



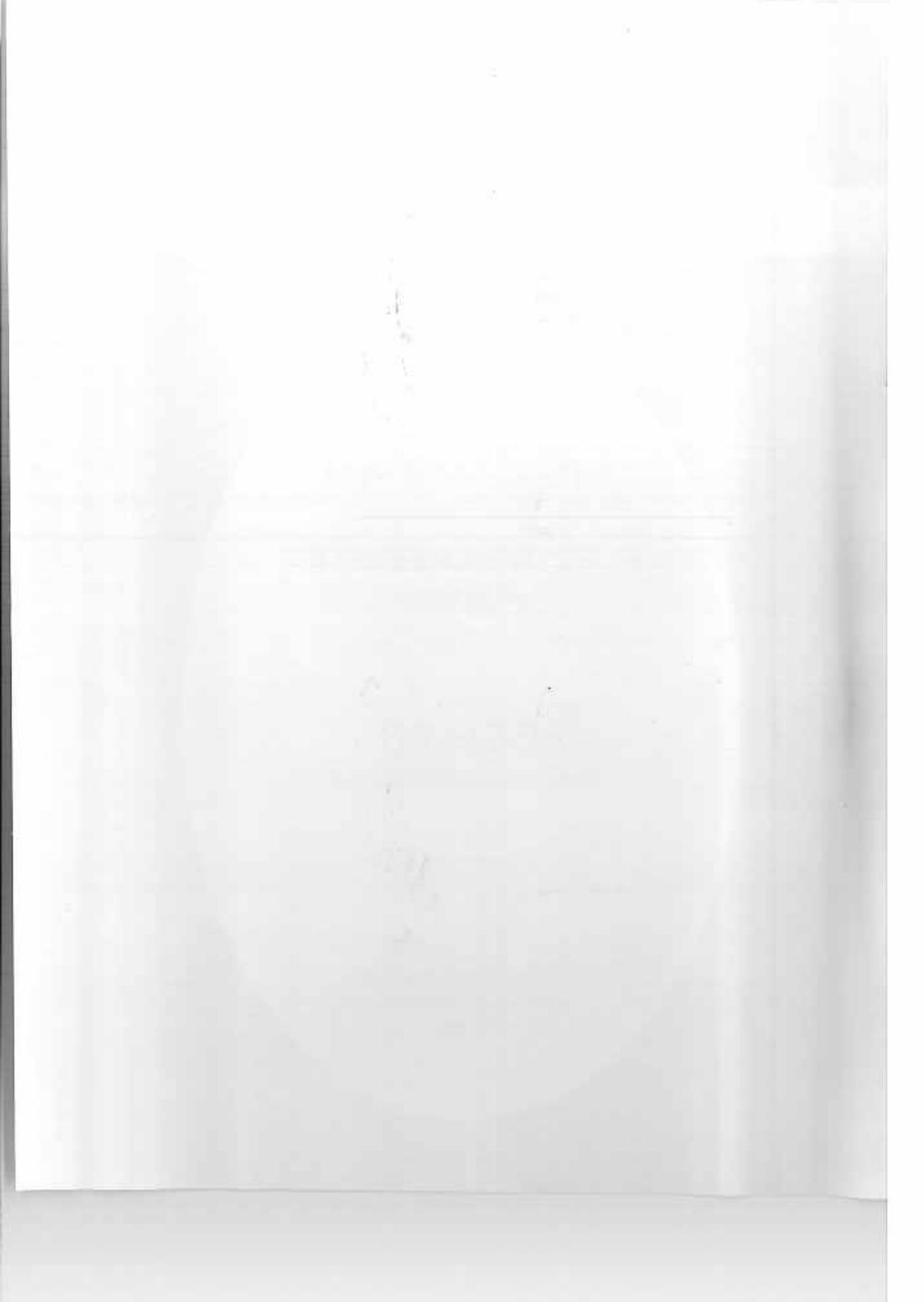
NETAJI SUBHAS OPEN UNIVERSITY

STUDY MATERIAL

**ELECTIVE CHEMISTRY
HONOURS**

ECH 08
PRACTICAL CHEMISTRY - II

- Quantitative Analysis
- Physical Chemistry Experiments



প্রাক্কথন

নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের স্নাতক শ্রেণির জন্য যে পাঠক্রম প্রবর্তিত হয়েছে, তার লক্ষণীয় বৈশিষ্ট্য হল প্রতিটি শিক্ষার্থীকে তাঁর পছন্দমতো কোনো বিষয়ে সাম্মানিক (honours) স্তরে শিক্ষাগ্রহণের সুযোগ করে দেওয়া। এ-ক্ষেত্রে ব্যক্তিগতভাবে তাঁদের গ্রহণ ক্ষমতা আগে থেকেই অনুমান করে না নিয়ে নিয়ত মূল্যায়নের মধ্য দিয়ে সেটা স্থির করাই যুক্তিযুক্ত। সেই অনুযায়ী একাধিক বিষয়ে সাম্মানিক মানের পাঠ-উপকরণ রচিত হয়েছে ও হচ্ছে—যার মূল কাঠামো স্থিরীকৃত হয়েছে একটি সুচিন্তিত পাঠক্রমের ভিত্তিতে। কেন্দ্র ও রাজ্যের অগ্রগণ্য বিশ্ববিদ্যালয়সমূহের পাঠক্রম অনুসরণ করে তার আদর্শ উপকরণগুলির সমন্বয়ে রচিত হয়েছে এই পাঠক্রম। সেইসঙ্গে যুক্ত হয়েছে অধ্যোতব্য বিষয়ে নতুন তথ্য, মনন ও বিশ্লেষণের সমাবেশ।

দূর-সঞ্চারী শিক্ষাদানের স্বীকৃতি পশ্চতি অনুসরণ করেই এইসব পাঠ-উপকরণ লেখার কাজ চলছে। বিভিন্ন বিষয়ের অভিজ্ঞ পণ্ডিতমণ্ডলীর সাহায্য এ-কাজে অপরিহার্য এবং যাঁদের নিরলস পরিশ্রমে লেখা, সম্পাদনা তথা বিন্যাসকর্ম সুসম্পন্ন হচ্ছে তাঁরা সকলেই ধন্যবাদের পাত্র। আসলে, এঁরা সকলেই অলক্ষ্যে থেকে দূর-সঞ্চারী শিক্ষাদানের কার্যক্রমে অংশ নিচ্ছেন; যখনই কোনো শিক্ষার্থী এই পাঠ্যবস্তুনিচয়ের সাহায্য নেবেন, তখনই তিনি কার্যত একাধিক শিক্ষকমণ্ডলীর পরোক্ষ অধ্যাপনার তাবৎ সুবিধা পেয়ে যাচ্ছেন।

