 10^{-2}\ ohm^{-1}\ cm^{-1}\ (0.098M\ \text{দ্রবণ})$$

$$(NO^+)[FeCl_4]^-, \ \kappa = 1.34 \times 10^{-3}\ ohm^{-1}\ cm^{-1}\ (0.0099M\ \text{দ্রবণ})$$

$$(NO^+)[SbCl_6]^-, \ \kappa = 2.35 \times 10^{-2}\ ohm^{-1}\ cm^{-1}\ (0.140M\ \text{দ্রবণ})$$

বিশুদ্ধ NOCl দ্রাবকের আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতার মান থেকে বুঝা যায় এটি কিছু পরিমাণে আয়নিত অবস্থায় থাকে। এর স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$NOCl \rightleftarrows NO^+ + Cl^-$$

নাইট্রোসোনিয়াম লবণগুলি এ দ্রাবকে NO^+ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে। এজন্য এরা এ দ্রাবকে এসিড হয়।

উদাহরণ :

$$(NO^+)[AlCl_4]^- \rightleftarrows (NO^+) + [AlCl_4]^-$$

$$(NO^+)[FeCl_4]^- \rightleftarrows (NO^+) + [FeCl_4]^-$$

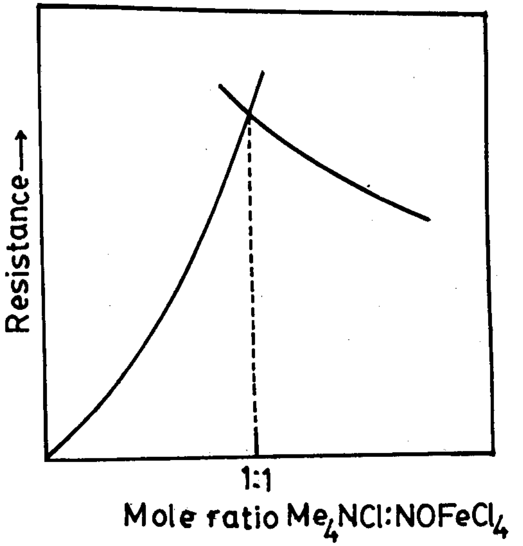
$$(NO^+)[SbCl_6]^- \rightleftarrows (NO^+) + [SbCl_6]^-$$

টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লবণগুলি এ দ্রাবকে Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করে। এজন্য এরা এ দ্রাবকে ক্ষার হয়। উদাহরণ :

$$Me_4NCl \rightleftarrows Me_4N^+ + Cl^-$$

এ দ্রাবকে প্রশমন বিক্রিয়ায় এসিড থেকে প্রাপ্ত NO^+ আয়ন এবং ক্ষার থেকে প্রাপ্ত Cl^- আয়ন মিলিত হয়ে অবিয়োজিত NOCl অণু গঠন করে। নিচে একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{(NO^+)[FeCl_4]^-} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Me_4N^+Cl^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{[Me_4N]^+[FeCl_4]^-} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{NOCl}$$



চিত্র ৫.১ : NOCl দ্রাবকে Me_4NCl দ্রবণের সাহায্যে $(NO^+)[FeCl_4]^-$ দ্রবণের কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের লেখচিত্র।

এরূপ বিক্রিয়া কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষবিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। ৫.১ চিত্রে Me_4NCl দ্রবণের সাহায্যে $(NO^+)[FeCl_4]^-$ দ্রবণের কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। চিত্র থেকে দেখা যায় $(NO^+)[FeCl_4]^-$ দ্রবণে যতই Me_4NCl দ্রবণ যোগ করা যায় দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ততই কমতে থাকে (অর্থাৎ রোধ বাড়তে থাকে)। $Me_4NCl : (NO^+)[FeCl_4]^-$ মোল অনুপাত 1 : 1 হলে পরিবাহিতার মান সর্বনিম্ন (অর্থাৎ রোধের মান সর্বোচ্চ) হয়। এরপর আরো বেশি Me_4NCl দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের পরিবাহিতা আবার বাড়তে থাকে (অর্থাৎ রোধ কমতে থাকে)। প্রশমন বিন্দুতে পৌছানোর পূর্বে $(NO^+)[FeCl_4]^-$ দ্রবণে

Me_4NCl দ্রবণ যোগ করলে অতি দ্রুত গতিসম্পন্ন NO^+ আয়ন কম গতিসম্পন্ন Me_4N^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, এজন্য পরিবাহিতা কমতে থাকে। প্রশমন বিন্দু অতিক্রান্ত হয়ে গেলে দ্রবণে অধিক পরিমাণ Me_4NCl দ্রবণ যোগ করলে Me_4N^+ এবং Cl^- আয়নের কারণে পরিবাহিতা আবার বাড়তে থাকে।

NOCl দ্রাবকে খুব বেশি রাসায়নিক বিক্রিয়া পরীক্ষা করা হয় নি। এ দ্রাবকে সিলভার ফসফেট লবণগুলির বিক্রিয়া উল্লেখযোগ্য।

$$4\,Ag_3PO_4 + 12\,NOCl \longrightarrow (NO^+)_2[P_4O_{11}]^{2-} + 5\,N_2O_3 + 12\,AgCl$$

$$3\,Ag_4P_2O_7 + 12\,NOCl \longrightarrow (NO^+)_4[P_6O_{17}]^{4-} + 4\,N_2O_3 + 12\,AgCl$$

$$Ag_3P_3O_9 + 3\,NOCl \longrightarrow (NO^+)[P_3O_8]^- + N_2O_3 + 3\,AgCl$$

$$Ag_4P_4O_{12} + 4\,NOCl \longrightarrow (NO^+)_2[P_4O_{11}]^{2-} + N_2O_3 + 4\,AgCl$$

এ বিক্রিয়াগুলিতে NO^+ আয়নগুলি কেবল Ag^+ আয়নগুলিকেই প্রতিস্থাপন করে নাই, NOCl ফসফেট আয়নগুলিতে বাড়তি P–O–P বন্ধনও সৃষ্টি করেছে।

ফসফোরাইল ক্লোরাইড (Phosphoryl Chloride, $POCl_3$)

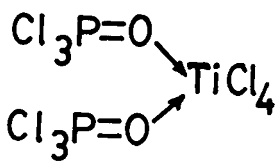
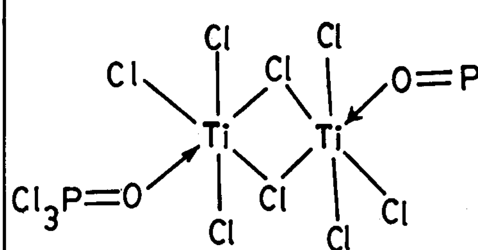
$POCl_3$ এর গলনাংক 1°C এবং স্ফুটনাংক 108°C, অতএব এ দুই তাপমাত্রার মাঝখানে এর তারল্যের পরিধি সর্বমোট 107°C। এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান 22°C উষ্ণতায় 13.9 এবং সাধারণ তাপমাত্রায় আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা $2x\,10^{-8}\,ohm^{-1}\,cm^{-1}$। সহজ লভ্যতা, সুবিধাজনক তারল্যের সীমানা, এবং ভাল দ্রাবকগুণ থাকার কারণে সকল হ্যালাইড এবং অক্সিহ্যালাইডগুলির মধ্যে এটিই সর্বাধিক মনোযোগ আকর্ষণ করেছে।