এইসব পাঠ-উপকরণের চর্চা ও অনুশীলনে যতটা মনোনিবেশ করবেন কোনো শিক্ষার্থী, বিষয়ের গভীরে যাওয়া তাঁর পক্ষে ততই সহজ হবে। বিষয়বস্তু যাতে নিজের চেষ্টায় অধিগত হয়, পাঠ-উপকরণের ভাষা ও উপস্থাপনা তার উপযোগী করার দিকে সর্বস্তরে নজর রাখা হয়েছে। এর পর যেখানে যতটুকু অস্পষ্টতা দেখা দেবে, বিশ্ববিদ্যালয়ের বিভিন্ন পাঠকেন্দ্রে নিযুক্ত শিক্ষা-সহায়কগণের পরামর্শে তার নিরসন অবশ্যই হতে পারবে। তার ওপর প্রতি পর্যায়ের শেষে প্রদত্ত অনুশীলনী ও অতিরিক্ত জ্ঞান অর্জনের জন্য গ্রন্থ-নির্দেশ শিক্ষার্থীর গ্রহণ ক্ষমতা ও চিন্তাশীলতা বৃদ্ধির সহায়ক হবে।

এই অভিনব আয়োজনের বেশকিছু প্রয়াসই এখনও পরীক্ষামূলক—অনেক ক্ষেত্রে একেবারে প্রথম পদক্ষেপ। স্বভাবতই ত্রুটি-বিচ্যুতি কিছু কিছু থাকতে পারে, যা অবশ্যই সংশোধন ও পরিমার্জনার অপেক্ষা রাখে। সাধারণভাবে আশা করা যায়, ব্যাপকতর ব্যবহারের মধ্য দিয়ে পাঠ-উপকরণগুলি সর্বত্র সমাদৃত হবে।

অধ্যাপক (ড.) শুভ শঙ্কর সরকার
উপাচার্য

চতুর্থ পুনর্মুদ্রণ : জুন, 2017

ভারত সরকারের দূরশিক্ষা পর্যদের বিধি অনুযায়ী এবং অর্থানুকুল্যে মুদ্রিত।

Printed in accordance with the regulations and financial assistance
of the Distance Education Council, Government of India.

পরিচিতি

বিষয় : রসায়নবিদ্যা

সাম্মানিক স্তর

পাঠক্রম : পর্যায় :
ECH 08 : 01 & 02

	রচনা	সম্পাদনা
একক 1	ড. রমাপ্রসাদ সরকার	ড. সুমিত্রা চৌধুরী
একক 2	ড. রমাপ্রসাদ সরকার	ড. সুমিত্রা চৌধুরী
একক 3	ড. রমাপ্রসাদ সরকার	ড. সুমিত্রা চৌধুরী
একক 4	ড. আশিস মুখার্জী	ড. মনোতোষ দাশগুপ্ত
একক 5	ড. বিভূতি ভূষণ মাজি	ড. সুবীর দত্ত
একক 6	ড. সুভাষ চন্দ্র ভট্টাচার্য	ড. মনোতোষ দাশগুপ্ত
একক 7	ড. সুভাষ চন্দ্র ভট্টাচার্য	ড. মনোতোষ দাশগুপ্ত

ঘোষণা

এই পাঠ-সংকলনের সমুদয় স্বত্ব নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়ের দ্বারা সংরক্ষিত। বিশ্ববিদ্যালয় কর্তৃপক্ষের লিখিত অনুমতি ছাড়া এর কোনো অংশের পুনর্মুদ্রণ বা কোনোভাবে উদ্ধৃতি সম্পূর্ণ নিষিদ্ধ।

মোহন কুমার চট্টোপাধ্যায়
নিবন্ধক

REPORT

Page No.

Date

CHAPTER I
GENERAL INTRODUCTION

Sl. No.	Name of the Candidate	Grade
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

...

...



নেতাজি সুভাষ মুক্ত বিশ্ববিদ্যালয়

ECH 08

ব্যবহারিক রসায়নবিদ্যা

(স্নাতক পাঠক্রম)

পর্যায়

1

মাত্রিক বিশ্লেষণ—I

একক 1	<input type="checkbox"/> মাত্রিক বিশ্লেষণ : গোড়ার কথা	7-22
একক 2	<input type="checkbox"/> অল্পমিতি ও ক্ষারমিতি	23-36
একক 3	<input type="checkbox"/> জারণ-বিজারণ ও জটিলমিতিক অনুমাপন	37-60

পর্যায়

2

মাত্রিক বিশ্লেষণ—II ও ভৌত রসায়ন

একক 4	<input type="checkbox"/> তৌলিক বিশ্লেষণ	61-69
একক 5	<input type="checkbox"/> জৈব যৌগের মাত্রিক (পরিমাণগত) বিশ্লেষণ	70-89
একক 6	<input type="checkbox"/> পরিমাপনের যান্ত্রিক পদ্ধতিসমূহ	90-99
একক 7	<input type="checkbox"/> ভৌত রাসায়নিক পরীক্ষাসমূহ	100-116



भारत सरकार

केन्द्र

नई दिल्ली

दस्तावेज संख्या

दिनांक

श्री १. श्री २. श्री ३. श्री ४. श्री ५.

श्री ६.

श्री ७. श्री ८. श्री ९. श्री १०.

श्री ११. श्री १२. श्री १३. श्री १४. श्री १५.