ক্ষার ধাতুর হ্যালাইড লবণগুলি এ দ্রাবকে অল্প পরিমাণে দ্রবীভূত হয় কিন্তু মৃৎক্ষার ধাতুর হ্যালাইড, AgCl, Hg_2Cl_2 এবং TlCl অদ্রবণীয়। ৫.১ সারণিতে এ দ্রাবকে কয়েকটি লবণের দ্রাব্যতা দেখানো হয়েছে। আয়নিক যৌগগুলির মধ্যে টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণগুলি সহজেই দ্রবীভূত হয়। সমযোজী যৌগগুলির মধ্যে $SiCl_4$, $SiBr_4$ এবং $SnBr_4$ তাদের আণবিক অবস্থা বজায় রেখেই দ্রবীভূত হয় কিন্তু PCl_5, $AsCl_3$, SCl_4, ICl_3, PBr_3, $BiCl_3$ ইত্যাদি এ দ্রাবকে আয়ন সৃষ্টি করে দ্রবীভূত হয়। BCl_3, $AlCl_3$, $SbCl_5$, $SnCl_4$, $TiCl_4$, $TeCl_4$ এবং BBr_3 সহজে দ্রবীভূত হয় কিন্তু এরা দ্রাবকের সাথে সলভেট গঠন করে এবং বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে। ৫.২ সারণিতে $POCl_3$ এর কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দেয়া হয়েছে।

সারণি ৫.১ : $POCl_3$ দ্রাবকে কয়েকটি লবণের দ্রাব্যতা।

লবণ	দ্রাব্যতা (গ্রাম/লিটার)
$LiCl$	0.05
$NaCl$	0.31
KCl	0.60
NH_4Cl	0.46
$RbCl$	0.87
$CsCl$	1.26
KF	0.40
KBr	0.51
KI	1.71
KCN	0.73
$KCNO$	0.83
$KCNS$	0.76

সারণি ৫.২ : $POCl_3$ এর কয়েকটি সলভেট।

সলভেট	গাঠনিক বিন্যাস
$SbCl_5 . POCl_3$	$Cl_3P = O \rightarrow SbCl_5$
$GaCl_3 . POCl_3$	$Cl_3P = O \rightarrow GaCl_3$
$BCl_3 . POCl_3$	$Cl_3P{=}O{\rightarrow}BCl_3$
$AlCl_3 . POCl_3$	$Cl_3P{=}O{\rightarrow}AlCl_3$
$SnCl_4 . POCl_3$	$Cl_3P{=}O{\rightarrow} SnCl_4$
$FeCl_3 , POCl_3$	$Cl_3P{=}O{\rightarrow} FeCl_3$
$TiCl_4 . 2\ POCl_3$	
$(TiCl_4 . POCl_3)_2$	

ফসফোরাইল ক্লোরাইডের প্রস্তাবিত স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$POCl_3 \rightleftarrows POCl_2^+(\text{solvated}) + Cl^-(\text{solvated})$$

$SbCl_5$, $FeCl_3$, $AlCl_3$, BCl_3, $SnCl_4$ হ্যালাইডগুলি এ দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে এবং এদের কঠিন সলভেটও গঠিত হয়। প্রথমে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা নিচে দেখানো আয়নীকরণ বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হয়েছিল :

$$POCl_3 + SbCl_5 \rightleftarrows POCl_2^+ + SbCl_6^-$$

$$POCl_3 + FeCl_3 \rightleftarrows POCl_2^+ + FeCl_4^-$$

$$POCl_3 + AlCl_3 \rightleftarrows POCl_2^+ + AlCl_4^-$$

$$POCl_3 + BCl_3 \rightleftarrows POCl_2^+ + BCl_4^-$$

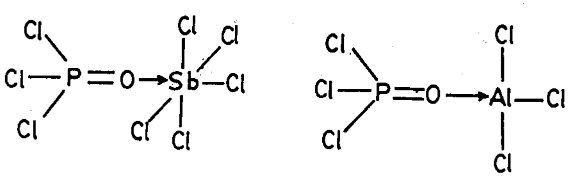
যদি দ্রবণে হ্যালাইডগুলির এরূপ আয়নীকরণ ঘটে তাহলে এদেরকে এ দ্রাবকে এসিড মনে করা যায়, কারণ এরা দ্রবণে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক $POCl_2^+$ আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। টেট্রাঅ্যালকাইল অ্যামোনিয়াম লবণগুলির দ্রবণও বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং এরা দ্রবণে Cl^- আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করে, এজন্য এদেরকে এ দ্রাবকে ক্ষার হিসেবে বিবেচনা করা যায়।

$$Et_4NCl \rightleftarrows Et_4N^+ + Cl^-$$

এ ক্ষার দ্রবণকে এসিড দ্রবণ দিয়ে কনডাকটিমেট্রিক পদ্ধতিতে টাইট্রেশন করে বিক্রিয়ার প্রশমন বিন্দু নির্ণয় করা যায়।

$$\underset{\text{(এসিড)}}{POCl_2^+SbCl_6^-} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{Et_4N^+Cl^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{Et_4N^+SbCl_6^-} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{POCl_3}$$

কিন্তু দ্রবণে $SbCl_5$, $FeCl_3$, $AlCl_3$ ইত্যাদির এরূপ আয়নীকরণ প্রকৃতই ঘটে কিনা তা সন্দেহজনক। কারণ এ হ্যালাইডগুলির কঠিন সলভেটে অক্সিজেনের মাধ্যমে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন পরীক্ষার দ্বারা নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হয়েছে।



X–রশ্মি বিবর্তন (X–ray diffraction) এবং বর্ণালীমিতিক পরীক্ষার (Spectroscopic study) দ্বারা কঠিন সলভেট অণুতে অক্সিজেনের মাধ্যমে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টির প্রমাণ পাওয়া যায় কিন্তু $POCl_2^+$ আয়ন গঠনের কোনো প্রমাণ পাওয়া যায় না।

$POCl_3$ দ্রাবকে $SbCl_5$, $FeCl_3$, $AlCl_3$ হ্যালাইডগুলির দ্রবণে কি ধরনের আয়ন সৃষ্টি হয় তা এখনো সুনিশ্চিতভাবে জানা যায় নি। $FeCl_3$ এর দ্রবণ নিয়ে বিভিন্ন প্রকার পরীক্ষা করা হয়েছে। দ্রবণের গাঢ়ত্বের সাথে এর রঙের পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। গাঢ়ত্ব যখন 10^{-4} M এর মত নিম্নমানে পৌঁছে তখন অতিবেগুনি বর্ণালীতে $FeCl_4^-$ আয়নের বৈশিষ্ট্যসূচক শোষণ ব্যাণ্ড পাওয়া যায়। কিন্তু $PO(OEt)_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ দ্রবণের ক্ষেত্রেও অনুরূপ অতিবেগুনি বর্ণালী পাওয়া যায়। এ দ্রাবকেও $POCl_3$ দ্রাবকের মত সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের উপযোগী একটি অক্সিজেন পরমাণু রয়েছে। $PO(OEt)_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ দ্রবণে গঠিত $FeCl_4^-$ আয়নের সবগুলি Cl^- আয়নই $FeCl_3$ থেকে আসে। অক্সিজেন পরমাণুর মাধ্যমে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে কিভাবে $FeCl_4^-$ আয়ন গঠিত হতে পারে তা নিচে দেখানো হয়েছে :

$$PO(OEt)_3 + FeCl_3 \rightleftarrows (EtO)_3P{=}O \rightarrow FeCl_3$$

$$(EtO)_3P{=}O \rightarrow FeCl_3 \rightleftarrows (EtO)_3P{=}O \rightarrow FeCl_2^+ + Cl^-$$

$$FeCl_3 + Cl^- \rightleftarrows FeCl_4^-$$

$PO(OEt)_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ দ্রবণে যেভাবে $FeCl_4^-$ আয়ন গঠিত হতে পারে ঠিক একইভাবে $POCl_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ দ্রবণেও $FeCl_4^-$ আয়ন গঠিত হতে পারে।

$$POCl_3 + FeCl_3 \rightleftarrows Cl_3P{=}O \rightarrow FeCl_3$$

$$Cl_3P{=}O \rightarrow FeCl_3 \rightleftarrows Cl_3P{=}O \rightarrow FeCl_2^+ + Cl^-$$

$$FeCl_3 + Cl^- \rightleftarrows FeCl_4^-$$

$POCl_3$ দ্রবণে Et_4NCl এর সাহায্যে $FeCl_3$ এর কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনে 1 : 1 মোলার অনুপাত বিন্দুতে বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু নিম্নলিখিত আয়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় :

$$Cl_3P{=}O \rightarrow FeCl_2^+ + Cl^- \longrightarrow POCl_3 + FeCl_3$$

অতএব দেখা যায় $POCl_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ এর আচরণ ব্যাখ্যা করার জন্য দ্রাবকের স্ব-আয়নীকরণ বিক্রিয়া এবং $FeCl_3$ এর এসিড প্রকৃতির ধারণার কোনো প্রয়োজন নেই। অন্য হ্যালাইডগুলির জন্যও এটি সত্য হবার কথা। তবে পিরিডিন এবং ট্রাইইথাইল অ্যামিনের মত শক্তিশালী লুইস ক্ষারের উপস্থিতিতে $POCl_3$ থেকে প্রকৃতই হ্যালাইড আয়নের স্থানান্তর ঘটে :

$$C_5H_5N + POCl_3 + FeCl_3 \rightleftarrows C_5H_5N \rightarrow POCl_2^+ + FeCl_4^-$$

$$Et_3N + POCl_3 + FeCl_3 \rightleftarrows Et_3N \rightarrow POCl_2^+ + FeCl_4^-$$

$POCl_3$ দ্রাবকে Me_4NCl এবং $FeCl_3$ অথবা $SbCl_5$ এর সরাসরি কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন করা যায় এবং 1 : 1 মোলার অনুপাত বিন্দুতে বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায় :

$$FeCl_3 + Me_4NCl \longrightarrow Me_4N^+FeCl_4^-$$
$$SbCl_5 + Me_4NCl \longrightarrow Me_4N^+SbCl_6^-$$

পিরিডিন এবং ট্রাইইথাইল এমিন $POCl_3$ দ্রাবকে বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে :

$$C_5H_5N + POCl_3 \rightleftarrows C_5H_5N \rightarrow POCl_2^+ + Cl^-$$
$$Et_3N + POCl_3 \rightleftarrows Et_3N \rightarrow POCl_2^+ + Cl^-$$

VCl_4, PCl_5, $TaCl_5$ ইত্যাদি দ্রবণের সাহায্যে এ দ্রবণগুলির কনডাকটিমেট্রিক পদ্ধতিতে টাইট্রেশন করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায় :

$$C_5H_5N \rightarrow POCl_2^+ + Cl^- + PCl_5 \longrightarrow C_5H_5N \rightarrow POCl_2^+ + PCl_6^-$$
$$Et_3N \rightarrow POCl_2^+ + Cl^- + TaCl_5 \longrightarrow Et_3N \rightarrow POCl_2^+ + TaCl_6^-$$
$$2\,Et_3N \rightarrow POCl_2^+ + 2\,Cl^- + VCl_4 \longrightarrow 2\,Et_3N \rightarrow POCl_2^+ + VCl_6^{2-}$$

বিশুদ্ধ $POCl_3$ দ্রাবকে প্রস্তাবিত স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়া $POCl_3 \rightleftarrows POCl^+$(solvated) + Cl^- (solvated) সম্ভবত কিছু পরিমাণে ঠিকই সংঘটিত হয়। R_4NCl, C_5H_5N অথবা Et_3N যোগ করে Cl^- আয়নের গাঢ়ত্বও সহজেই বৃদ্ধি করা যায় কিন্তু $POCl_2^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করার কোনো পদ্ধতি জানা যায় নি।

প্রশ্নমালা

১। নাইট্রোসিল ক্লোরাইড দ্রাবকে ধাতব ক্লোরাইড লবণগুলি অদ্রবণীয় কিন্তু নাইট্রোসোনিয়াম লবণগুলির জন্য এটি একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। ব্যাখ্যা কর।

২। $AlCl_3$, $FeCl_3$ এবং $SbCl_5$ প্রত্যেকেই সমযোগী যৌগ এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় এরা কোনোটিই বিদ্যুৎ সুপরিবাহী নয়, কিন্তু নাইট্রোসিল ক্লোরাইড দ্রাবকে এদের দ্রবণ উত্তম বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়, যদিও NOCl নিজেও বিশুদ্ধ অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

৩। নাইট্রোসিল ক্লোরাইড দ্বারা গঠিত কয়েকটি সলভেটের উদাহরণ দাও এবং তাদের গঠনভিত্তিক সংকেত লিখ।

৪। $AlCl_3.NOCl$ যৌগটিতে NO^+ এবং $AlCl_4^-$ আয়নের উপস্থিতির সপক্ষে যুক্তিগুলি উল্লেখ কর।

৫। নিম্নলিখিত যৌগগুলির গাঠনিক সংকেত লিখ :

$SbCl_5.\ NOCl$; $FeCl_3.\ NOCl$; $PdCl_2.\ 2\ NOCl$; $SnCl_4.\ 2NOCl$; $BF_3.\ NOCl$
নাইট্রোসিল ক্লোরাইড দ্রাবকে এদেরকে সলভোএসিড (solvoacids) বলা হয় কেন ?