একক 1 □ মাত্রিক বিশ্লেষণ : গোড়ার কথা

গঠন

- 1.1 প্রস্তাবনা, উদ্দেশ্য
- 1.2 আয়তনমিতির যন্ত্রপাতি
- 1.3 তৌলমিতির যন্ত্রপাতি
- 1.4 গাঢ়ত্ব প্রকাশ করার বিভিন্ন উপায়
- 1.5 প্রমাণ দ্রবণ
- 1.6 বিভিন্ন ধরনের টাইট্রেশন (অনুমাণন)

1.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

1.1.1 প্রস্তাবনা

বীক্ষণাগারের প্রথম পরিচয় প্রসঙ্গে আপনারা রাসায়নিক বিশ্লেষণের গুণগত (qualitative) ও মাত্রিক (quantitation) পদ্ধতির প্রাথমিক ধারণা পেয়েছেন (ECH 04 বইটি দেখুন)। প্রথম পর্যায়ের ক্লাশে আপনারা গুণগত বিশ্লেষণ কীভাবে করা হয় তা হাতে কলমে কিছু কিছু করে দেখেছেন। এই পর্যায়ে আপনারা মাত্রিক বিশ্লেষণের বিভিন্ন পদ্ধতি নিজেরা প্রয়োগ করার সুযোগ পাবেন।

আপনারা এর আগেই জেনেছেন, মাত্রিক বিশ্লেষণের লক্ষ্য হল, কোনো নমুনায় একটি রাসায়নিক পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় করা। নমুনাতে রাসায়নিক পদার্থটি এককভাবেও থাকতে পারে, আবার অন্যান্য পদার্থের সঙ্গে মিশেও থাকতে পারে।

মাত্রিক বিশ্লেষণের বিভিন্ন পদ্ধতির উল্লেখও আপনারা ইতিপূর্বে পেয়েছেন (ECH 04 বইয়ে)। তারমধ্যে বিশেষ উল্লেখযোগ্য পদ্ধতি হল তৌলমিতি (gravimetric analysis) ও আয়তনমিতি (volumetric analysis)। তৌলমিতিতে নির্ণয় রাসায়নিক পদার্থটিকে একটি সুবিধাজনক অবস্থায় আলাদা করে শুকিয়ে ওজন নেওয়া হয়। আয়তনমিতিতে একটি জানা শক্তির দ্রবণের সঙ্গে টাইট্রেশন বা অনুমাণন করে আর একটি অজানা শক্তির দ্রবণের

গাঢ় নির্ণয় করা হয়। এই টাইট্রেশন আবার নানা ধরনের হতে পারে যেমন, (i) অম্ল-ক্ষারের (acid-alkali) টাইট্রেশন (ii) জারণ-বিজারণ ভিত্তিক টাইট্রেশন (redox titration) (iii) জটিল যৌগ গঠনের ভিত্তিতে টাইট্রেশন (complexometric titration) ইত্যাদি। এই পাঠ্যসূচিতে আপনারা তৌলমিতি ও আয়তনমিতির অন্তর্নিহিত তত্ত্বগুলি সম্বন্ধে অবহিত হবেন এবং সেই সংক্রান্ত কিছু কিছু পদ্ধতি হাতে কলমে প্রয়োগ করবেন।

উদ্দেশ্য :

এই পাঠ্যক্রমটি সম্পূর্ণ করে আপনি নীচের বিষয়গুলিতে প্রত্যক্ষ জ্ঞান অর্জন করবেন :

- তৌলমিতি ও আয়তনমিতির বিভিন্ন পদ্ধতি ও তাদের নীতি।
- এই ধরনের বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির পরিচিতি।
- অম্ল-ক্ষার, জারণ-বিজারণ ও জটিল যৌগ গঠনের ভিত্তিতে অনুমাপন বা টাইট্রেশনের সাহায্যে বিভিন্ন পদার্থের পরিমাণ নির্ণয়ের পরীক্ষা।
- তৌলমিতির সাহায্যে কোন পদার্থের পরিমাণ নির্ণয়ের পরীক্ষা।
- এই সমস্ত পরীক্ষার ফল থেকে নির্ণয় রাসায়নিক পদার্থটির পরিমাণ বের করার জন্য তৌলিক অনুপাতের (stoichiometry) হিসাব ও গণনা।
- নির্ণীত পরিমাণের ভ্রম (error) সম্বন্ধে ধারণা।

1.2 আয়তনমিতির যন্ত্রপাতি

মাত্রিক বিশ্লেষণে দুটি বিষয় খুব গুরুত্বপূর্ণ পদার্থের সূক্ষ্ম ও নিখুঁত ওজন এবং কোনো দ্রবণের সঠিক আয়তন। ওজন মাপার জন্য সচরাচর ব্যবহৃত রাসায়নিক তুলায়ন্ত্র সম্পর্কে আপনাদের প্রথম প্র্যাকটিক্যাল বইতে (ECH 04) আলোচনা করা হয়েছে। এখানে আমরা সঠিকভাবে আয়তন মাপার যন্ত্রপাতি সম্পর্কে জানব।

1.2.1 পিপেট (Pipette)

কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের তরল পদার্থকে এক পাত্র থেকে অন্য পাত্রে স্থানান্তরিত করতে আমরা পিপেট ব্যবহার করি (চিত্র 1.1-1.2)। এটি সাধারণভাবে একটি কাচের নল, নলটির মাঝামাঝি একটি বাল্বেবের মতো ফোলানো, যাতে অনেকটা তরল ভর্তি করতে নলটি অস্বাভাবিক লম্বা না হয়ে পড়ে। নলের উপরে একটি নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত তরল ভর্তি করলে তার আয়তন কত হবে তা পিপেটের গায়ে লেখা থাকে। সচরাচর আমরা 10 মিলি (বা ml) ও 25 মিলি

(বা ml) মাপের পিপেট ব্যবহার করে থাকি, তবে প্রয়োজনমত 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25 ও 50 মিলি-র পিপেটও পাওয়া যায়। অংশাঙ্কিত (graduated) পিপেট ব্যবহার করে আরও সূক্ষ্মভাবে যেকোনো নির্দিষ্ট আয়তনের তরল স্থানান্তরিত করা যায়।

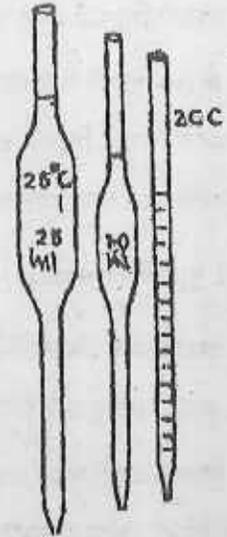
পিপেট ব্যবহার করার সময় কয়েকটি বিষয় খেয়াল রাখা দরকার।

● (i) ব্যবহার করার আগে পিপেটটি সাবান জল দিয়ে ও পরে ভালো জল দিয়ে (শেষবার পাতিত জল) ধুয়ে ঝেড়ে নিন। এবার যে দ্রবণটি (বা তরল) পিপেট দিয়ে তুলতে হবে তার 3-4 মিলি মতো একটি পবিকার শুকনো বীকারে ঢেলে নিন। পিপেটের সাহায্যে এই দ্রবণের 1-2 মিলি টেনে তুলে পিপেটটি আনুভূমিক অবস্থায় (দু'হাতে) ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে ঐ দ্রবণকে ওর ভেতরের গায়ে সম্পূর্ণ বুলিয়ে নিন। এইবার পিপেটের দ্রবণটুকু বাইরে ফেলে দিন। আর একবার বীকারের দ্রবণ থেকে 1 মিলি মতন টেনে তুলে পিপেটের ভেতরের গায়ে একইভাবে বুলিয়ে ফেলে দিন। এই প্রক্রিয়াকে বলা হয় ধৌত (rinse) করা। এতে পিপেটের গায়ের জল লেগে ব্যবহার্য দ্রবণটির গাঢ়ত্বের কোনো পরিবর্তন হবে না।

(Rinse) করার বিকল্প হিসাবে পিপেটটি পাতিত জলে ধুয়ে গরম বাতাসে শুকিয়ে আবার ঘরের উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করে ব্যবহার করা যায়। তবে বারবার এটা করতে সময় বেশি লাগবে।

● (ii) Rinse করা পিপেটের সূচালো সরু মাথাটি দ্রবণে ডুবিয়ে অন্য প্রান্তে মুখ দিয়ে আন্তে আন্তে টানলে পিপেটটি দ্রবণে ভরে উঠবে। উপরের নির্দিষ্ট দাগটির অবস্থান খেয়াল রাখতে হবে, দাগের কাছাকাছি এলেই মুখ দিয়ে আরও ধীরে ধীরে টেনে তরলের পরিমাণ দাগের একটু উপরে (~1 সেমি) তুলতে হবে। এই অবস্থায় মুখ সরিয়ে চট করে (ডানহাতের) তর্জনীর সাহায্যে পিপেটের মুখটি চেপে ধরতে হবে যেন পিপেটে তরলের স্তর নেমে না যায়। এই অবস্থায় পিপেটটি খাড়া রেখে দাগটি চোখের সমতলে এনে তর্জনীর চাপ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করতে হবে যেন তরলের স্তর খুব ধীরে ধীরে নামতে থাকে। নলের মধ্যে তরলের অবতল পিঠের নীচের প্রান্ত দাগের সংস্পর্শে আসামাত্র আবার তর্জনীতে চাপ প্রয়োগ করে আয়তন স্থির রাখতে হবে।

● (iii) এইবার পিপেটের মুখটি যে পাত্রে তরল পদার্থ নেওয়া হবে সেই পাত্রের ভিতর হেলান অবস্থায় ঠেকিয়ে তর্জনীর চাপ ছেড়ে দিলেই পিপেটের তরল উদ্দিষ্ট পাত্রে স্থানান্তরিত হবে। পিপেট খালি হবার পরেও 15-20 সেকেন্ড



বিভিন্ন ধরনের পিপেট
(চিত্র 1.1)

পিপেটটি একইভাবে ঠেকিয়ে ধরে রাখতে হবে যাতে ওর গা থেকে সবটা তরল গড়িয়ে নামার সুযোগ পায়। শেষ পর্যন্ত পিপেটের সূচালো নলের মুখে একটু তরল লেগে থাকবেই সেটা ফুঁ দিয়ে নেবার দরকার নেই। ঐটুকু আয়তন হিসাবে ধরেই পিপেটের মাপ নির্ধারিত হয়েছে।

● (iv) সচরাচর ব্যবহৃত দ্রবণগুলি মুখ দিয়ে টেনেই পিপেটে তোলা হয়। গাঢ় অ্যাসিড বা ক্ষার বা অন্যান্য ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ পিপেটে তোলা উচিত নয়। অনেক ক্ষেত্রে পিপেটের পেছনে ছোট রবারের বেলুন লাগিয়ে তার সাহায্যে পিপেটে তরল ভর্তি করা হয়। কোনো অবস্থাতেই যেন ব্যবহৃত তরলটি টানার সময় মুখে চলে না আসে।

● (v) পিপেট দিয়ে কোনো তরল টানার সময় খুব ভালোভাবে লক্ষ্য রাখতে হবে যেন পিপেটের নীচের প্রান্তটি সব সময়ে (অর্থাৎ পিপেট ভরে যাবার পরেও) তরলে ডুবে থাকে। অন্যথায় বাতাস চুকে পড়বে ও বুদবুদের সঙ্গে কিছু তরল মুখে চলে আসবে।

1.2.2 ব্যুরেট (Burette)

প্রয়োজনমত কোনো নির্দিষ্ট অথচ পরিবর্তনশীল আয়তনের তরলকে সঠিকমাপে এক পাত্র থেকে অন্যপাত্রে যোগ করার জন্য ব্যুরেট ব্যবহার করা হয়। সচরাচর আমরা 50 মিলি (ml) মাপের ব্যুরেট ব্যবহার করি।

ব্যুরেটে একটি সমান প্রস্থচ্ছেদের দাগ কাটা (অংশাঙ্কিত) কাচের নলের এক প্রান্তে স্টপকক লাগানো থাকে সেটা ঘুরিয়ে ব্যুরেট থেকে ইচ্ছামত পরিমাণে তরল বের করা যায়। ব্যুরেটের গায়ের দাগ থেকে তরলের সঠিক আয়তন জানা যায়।

ব্যুরেট ব্যবহার প্রসঙ্গে কয়েকটি কথা খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

● (i) প্রথমে ব্যুরেটে জল ভরে নীচের স্টপকক দিয়ে সব জল বের করে দেখতে হবে ব্যুরেটের নলের ভিতরে কাচের গায়ে জল লেগে থাকছে কিনা। যদি লেগে থাকে তবে ব্যুরেটটি 'ক্রোমিক অ্যাসিড' দ্রবণে ($K_2Cr_2O_7 + 9NH_2SO_4$) কয়েক মিনিট ভিজিয়ে রেখে আবার জল দিয়ে ধুয়ে নিতে হবে।

● (ii) ব্যুরেটের স্টপককটিতে যথাযথ গ্রীজ লাগানো আছে কিনা দেখে নেওয়া দরকার। যদি দরকার হয়, স্টপককটি খুলে ছেঁড়া ফিল্টার পেপার দিয়ে মুছে তারপর হাল্কা করে গ্রীজ দিতে হবে। বেশি গ্রীজ দিলে তা অনেক সময় ব্যুরেটের ছিদ্রপথে আটকে যায়।