৬। নাইট্রোসিল ক্লোরাইড দ্রাবকের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

৭। NOCl দ্রাবকে Me_4NCl দ্রবণের সাহায্যে $(NO^+)[FeCl_4]^-$ দ্রবণের কন–ডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশনের লেখচিত্র আঁক এবং চিত্রটি ব্যাখ্যা কর।

৮। নাইট্রোসিল ক্লোরাইডের সাথে বিভিন্ন প্রকার সিলভার ফসফেট লবণের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণের সাহায্যে দেখাও।

৯। দ্রাবক হিসেবে নাইট্রোসিল ক্লোরাইডের উপর একটি সংক্ষিপ্ত রচনা লিখ।

১০। বিশুদ্ধ নাইট্রোসিল ক্লোরাইডের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা খুবই কম কিন্তু $AlCl_3$ যোগ করলে এর পরিবাহিতা অত্যন্ত বেড়ে যায়। এভাবে প্রাপ্ত দ্রবণে ধাতু যোগ করলে NO গ্যাস উৎপন্ন হয়। ব্যাখ্যা কর।

১১। NOCl অপেক্ষা $POCl_3$ এর ডাইইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান কম, তবুও ধাতব হ্যালাইড লবণগুলির দ্রাব্যতা $POCl_3$ দ্রাবকেই বেশি হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

১২। পিরিডিন এবং ট্রাইইথাইল অ্যামিন কিভাবে $POCl_3$ দ্রাবকে উত্তম বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে তা ব্যাখ্যা কর।

১৩। নিম্নলিখিত সলভেটগুলির গাঠনিক সংকেত লিখ :

$SbCl_5.POCl_3$; $FeCl_3.POCl_3$; $TiCl_4.\ 2POCl_3$ এবং $(TiCl_4.POCl_3)_2$ ।

১৪। ফসফোরাইল ক্লোরাইডের স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। এ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও। প্রশমন বিক্রিয়াটির শেষ বিন্দু কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

১৫। $POCl_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ কিভাবে একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ সৃষ্টি করে তা ব্যাখ্যা কর। তোমার উত্তরের সপক্ষে পরীক্ষালব্ধ যুক্তি দেখাও।

১৬। $POCl_3$ দ্রাবকে $SbCl_5$ এবং Me_4NCl এর মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ।

১৭। $POCl_3$ দ্রাবকে ট্রাইইথাইল অ্যামিন এবং ফেরিক ক্লোরাইডের মধ্যে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

১৮। $POCl_3$ দ্রাবকে C_5H_5N এবং PCl_5 এর মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়াটি সমীকরণের সাহায্যে দেখাও।

১৯। $POCl_3$ দ্রাবকে Et_3N এবং VCl_4 এর মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ।

২০। $POCl_3$ দ্রাবকে Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব কিভাবে বৃদ্ধি করা যায়?

২১। $POCl_3$ দ্রাবকে $FeCl_3$ যোগ করলে বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণ পাওয়া যায় কিন্তু $POCl_2^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়ে না। এটি কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

ষষ্ঠ অধ্যায়
দ্রাবক হিসেবে বিগলিত লবণসমূহ
(Molten Salts as Solvents)

বিগলিত লবণের শ্রেণিবিভাগ (Classification of Molten Salts)

তরল অবস্থার গঠন প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে বিগলিত লবণগুলিকে দুটি শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। যেসব যৌগ মূলত আয়নিক বন্ধনের মাধ্যমে গঠিত (যেমন ক্ষার ধাতুর হ্যালাইড লবণসমূহ) তারা একটি শ্রেণি গঠন করে। বিগলনের ফলে এসব বস্তুর গঠনে সামান্য পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। কঠিন স্ফটিকে যেখানে আয়নগুলির সন্নিবেশ সংখ্যা ছয় থাকে সেখানে বিগলিত তরলে আয়নগুলির সন্নিবেশ সংখ্যা চার থেকে কিছু বেশি হয়। স্ফটিকে অনেক দূর পর্যন্ত আয়নগুলির যে সুশৃঙ্খল বিন্যাস থাকে তরলে তা নষ্ট হয়, কিন্তু তরল অবস্থাতেও প্রতিটি আয়ন নির্দিষ্ট সংখ্যক বিপরীত চার্যযুক্ত আয়ন দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। অসংখ্য মুক্ত আয়নের উপস্থিতির জন্য এরূপ বিগলিত লবণগুলি অত্যন্ত বিদ্যুৎ সুপরিবাহী হয়। বিশুদ্ধ তরলে অন্য কোনো পদার্থ দ্রবীভূত করলে যে নিয়মে তরলের গলনাংক পরিবর্তিত হয় এদের ক্ষেত্রেও সে নিয়মগুলি প্রযোজ্য হয়। দ্রবণের ক্রায়োস্কোপিক পাঠ (Cryoscopic study) থেকে বিগলিত লবণে দ্রবীভূত পদার্থের অবস্থা সম্পর্কে অনেক তথ্য জানা যায়। যেমন বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডে পৃথকভাবে KF এবং BaF_2 দ্রবীভূত করলে দ্রবণের গলনাংকের অবনমন পরিমাপ করে ν_{KF} এবং ν_{BaF_2} এর মান যথাক্রমে 2 এবং 3 পাওয়া যায়। এখানে ν হলো প্রতি মোল দ্রবীভূত পদার্থ থেকে প্রাপ্ত কণা (আয়ন বা অণু)–র মোল সংখ্যা, যে কণাগুলি বিশুদ্ধ দ্রাবকে উপস্থিত থাকে না। যদি বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রাবকে NaF দ্রবীভূত করা হয় তাহলে $\nu_{NaF} = 1$ হয়, কারণ এক্ষেত্রে দ্রাবকে অনুপস্থিত কণাগুলি কেবল F^- আয়ন, Na^+ আয়ন দ্রাবক অণু থেকেই পাওয়া যায় বলে ν এর মান নির্ধারণে এর কোনো ভূমিকা থাকে না। ৬.১ সারণিতে বিগলিত সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রাবকে বিভিন্ন লবণের দ্রবণের জন্য ব্যাখ্যাসহ ν এর মান দেখানো হয়েছে।