● (iii) ব্যুরেটের স্কেলে কোনো তরলের আয়তনের পাঠ নেবার সময় ব্যুরেটটি খাড়াভাবে ধরে তরলের তলটি চোখের সমতলে রেখে পাঠ নিতে হবে। তরলের অবতল পৃষ্ঠের স্পর্শক বরাবর পাঠ

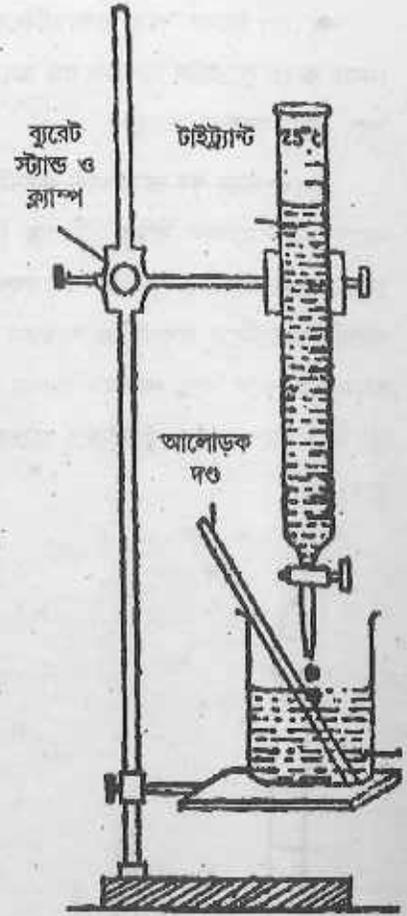
নেওয়াই সাধারণ রীতি, তবে গাঢ় রঙের দ্রবণের ক্ষেত্রে তরলের উপর প্রান্তের পাঠই নেওয়া হয় (যেমন $KMnO_4$ দ্রবণ)।

● (iv) ব্যুরেটে কোনো তরল বা দ্রবণ ভর্তি করার আগে ঐ দ্রবণের 2-3 ml নিয়ে সমগ্র ব্যুরেটের ভিতরের গায়ে বুলিয়ে ফেলে দিতে হয়। এইভাবে ব্যুরেটটি দু'বার ধুয়ে নেবার পর (rinse) ব্যুরেটটিতে দ্রবণ ভর্তি করতে হবে। এইসময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন ব্যুরেটের নলের সরু অংশে অর্থাৎ স্টপককের নীচে কোনো বুদ্ধবুদ্ধ না থাকে। বুদ্ধবুদ্ধ থাকলে ব্যুরেটটির স্টপকক পুরো খুলে দিলে অনেক সময় তরলের ধাক্কায় বুদ্ধবুদ্ধটি বেরিয়ে যায়। (এই সময় তলায় একটি পরিষ্কার শুকনো বীকার রেখে নিলে দ্রবণের অপচয় হবে না)। এইসঙ্গে ব্যুরেটটি খাড়া রেখে দু'একবার ঝাঁকুনি দিলেও কাজ হতে পারে (ঠোকার লাগা থেকে সাবধান)।

● (v) ব্যুরেটের পাঠ সাধারণত শূন্য (zero) দাগ থেকে শুরু করা হয়। এর ফলে ব্যুরেট নলটির ব্যাসে কোথাও সূক্ষ্ম তারতম্য থাকলেও টাইট্রেশনের ফলে তা কোনো প্রভাব ফেলবে না। তবে এই সম্ভাবনা খুব কম হওয়াতে প্রয়োজনবোধে (দ্রবণ কম থাকলে) 10, 15 ইত্যাদি দাগ থেকেও টাইট্রেশন শুরু করা যায়।

● (vi) টাইট্রেশন করার সময় ব্যুরেটের প্রান্তটি কনিকাল ফ্লাস্কের গলায় যাতে ঠোকার না খায় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে। ব্যুরেটের দ্রবণ কনিকাল ফ্লাস্কের গলায় লেগে গেলে ঐ দ্রবণকে জল দিয়ে ফ্লাস্কের ভিতরে মিশিয়ে দিতে হবে।

● (vii) বলা বাহুল্য ব্যুরেটের অন্তিম পাঠ থেকে প্রাথমিক পাঠ বিয়োগ করলেই টাইট্রেশনে ব্যয়িত তরলের আয়তনের মান পাওয়া যাবে। মনে রাখতে হবে, পর পর দুটি (বা তার বেশি) টাইট্রেশনের পাঠে 0.2 ml এর বেশি ব্যবধান থাকা চলবে না। অর্থাৎ একবার ব্যুরেট পাঠ 13.0 ml পরেরবার 13.4 ml হলে তৃতীয় বার টাইট্রেশন করে দেখা দরকার। যে দুটি মান কাছাকাছি (0.2 ml এর মধ্যে) কেবল তারাই গ্রহণযোগ্য; কেবল তাদেরই গড় নেওয়া যাবে।



(চিত্র 1.2) ব্যুরেট

● (viii) ব্যুরেটের পাঠ লেখার সময় দশমিকের পরের দ্বিতীয় স্থান পর্যন্ত মান নির্দেশ করতে হবে, যেমন 13.00 ml (13 নয়) বা 13.15 ml বা 27.25 ml ইত্যাদি। অবশ্য সাধারণ ব্যুরেটে দশমিকের পরের দ্বিতীয় স্থানে 5-ই আসে।

● (ix) অনেক সময় তাড়াতাড়িতে আমরা ব্যুরেট সম্পূর্ণ খুলে টাইট্রেশন সাজ করি। সেক্ষেত্রে অন্তিম পাঠ নেবার আগে ব্যুরেটের স্টপকক্ বন্ধ অবস্থায় 10-15 সেকেন্ড অপেক্ষা করা উচিত, যাতে ব্যুরেটের গা বেয়ে সমস্ত দ্রবণ নেমে আসতে পারে।

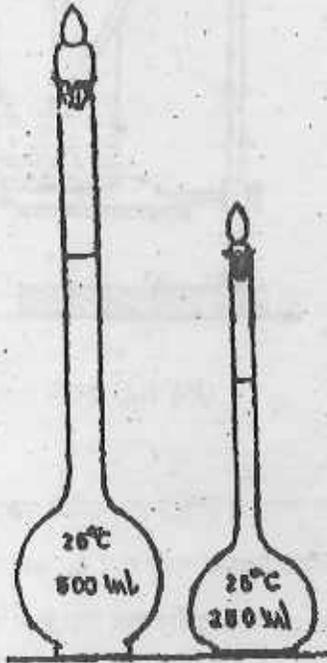
● (x) তবে খুব তাড়াতাড়ি কখনই টাইট্রেশন করা উচিত নয়। মনে রাখতে হবে যে, বিক্রিয়া ঘটতেও সময় লাগে। এই সময়কাল বিভিন্ন বিক্রিয়ায় বিভিন্ন। কিছু বিক্রিয়া বেশ ধীরগতি সম্পন্ন। তবে একটা ব্যবস্থা করা যায়। যেমন ধরুন প্রাথমিক (pilot) পর্যবেক্ষণ-এ দেখলেন অনুমাপক (titrant)-র আনুমানিক আয়তন 25.20 মিলি। কাজেই ধরে নিতে হবে সঠিক আয়তন 25.00—25.40 মিলি। আপনি প্রথমে একেবারে নিশ্চিত্তে 24.80 মিলি অনুমাপক ঢেলে দিতে পারেন। তারপর বেশ কিছুক্ষণ আলোড়িত করে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হবার অবকাশ দিয়ে, এবার খুব ধীরে ধীরে ফোঁটা ফোঁটা করে আলোড়িত করতে করতে অনুমাপক ঢালুন। দেখবেন অনুমাপন দ্রুত হবে, সঠিক হবে।

1.2.3 আয়তনিক ফ্লাস্ক (Volumetric flask)

কোনো জিনিসকে সূক্ষ্মভাবে ওজন করে নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ তৈরি করার জন্য আয়তনিক ফ্লাস্ক ব্যবহার করা হয়। সচরাচর সাধারণত আমরা 100 ml ও 250 ml আয়তনিক ফ্লাস্ক ব্যবহার করে থাকি। তবে 500 ml, 1000 ml, 2000 ml আবার 5, 10, 25, 50 ml আয়তনিক ফ্লাস্কও নানা কাজে ব্যবহার করা হয়।

আয়তনিক ফ্লাস্ক ব্যবহারের আগে পাত্তিত জল দিয়ে ভালো করে ধুয়ে নেওয়া হয়। (প্রয়োজনে প্রথমে ক্রোমিক অ্যাসিড ও সাধারণ জল দিয়ে ধুয়ে নিতে হবে।)

আয়তনিক ফ্লাস্কের কাচের ছিপিটি যত্ন করে ব্যবহার করতে হয়। সাধারণত এটি একটি ভালো সুতো দিয়ে ফ্লাস্কের গলার কাছে বেঁধে রাখা হয়। বাস্তবে বহু ক্ষেত্রেই ফ্লাস্কের আসল ছিপিটি ভেঙে যায় বা হারিয়ে যায়। তখন একটি সঠিক মাপের শোলা বা রবারের ছিপি লাগিয়ে আয়তনিক ফ্লাস্কটি জলভর্তি অবস্থায় উপুড় করে দেখে নিতে হবে ছিপিটি ঠিকমত লেগেছে কিনা।



(চিত্র 1.3) আয়তনিক ফ্লাস্ক

আয়তনিক ফ্লাস্কে (কোনো জিনিসের) প্রমাণ-দ্রবণ তৈরি করতে গেলে ফ্লাস্কের মুখে একটি ফানেল বসিয়ে তার ভেতর দিয়ে ওজন করার বোতল থেকে সরাসরি জিনিসটি আন্দাজমত ঢালতে হবে। কোনোক্ষেত্রেই বেশি জিনিস ঢালা হয়ে গেলেও তা ফানেল থেকে তুলে নেওয়া যাবে না। (প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য)।

1.3 তৌলমিত্তির যত্নপাতি

তৌলমিত্তির প্রধান উপকরণ তুলাযন্ত্র। বিশ্লেষণের কাজে ব্যবহৃত সূক্ষ্ম তুলাযন্ত্রের বিবরণ ও ব্যবহার পদ্ধতি আপনাদের প্রথম পর্যায়ের প্র্যাক্টিক্যাল বইতে দেওয়া হয়েছে (ECH 04 : 1-4-9)। অধঃক্ষেপ ফিল্টার করার জন্য ফিল্টার কাগজ বা সছিত্র বালির ফিল্টার বেড যুক্ত ক্রিসিবল্ (sintered glass crucible), অধঃক্ষেপ ধোয়া ও শুকানোর পদ্ধতি ইত্যাদিও ঐ অধ্যায়ে উল্লেখ করা হয়েছে (1.4.3)। এ প্রসঙ্গে 4নং এককে কাজ করার সময় আপনারা আরও জানতে পারবেন।

1.4 গাঢ়ত্ব প্রকাশ করার বিভিন্ন উপায়

এই পর্যায়ে আমরা দ্রবণের/তরলের গাঢ়ত্ব প্রকাশ করার বিভিন্ন পদ্ধতি ও সংশ্লিষ্ট কিছু অভিধার পরিচয় সংক্ষেপে উল্লেখ করব।

(i) মোল, Mole (সংক্ষেপে Mol) : কোনো পদার্থের যে পরিমাণে পদার্থটির 6.022×10^{23} সংখ্যক প্রাথমিক কণা বর্তমান থাকে তাকে ঐ পদার্থের 1 মোল পরিমাণ বলা হয়। 1 মোল অক্সিজেন বলতে 6.022×10^{23} টি O_2 অণুকে বোঝাবে, যার ভর 32.0000 g। 1 মোল অক্সিজেন পরমাণু বলতে 6.022×10^{23} টি O-পরমাণুকে বোঝাবে, তার ভর 16.0000 g। (এখানে সবই ^{16}O বা O-16 পরমাণু ধরা হচ্ছে)। এক মোল 2H বা অর্থাৎ ডয়টেরিয়াম পরমাণুর ভর 2.016 g।

(ii) আপেক্ষিক আণবিক ভর বা আণবিক গুরুত্ব (Mr) :

একটি C-12 (^{12}C) পরমাণুর ভরকে 12.0000 ধরে সেই সাপেক্ষে কোনো যৌগের একটি অণুর ভরকে যৌগটির আপেক্ষিক আণবিক গুরুত্ব (বা আণবিক গুরুত্ব) বলা হয়। আপেক্ষিক আণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করে গ্রাম-আণবিক ভর (molar mass, আণব ভর) পাওয়া যায়। টাইট্রেশনের ফল প্রকাশ করতে সাধারণত গ্রাম-আণবিক ভরই ব্যবহার করা হয়। SI এককে আণব ভরকে $Kg\ mol^{-1}$ হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