সারণি ৬.১ : বিগলিত $NaNO_3$ দ্রাবকে বিভিন্ন লবণের দ্রবণে ν এর মান এবং তার ব্যাখ্যা।

দ্রাবক	দ্রবীভূত লবণ	ν	দ্রবণে প্রাপ্ত আয়নসমূহ
$NaNO_3$	Na_2CO_3	1	$2\,Na^+ + CO_3^{2-}$
$NaNO_3$	CsCl	2	$Cs^+ + Cl^-$
$NaNO_3$	$CaCl_2$	3	$Ca^{2+} + 2\,Cl^-$
$NaNO_3$	$BaCl_2$	3	$Ba^{2+} + 2\,Cl^-$
$NaNO_3$	$Pb(NO_3)_2$	1	$Pb^{2+} + 2\,NO_3^-$
$NaNO_3$	$LaCl_3$	4	$La^{3+} + 3\,Cl^-$

বিগলিত লবণের অন্য শ্রেণিটি হলো ঐসব যৌগ যেগুলিতে সমযোজী বন্ধন গুরুত্বপূর্ণ। ZnX_2, CdX_2, HgX_2 (X=Cl, Br, I) ইত্যাদি এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। বিগলিত অবস্থাতেও এ লবণগুলিতে স্বতন্ত্র অণু বিদ্যমান থাকে, যদিও একই সাথে স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়ার ফলে যথেষ্ট সংখ্যক আয়নও উপস্থিত থাকে। উদাহরণ :

$$2\,HgX_2 \rightleftarrows HgX^+ + HgX_3^-$$

এ দ্রাবকগুলিকে অপ্রোটনিক হ্যালাইড দ্রাবক (যেমন BrF_3 এবং $SbCl_3$)–এর সাথে তুলনা করা যায়। এরূপ দ্রাবকের ক্ষেত্রে এসিড–ক্ষারের ধারণা প্রযোজ্য হয়। যেমন $HgBr_2$ দ্রাবকে $Hg(ClO_4)_2$, $Hg(NO_3)_2$, HgI_2, ইত্যাদি দ্রবীভূত করলে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ধনাত্মক আয়ন $HgBr^+$ এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে দ্রবণ এসিড–ধর্মী হয়।

$$\left.\begin{aligned} Hg(ClO_4)_2 + HgBr_2 &\rightleftarrows 2\,HgBr^+ + 2\,ClO_4^- \\ Hg(NO_3)_2 + HgBr_2 &\rightleftarrows 2\,HgBr^+ + 2\,NO_3^- \\ HgI_2 + HgBr_2 &\rightleftarrows 2\,HgBr^+ + 2\,I^- \end{aligned}\right\} \text{এসিড দ্রবণ}$$

অন্যদিকে $HgBr_2$ দ্রাবকে KBr, CsBr, $CuBr_2$ ইত্যাদি দ্রবীভূত করলে দ্রাবকের বৈশিষ্ট্যসূচক ঋণাত্মক আয়ন $HgBr_3^-$ এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায়। ফলে দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়।

$$\left.\begin{aligned} KBr + HgBr_2 &\rightleftarrows K^+ + HgBr_3^- \\ CsBr + HgBr_2 &\rightleftarrows Cs^+ + HgBr_3^- \\ CuBr_2 + HgBr_2 &\rightleftarrows CuBr^+ + HgBr_3^- \end{aligned}\right\} \text{ক্ষার দ্রবণ}$$

বিশুদ্ধ দ্রাবকের তুলনায় এসিড এবং ক্ষার দ্রবণগুলির বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অনেক বেশি হয়। এসিড এবং ক্ষার দ্রবণের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া কনডাকটিমেট্রিক টাইট্রেশন পদ্ধতিতে অনুসরণ করা যায় এবং বিক্রিয়ার শেষ বিন্দু সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়। একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো :

$$\underset{\text{(এসিড)}}{HgBr^+ClO_4^-} + \underset{\text{(ক্ষার)}}{K^+HgBr_3^-} \longrightarrow \underset{\text{(লবণ)}}{KClO_4} + \underset{\text{(দ্রাবক)}}{2\,HgBr_2}$$

দ্রবণের কম্পন বর্ণালী (vibrational spectra) এবং ইলেকট্রনীয় বর্ণালী (electronic spectra) পরীক্ষা করে অনেক সময় দ্রবণে উপস্থিত কণাগুলির প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়। বিগলিত $ZnCl_2$, $ZnBr_2$, $CdCl_2$, $HgCl_2$ এবং $HgBr_2$–এর রমন বর্ণালী (Raman spectra) থেকে জানা যায়, কঠিন স্ফটিকে এবং বিগলিত অবস্থায় এদের প্রত্যেকের ক্ষেত্রে একই ধরনের কণা উপস্থিত থাকে। কিন্তু বিগলিত $ZnCl_2$, $CdCl_2$ এবং $HgCl_2$–এ পৃথকভাবে বিভিন্ন পরিমাণ KCl যোগ করে দ্রবণের রমন বর্ণালী পরীক্ষা করে দেখা যায় প্রতি ক্ষেত্রে MCl_3^- এবং MCl_4^{2-} (M=Zn, Cd, Hg) জটিল আয়ন সৃষ্টি হয় এবং এ আয়নগুলির আপেক্ষিক অনুপাত KCl এর পরিমাণের উপর নির্ভর করে।

বিগলিত লবণে বিভিন্ন অবস্থান্তর ধাতুর লবণের দ্রবণ তৈরি করে এবং দ্রবণগুলির ইলেকট্রনীয় বর্ণালী পরীক্ষা করে দ্রবণে উপস্থিত অবস্থান্তর ধাতব আয়নগুলির সন্নিবেশ সংখ্যা সহজেই নির্ণয় করা যায়।

দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা পরিমাপ করেও দ্রবণে দ্রবীভূত পদার্থের প্রকৃতি সম্পর্কে ধারণা করা যায়।

বিগলিত লবণে ধাতুর দ্রবণ (Solutions of Metals in Molten Salts)

অনেক ক্ষেত্রে বিগলিত লবণসমূহ অনুরূপ ধাতুগুলির জন্য উৎকৃষ্ট দ্রাবক হিসেবে কাজ করে। উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করা যায়, ক্ষার ধাতুগুলির হ্যালাইড লবণগুলিতে অনুরূপ ক্ষার ধাতুসমূহ সহজে দ্রবীভূত হয় এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে (যেমন CsCl লবণে Cs ধাতু) গলনাংকের উচ্চ যে কোনো তাপমাত্রায় ধাতুটি তার হ্যালাইড লবণে সকল অনুপাতে দ্রবীভূত হয়। আবার কোনো কোনো ধাতুর হ্যালাইড লবণে ঐ ধাতুগুলির দ্রাব্যতা অতি নগণ্য। যেমন বিশুদ্ধ জিংক এবং লেড তাদের হ্যালাইড লবণগুলিতে এত অল্প পরিমাণে দ্রবীভূত হয় যে দ্রাব্যতা নির্ণয়ের জন্য বিশেষ ধরনের বৈশ্লেষণিক পদ্ধতি অবলম্বন করতে হয়।