লক্ষ্য করার বিষয়, কোনো যৌগের গ্রাম-আণবিক ভরের সমান পদার্থই হচ্ছে ঐ যৌগের 1 মোল। ঐ পরিমাণ পদার্থে অণুর সংখ্যা 6.022×10^{23} ।

(iii) মোলারিটি (M, molarity) : কোনো দ্রবণের 1 ডেসিমিটার কিউবে (dm^3 ; $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ লিটার}$) যত মোল দ্রাব পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তাকে ঐ দ্রবণের মোলারিটি (M) বলে।

$$\text{মোলারিটি (M)} = \frac{\text{দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রাব পদার্থের মোলসংখ্যা}}{\text{দ্রবণের আয়তন (dm}^3\text{)}}$$

প্রশ্ন : 500 cm^3 দ্রবণে 5.3 g অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3 আণব ভর = 106 g mol^{-1}) দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণের মোলারিটি কত হবে?

$$\text{উঃ } 5.3 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 = \frac{5.3}{106} \text{ মোল} = 0.05 \text{ মোল}$$

$$\text{দ্রবণের আয়তন} = 0.5 \text{ dm}^3$$

$$\therefore \text{মোলারিটি (M)} = \frac{0.05}{0.5} = 0.1$$

$$\text{দ্রবণটির শক্তি} = 0.1 \text{ M}$$

ফরম্যালিটি (Formality) : অনেক আয়নীয় যৌগ কঠিন অবস্থায় বিস্তৃত আয়নীয় জালক (lattice) দিয়ে গঠিত ; দ্রবণেও তারা উপাদান আয়নগুলিতে সম্পূর্ণ বিয়োজিত হয়। এই সব যৌগের ক্ষেত্রে (যেমন NaCl) একটি অণুর আপেক্ষিক ভর বা আণব গাঢ়ত্ব কথাটি সুপ্রযুক্ত নয়। এদের জন্য আণব ভরের পরিবর্তে যৌগটির সরলতম সংকেত থেকে নির্ধারিত ভরকে সংকেত ভর (Formula mass) ধরে নিয়ে দ্রবণের গাঢ়ত্বকে ফরম্যালিটিতে প্রকাশ করা যায়। কোনো দ্রবণের প্রতি dm^3 আয়তনে যত গ্রাম-সংকেত ভর দ্রাব দ্রবীভূত থাকে, তাকেই ঐ দ্রবণের ফরম্যালিটির বলা হয়।

(iv) নরম্যালিটি (N) : কোনো দ্রবণের প্রতি ডেসিমিটার কিউব (dm^3) আয়তনে যত গ্রামতুল্যাক্ষ দ্রাব পদার্থ দ্রবীভূত থাকে, তাকে ঐ দ্রবণের নরম্যালিটি (N) বলা হয়।

$$\text{নরম্যালিটি (N)} = \frac{\text{দ্রবীভূত পদার্থের গ্রাম তুল্যাক্ষ}}{\text{দ্রবণের আয়তন (dm}^3\text{)}}$$

প্রঃ পূর্ববর্তী প্রশ্নের Na_2CO_3 দ্রবণটির নরম্যালিটি কত হবে?

$$\text{উঃ } \text{Na}_2\text{CO}_3\text{-র তুল্যাক্ষভার} = \frac{106}{52} = 53$$

$$5.3 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 = \frac{5.3}{53} \text{ গ্রামতুল্যাক্ষ} = 0.1 \text{ গ্রাম তুল্যাক্ষ}$$

*লিটার (L) SI একক নয়, তবে খুব প্রচলিত।

$$1 \text{ L} = 1.000028 \text{ cm}^3 ; 1 \text{ ml} = 1.000028 \text{ cm}^3$$

আমরা সচরাচর ml ও cm^3 (cc) একই অর্থে ব্যবহার করি।

$$\therefore \text{নরম্যালিটি (N)} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2$$

$$\text{দ্রবণের শক্তি} = 0.2 (N)$$

(v) মোলালিটি (m)। প্রতি কিলোগ্রাম দ্রাবকে যত মোল দ্রাবপদার্থ দ্রবীভূত থাকে, তাকে ঐ দ্রবণের মোলালিটি (m) বলা হয়।

$$\text{মোলালিটি (m)} = \frac{m_1 \times 1000}{m_2 \times M}$$

যেখানে, m_1 = দ্রাবপদার্থের ভর ; m_2 = দ্রাবকের ভর ; M = দ্রাব্যপদার্থের আণব ভর।

প্রঃ আগের প্রশ্নে বর্ণিত দ্রবণটির মোলালিটি কত? দ্রবণের আঃ গুরুত্ব = 1.0086

$$\begin{aligned} \text{উঃ } 500 \text{ cm}^3 \text{ দ্রবণের ভর} &= 500 \times 1.0086 \text{ g} \\ &= 504.3 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{দ্রবীভূত Na}_2\text{CO}_3\text{-র ভর} = 5.3 \text{ g}$$

$$\therefore \text{দ্রাবকের ভর} = 499.0 \text{ g}$$

$$\text{এখন, } 499 \text{ g দ্রাবকে Na}_2\text{CO}_3 = 0.05 \text{ মোল}$$

$$\begin{aligned} \therefore 1000 \text{g দ্রাবকে Na}_2\text{CO}_3 &= \frac{0.05 \times 1000}{499} \text{ মোল} \\ &= 0.1002 \text{ মোল} \end{aligned}$$

$$\text{অতএব দ্রবণের মোলালিটি (m)} = 0.1002$$

আয়তনমিতিতে সাধারণত এই এককটি ব্যবহার করা হয় না। তবে অন্য গাঢ়ত্বের এককগুলির মতো এটি দ্রবণের আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়। তাই যে সব ক্ষেত্রে উষ্ণতার ব্যাপক তারতম্যের জন্য দ্রবণের আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি ধর্তব্যের মধ্যে পড়ে সেখানে এই এককের উপযোগিতা আছে ভৌত রসায়নে হিমাক, স্ফুটনাক, বাষ্প চাপ ইত্যাদি সংক্রান্ত পরীক্ষায় তাই মোলালিটি একক বেশি ব্যবহার করা হয়।