বিগলিত লবণে ধাতু যোগ করলে সব সময়ই বিশুদ্ধ লবণের গলনাংকের মান থেকে দ্রবণের গলনাংকের মান কম হয়। ধাতব হ্যালাইড দ্রাবকে ধাতুর দ্রবণ সর্বদাই গাঢ় বর্ণবিশিষ্ট হয়। ক্ষার ধাতুর লবণে ধাতুর দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতাও উচ্চ মানবিশিষ্ট হয়। ৬.২ সারণিতে নিজ নিজ হ্যালাইড লবণের দ্রবণে সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম ধাতুর প্রান্তিক মোলার পরিবাহিতা (limiting molar conductance, λ_0)–এর মান দেখানো হয়েছে। সারণি থেকে লক্ষ্য করা যায়, পটাসিয়াম থেকে সোডিয়ামের পরিবাহিতার মান বেশি এবং উভয় ক্ষেত্রে পরিবাহিতার মান দ্রাবক পরিবর্তন করলে $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$ অনুক্রমে বাড়তে থাকে।

সারণি ৬.২ : 900°C তাপমাত্রায় নিজ নিজ বিগলিত হ্যালাইড দ্রাবকে সোডিয়াম এবং পটাসিয়ামের প্রান্তিক মোলার পরিবাহিতা λ_0 এর মান ($ohm^{-1}\ cm^2\ mol^{-1}$)।

	F	Cl	Br	I
Na	–	6,000	12,000	16,000
K	800	2,800	6,000	8,100

এক সময় মনে করা হতো বিগলিত লবণে ধাতুর দ্রবণ প্রকৃতপক্ষে কোলয়েড প্রকৃতিবিশিষ্ট। বর্তমানে পরীক্ষা থেকে দেখা যায় এ ধারণা ঠিক নয়, বিগলিত লবণে ধাতুসমূহ প্রকৃতই সমসত্ত্ব দ্রবণ তৈরি করে। এরূপ দ্রবণ কিভাবে তৈরি হয় তার কোনো নিশ্চিত ব্যাখ্যা এখন পর্যন্ত জানা নেই। একটি তত্ত্বে মনে করা হয়, ধাতুর দ্রবণ গঠনকালে বিগলিত লবণের ধাতব আয়নটির বিজারণ ঘটে এবং এর জারণ সংখ্যা (oxidation number) কমে যায়। উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করা যায়, বিগলিত মারকারির ক্লোরাইডে ধাতব মারকারির দ্রবণ গঠনের ফলে নিম্নলিখিত বিজারণ বিক্রিয়া সংঘটিত হয় :

$$Hg + HgCl_2 \rightarrow Hg_2Cl_2$$

এবং দ্রবণকে ঠাণ্ডা করলে এটি যখন জমাট বাঁধে তখন কঠিন অবস্থায় প্রকৃতই Hg_2Cl_2 পাওয়া যায়। কিন্তু সকল ধাতুর ক্ষেত্রে বিগলিত লবণের এরূপ বিজারণ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয় নি। বিগলিত $CdCl_2$–এ Cd এর দ্রবণে সম্ভবত Cd_2Cl_2 গঠিত হয়, কিন্তু দ্রবণ ঠাণ্ডা করলে যে কঠিন অবস্থা পাওয়া যায় তাতে ধাতব Cd এবং $CdCl_2$ কে পাশাপাশি থাকতে দেখা যায়। অথচ বিগলিত $CdCl_2$–এ Cd –এর দ্রবণে Al_2Cl_6 যোগ করে Cd_2^{2+} আয়ন পৃথক করা যায় :

$$Cd + CdCl_2 \rightarrow [Cd_2Cl_2] \xrightarrow{Al_2Cl_6} Cd_2^{2+}[AlCl_4^-]_2$$

মনে করা হয় উত্তপ্ত অবস্থায় বিগলিত দ্রবণে Cd_2Cl_2 সৃষ্টি হলেও শীতলীকরণের ফলে এটি পুনরায় Cd ও $CdCl_2$ এ পরিণত হয় :

$$\underset{\text{(উত্তপ্ত অবস্থা)}}{[Cd_2Cl_2]} \longrightarrow \underset{\text{(শীতল অবস্থা)}}{Cd + CdCl_2}$$

অনেক ক্ষেত্রে যদিও দ্রবণের লবণে উপস্থিত ধাতব আয়নের বিজারণ ঘটে বলে অনুমান করা হয়, বিজারিত ধাতব আয়নটি কোনো উপায়েই পৃথক করা যায় না।

ক্ষার ধাতুর হ্যালাইড লবণে ক্ষার ধাতুর দ্রবণে ধাতব আয়নের বিজারণের ধারণা [যেমন $Na + NaCl \rightarrow Na_2^+Cl^-$ বিক্রিয়ার মাধ্যমে Na_2^+ আয়ন গঠন] বাস্তবসম্মত নয়। এরূপ দ্রবণ গঠনের কোনো সর্বসম্মত তত্ত্ব জানা না থাকলেও ধারণা করা যেতে পারে যে, এরূপ দ্রবণ গঠনের ফলে ক্ষার ধাতুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে M^+ আয়ন গঠন করে।

$$M \longrightarrow M^+ + e^-$$

লঘু দ্রবণের গলনাংকের অবনমন পরিমাপ করে $\nu = 1$ পাওয়া যায়। কিন্তু এ পরীক্ষা ধাতুর উপরোক্ত আয়নীকরণের নিশ্চিত প্রমাণ নয়। কারণ কোনো আয়নীকরণ না ঘটিয়ে ধাতুটি তার হ্যালাইড লবণে দ্রবীভূত হলেও $\nu = 1$ হবে। কিন্তু বিশুদ্ধ বিগলিত লবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতার তুলনায় লঘু দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অনেক বেশি হয় যা দ্রবণে মুক্ত ইলেকট্রনের কারণে হতে পারে। অতএব দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা ক্ষার ধাতুর আয়নীকরণকে সমর্থন করে।

মৃৎক্ষার ধাতুর হ্যালাইড লবণে ধাতু কিভাবে দ্রবীভূত হয় তাও সঠিকভাবে জানা যায় না। এক্ষেত্রে গলনাংকের অবনমন পরীক্ষা থেকে ν এর নির্ভুল মান বের করা সম্ভব হয় নি। তবে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা পরিমাপ করে দেখা যায় তা বিশুদ্ধ বিগলিত লবণের বিদ্যুৎপরিবাহিতা থেকে অনেক বেশি। নিচে দেখানো তিনটি পৃথক পৃথক বিক্রিয়ার (১–৩) যে কোনোটি দ্রবণে ঘটতে পারে :

$$M + M^{2+} \longrightarrow M_2^{2+} \quad (১)$$
$$M \longrightarrow M^+ + e^- \quad (২)$$
$$M \longrightarrow M^{2+} + 2e^- \quad (৩)$$

তবে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বিজারণ বিক্রিয়া (১) এর পরিবর্তে আয়নীকরণ বিক্রিয়া (২) বা (৩)–কে সমর্থন করে।

ল্যান্থানাইড ধাতুগুলি বিগলিত ল্যান্থানাইড ট্রাইহ্যালাইড লবণে দ্রবীভূত হয়। $CeCl_3$ এ Ce, $LaCl_3$ এ La, $PrCl_3$ এ Pr, এবং $NdCl_3$ এ Nd যোগ করে প্রাপ্ত দ্রবণগুলির গলনাংক অবনমন পরিমাপ করে ν এর মান 3 পাওয়া যায় যা বিজারণ বিক্রিয়া (৪) এবং আয়নীকরণ বিক্রিয়া (৫) উভয়ের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ :

$$M + 2M^{3+} \longrightarrow 3M^{2+} \quad (৪)$$

$$M \longrightarrow M^{3+} + 3e^- \quad (৫)$$

M^{2+} এবং M^{3+} আয়নের মধ্যে একটি রাসায়নিক সাম্য (সমীকরণ ৬) সৃষ্টিও সম্ভব :

$$M^{2+} \rightleftarrows M^{3+} + e^- \quad (৬)$$

ধাতু — ধাতু ট্রাইহ্যালাইড দ্রবণের আপেক্ষিক বিদ্যুৎ পরিবাহিতা এ ধারণাকে সমর্থন করে।

বিগলিত লবণ মাধ্যমে গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ (Important Chemical Reactoirns in Molten Salts)

জলীয় দ্রবণে ঋণাত্মক লিগ্যাণ্ডগুলির গাঢ়ত্বের তুলনায় বিগলিত লবণে এরূপ লিগ্যাণ্ডের গাঢ়ত্ব অনেক বেশি হয়। উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করা যায়, হাইড্রোক্লোরিক এসিডের জলীয় দ্রবণে Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব সর্বোচ্চ আনুমানিক 12 M হতে পারে, কিন্তু বিগলিত LiCl–এ Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব প্রায় 35 M হয়। অধিকন্তু জলীয় দ্রবণে যেখানে সর্বদাই প্রতিযোগী H_2O লিগ্যাণ্ড উপস্থিত থাকে বিগলিত লবণে সেরূপ কোনো প্রতিযোগী লিগ্যাণ্ড থাকে না। ফলে জলীয় দ্রবণে যেসব জটিল আয়ন সৃষ্টি করা যায় বিগলিত লবণ দ্রাবকে সেগুলি বাদেও এমন কতকগুলি জটিল আয়ন প্রস্তুত করা যায় যেগুলি আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ার কারণে জলীয় দ্রবণে গঠিত হতে পারে না। নিচে কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো :

$$CoCl_2 + 2Cl^- \longrightarrow CoCl_4^{2-} \quad (৭)$$

$$FeCl_2 + 2Cl^- \longrightarrow FeCl_4^{2-} \quad (৮)$$

$$CrCl_3 + 3Cl^- \longrightarrow CrCl_6^{3-} \quad (৯)$$

$$TiCl_3 + 3Cl^- \longrightarrow TiCl_6^{3-} \quad (১০)$$

উল্লেখিত জটিল আয়নগুলির মধ্যে কেবল $CoCl_4^{2-}$ জলীয় দ্রবণে গঠিত হতে পারে।

অনেকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া আছে যেগুলি জলাণুর সক্রিয়তার জন্য জলীয় দ্রবণে সংঘটিত হতে পারে না, কিন্তু বিগলিত লবণকে দ্রাবক হিসেবে ব্যবহার করে এগুলি সহজে ঘটানো যায়। ক্লোরিন এবং ফ্লোরিন উভয়েই জলাণুর সাথে অতি দ্রুত বিক্রিয়া ঘটায়। ফলে জলীয় দ্রবণে এদেরকে জারক হিসেবে ব্যবহার করলে ঈপ্সিত জারিত বস্তু ছাড়াও হাইড্রোজেন হ্যালাইড তৈরি হয়। কিন্তু উপযুক্ত বিগলিত লবণকে বিক্রিয়ার মাধ্যম হিসেবে গ্রহণ করলে এরূপ জটিলতা পরিহার করা যায়। ফ্লোরিন এবং ক্লোরিন প্রস্তুতের জন্য বিগলিত লবণের ব্যবহার অতি গুরুত্বপূর্ণ।

$$2KHF_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} F_2 + H_2 + 2KF \quad (১১)$$

$$2\,NaCl \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} Cl_2 + 2\,Na \quad (১২)$$

সমীকরণ ১২–এ প্রদর্শিত বিক্রিয়াটি ধাতব সোডিয়াম প্রস্তুতের জন্যও গুরুত্বপূর্ণ। ধাতব সোডিয়াম জলের সাথে সহাবস্থান করতে পারে না বলে জলীয় দ্রবণ থেকে এটি প্রস্তুত করা সম্ভব নয়।

সোডিয়ামের মত আরো অনেকগুলি ধাতু নিষ্কাশনের জন্য বিগলিত লবণ ব্যবহার করা হয়। সমীকরণ ১৩, ১৪ এবং ১৫–এ যথাক্রমে Mg, Ca এবং Al এর নিষ্কাশন বিক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

$$MgCl_2/KCl \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} Mg + Cl_2 \quad (১৩)$$

$$CaCl_2/CaF_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} Ca + Cl_2 \quad (১৪)$$

$$Al_2O_3/AlF_3.3NaF/CaF_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} 2\,Al + 3/2\,O_2 \quad (১৫)$$

দ্রাবক হিসেবে বিগলিত ধাতব লবণ ব্যবহারের আর একটি গুরুত্বপূর্ণ ক্ষেত্র হলো সুবিধাজনক একাধিক বিগলিত লবণের মিশ্রণে কোনো একটি বিক্রিয়ক লবণ দ্রবীভূত করে ঐ দ্রবণের মধ্যে অন্য আর একটি গ্যাসীয় বিক্রিয়ক পদার্থ চালনা করে উদ্বায়ী উৎপন্ন পদার্থ প্রস্তুত করা। নিচে এরূপ কয়েকটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দেয়া হয়েছে (সমীকরণ ১৬ — ২০)।

$$2\,Me_3SiCl + CaC_2 \xrightarrow[400^\circ C]{CuCl/KCl} Me_3Si\text{–}C \equiv C\text{–}SiMe_3 + CaCl_2 \quad (১৬)$$

$$2\,Me_3SiCl + K_2S \xrightarrow[400^\circ C]{CuCl/KCl} Me_3Si\text{–}S\text{–}SiMe_3 + 2\,KCl \quad (১৭)$$

$$Me_3SiCl + NaN_3 \xrightarrow[400^\circ C]{CuCl/KCl} Me_3SiN_3 + NaCl \quad (১৮)$$

$$Me_3SiCl + KCN \xrightarrow[400\,^\circ C]{CuCl/KCl} Me_3SiCN + KCl \quad (১৯)$$

$$CH_3Cl + KCN \xrightarrow[400^\circ C]{CuCl/KCl} CH_3CN + KCl \quad (২০)$$

প্রশ্নমালা

১। তরল অবস্থার গঠন প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে বিগলিত লবণগুলির শ্রেণিবিভাগ আলোচনা কর।

২। গলনাংকের অবনমন পরিমাপ করে বিগলিত লবণে দ্রবীভূত পদার্থের প্রকৃতি সম্পর্কে কিভাবে ধারণা পাওয়া যায় তা সংক্ষেপে আলোচনা কর।

৩। বিগলিত সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রাবকে নিম্নলিখিত লবণগুলি দ্রবীভূত করলে দ্রবণে প্রতি মোল লবণ থেকে প্রাপ্ত কণার মোল সংখ্যা, ν (যেগুলি বিশুদ্ধ দ্রাবকে অনুপস্থিত থাকে)–এর মান উল্লেখ কর এবং ব্যাখ্যা কর :

$$Na_2CO_3, CsCl, CaCl_2, BaCl_2, Pb(NO_3)_2, LaCl_3$$

৪। বিগলিত মারকিউরিক হ্যালাইড লবণগুলির স্ব–আয়নীকরণ বিক্রিয়াটি লিখ। $HgBr_2$ দ্রাবকে একটি এসিড, একটি ক্ষার এবং একটি প্রশমন বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

৫। বিগলিত মারকিউরিক ব্রোমাইড দ্রাবকে CsBr যোগ করলে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অনেক পরিমাণে বেড়ে যায় এবং দ্রবণটি ক্ষারধর্মী হয়। কারণ ব্যাখ্যা কর।

৬। বিগলিত লবণে দ্রবীভূত পদার্থ কণাগুলির প্রকৃতি সম্পর্কে কি কি পরীক্ষা প্রয়োজনীয় তথ্য দিতে পারে? এগুলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

৭। বিগলিত লবণে দ্রবীভূত ধাতুসমূহের প্রকৃতি সম্পর্কে আলোচনা কর।

৮। বিগলিত লবণে সংঘটিত কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।

৯। বিগলিত CsCl দ্রাবকে নিচে উল্লেখিত বিশুদ্ধ পদার্থগুলি অল্প পরিমাণে দ্রবীভূত করে দ্রাবকের গলনাংক অবনমন পরীক্ষা করা হয় এবং ν এর নিম্নলিখিত মানগুলি পাওয়া যায় :

দ্রবীভূত পদার্থ	ν
RbCl	1
CsBr	1
$BaCl_2$	1
Cs_2SO_4	1
NaBr	2
$CdCl_2$	1
$AlCl_3$	1
Cs	1

ফলাফলগুলি আলোচনা কর এবং সমীকরণ দাও।

১০। নিম্নলিখিত জটিল যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

$Na_2[FeCl_4]$, $Li_3[CrCl_6]$ এবং $Na_3[TiCl_6]$

এ যৌগগুলি জলীয় দ্রবণে প্রস্তুত করা সম্ভব নয় কেন?

১১। বিগলিত লবণকে বিক্রিয়ার মাধ্যম হিসেবে গ্রহণ করে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা যায় তা সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

(i) $Me_3Si–C \equiv C–SiMe_3$

(ii) $Me_3Si–S–SiMe_3$

(iii) Me_3SiN_3

(iv) Me_3SiCN

(v) CH_3CN

১২। ধাতু নিষ্কাশনের জন্য বিগলিত লবণের ব্যবহার উদাহরণসহ আলোচনা কর।

১৩। ক্ষার ধাতুগুলি অনুরূপ ধাতুর হ্যালাইড লবণে কিভাবে দ্রবীভূত হয় তা আলোচনা কর।

১৪। বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডে ধাতব সোডিয়াম যোগ করলে দ্রবণের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা বিশুদ্ধ বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিদ্যুৎ পরিবাহিতা থেকে বেশি হয় কেন?

১৫। বিগলিত $HgCl_2$–এ KCl যোগ করলে কি বিক্রিয়া ঘটে? তোমার উত্তরের সপক্ষে পরীক্ষামূলক প্রমাণ উল্লেখ কর।

গ্রন্থপঞ্জি

1. T.C Waddington, *"Non-aqueous Solvents",* Nelson, London, 1969.
2. L.F. Audrieth and J. Kleinberg, *"Non-aqueous Solvents",* Wiley, New York, 1953.
3. R.A. Zingaro, *" Nonaqueous Solvents",* Heath, Lexington, Mass, 1968.
4. H.H. Sisler, *" Chemistry in Non-Aqueous Solvents",* Reinhold, New York, 1961.
5. T.C. Waddington, Ed., *"Non–Aqueous Solvent Systems",* Academic Press, New York, 1965.
6. J.J. Lagowski, Ed., *"The Chemistry of Non–Aqueous Solvents",* Academic Press, New York, 1967.
7. M. Blander, *"Molten Salt Chemistry".* Interscience, New York, 1964.
8. H. Bloom, *"The Chemistry of Molten Salts,* Benjamin, New York, 1967.
9. K.F. Purcell and J. C. Kotz, *"Inorganic Chemistry",* W.B. Saunders Company, London, 1977.
10. J.E. Huheey, *"Inorganic Chemistry",* 2nd edn., Harper & Row, New York, 1978.
11. H.J. Emeleus and A.G. Sharpe, *"Modern Aspects of Inorganic Chemistry",* 4th edn., ELBS, 1973.
12. A.G. Sharpe, *" Inorganic Chemistry",* ELBS and Longman, 1981.
13. B.E. "Douglas and D. H. McDaniel, *"Concepts and Models of Inorganic Chemistry",* Blaisdell Publishing Company, London, 1965.
14. E.S. Gilreath, *"Fundamental Concepts of Inorganic Chemistry"*, McGraw Hill, London, 1958.
15. R.J. Gillespie and E.A. Robinson, *"Advances in Inorganic Chemistry and Radiochemistry",* 1, 385, 1959.