(vi) শতকরা মাত্রা (Percentage) : কোনো দ্রবণের 100 ভাগে দ্রাবপদার্থের শতকরা ভাগকে ঐ দ্রবণের শতকরা মাত্রা বলা যেতে পারে। এই মাত্রাকে দ্রাব ও দ্রাবকের ওজন-ওজন, ওজন-আয়তন বা আয়তন-আয়তন (যখন দ্রাব ও দ্রাবক দুইই তরল) ভিত্তিতে প্রকাশ করা যায়। যেমন, 10g NaCl কে জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 100 cm³ করলে দ্রবণটি 10% ভর/আয়তন $\left(\frac{w}{v}\right)$ শক্তির হবে। আবার 10g NaCl নিয়ে তাতে 90g জল যোগ করে দ্রবণ তৈরি করলে ঐ দ্রবণের প্রতি 100g ভরে 10g NaCl থাকবে, অর্থাৎ দ্রবণটি হবে 10% ভর/ভর (w/w) শক্তিমাত্রার।

10 cm³ মিথানল নিয়ে জল মিশিয়ে 100 cm³ দ্রবণ তৈরি করলে দ্রবণের শক্তি হবে 10% আয়তন/আয়তন (v/v)

(viii) পার্টস পার মিলিয়ন (পি পি এম) ppm : অল্প গাঢ়ত্ব প্রকাশের ক্ষেত্রে এই এককটি খুব বেশি ব্যবহার করা হয়। প্রতি দশলক্ষ ভাগ ওজনের দ্রবণে কোনো দ্রাব পদার্থের যত ভাগ ওজন দ্রবীভূত থাকে, তাই হ'ল ppm এককে ঐ দ্রাব পদার্থের গাঢ়ত্ব।

$$\begin{aligned} 1 \text{ ppm} &= 1 \text{ dm}^3 \text{ দ্রবণে } 1 \text{ mg দ্রাব (mg dm}^{-3}\text{)} \\ &= \mu\text{g cm}^{-3} \\ &= 10^{-3} \text{ g dm}^{-3} \end{aligned}$$

1.5 প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution)

যে দ্রবণের গাঢ়ত্ব সঠিক ও সুস্থভাবে জানা আছে সেই দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। কোনো পদার্থকে তুলায়ত্রে সুস্থভাবে মেপে আয়তনিক ফ্লাস্কের মধ্যে নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ তৈরি করলে সেই দ্রবণটি প্রমাণ দ্রবণ হবে। (এ প্রসঙ্গে একটু আগেই আলোচনা করা হয়েছে।)

মুখ্য ও গৌণ প্রমাণ দ্রবণ (Primary and Secondary standard solution) :

যখন কোনো পদার্থকে সরাসরি সঠিকভাবে ওজন করে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ তৈরি করা যায় তখন সেই দ্রবণটি হয় মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ (primary standard solution) : আর দ্রাব পদার্থটিকে বলা হয় মুখ্য প্রমাণ দ্রাব। মুখ্য প্রমাণ হিসাবে গণ্য হতে গেলে দ্রাব পদার্থটির কয়েকটি বিশেষ গুণ থাকা দরকার।

(i) পদার্থটি সহজেই বিশুদ্ধ অবস্থায় বা কোনো সুস্থভাবে নির্ণীত স্থির সংযুতিতে (constant composition) লভ্য হবে এবং সেইভাবে রাখা যাবে।

(ii) পদার্থটি জলাকর্ষী হবে না বা বায়ুর কোনো উপাদানের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে না ও আলোতে বিয়োজিত হবে না।

(iii) পদার্থটি ব্যবহৃত দ্রাবক মাধ্যমে যথেষ্ট দ্রাব্য হবে এবং দ্রবণটি কাজ করার সময় পর্যন্ত স্থায়ী হবে।

(iv) পদার্থটির দ্রবণের বিক্রিয়া রাসায়নিক সংযোগসূত্র অনুসারী হবে।

অম্ল-ক্ষার, জারণ-বিজারণ ও জটিলমিতি (complexometry)-তে মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত কয়েকটি পদার্থের তালিকা নিচে দেওয়া হল :

সারণি 1.1

কয়েকটি মুখ্য প্রমাণ পদার্থ

যৌগ ও সংকেত	সংকেত ভর	তুল্যাক্তভার	মিতি
(i) পটাশিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালটে; $C_8H_5O_4K$	204.23	204.23	অম্ল-ক্ষার
(ii) অক্সালিক অ্যাসিড $H_2C_2O_4, 2H_2O$	126	63	অম্ল-ক্ষার জারণ-বিজারণ
(iii) অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ; Na_2CO_3	105.99	53	অম্ল-ক্ষার
(iv) পটাশিয়াম হাইড্রোজেন আয়োডেট ; $KH(IO_3)_2$	389.91	389.91	অম্ল-ক্ষার
(v) পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট $K_2Cr_2O_7$	294.19	49.03	জারণ-বিজারণ
(vi) সোডিয়াম অক্সালেট $Na_2C_2O_4$	134.00	67.00	জারণ-বিজারণ
(vii) ডাইসোডিয়াম EDTA	372.3	372.3	জটিল

এর মধ্যে অনেকগুলি মুখ্য প্রমাণ (primary standard) দ্রবণ আপনারা নিজেরা তৈরি করবেন।

যে সমস্ত পদার্থের সরাসরি মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করা যায় না, তাদের দ্রবণকে কোনো মুখ্য প্রমাণ দ্রবণের সাপেক্ষে টাইট্রেশন করে শক্তিমাত্রা নির্ণয় করা হয়। এরকমভাবে পাণ্ডু প্রমাণ দ্রবণকে গৌণ প্রমাণ দ্রবণ (secondary standard) বলা হয়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (জারণ-বিজারণ) ইত্যাদি পদার্থের গৌণ প্রমাণ দ্রবণ আপনারা ব্যবহার করবেন।

প্রশ্ন : 250 ml 0.1 (N) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ প্রস্তুত করতে কতগ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট লাগবে?

সোডিয়াম কার্বনেটের তুল্যাক্তভার 53

∴ 1 dm³ বা 1000 ml 0.1 (N) দ্রবণে Na_2CO_3 থাকবে 5.3 g

∴ 250 ml 0.1 (N) দ্রবণে Na_2CO_3 থাকবে $\frac{5.3}{4}$ বা 1.325 g

মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি :

● কোনো পদার্থের মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ তৈরি দ্রবণের শক্তি সর্বপ্রথম স্থির করতে হবে দ্রবণের শক্তি মোটামুটি কত হবে (যেমন 0.1 M বা 0.05 N ইত্যাদি) এবং দ্রবণের আয়তন কত হবে। এবার ঐ দ্রবণ তৈরি করতে দ্রাব পদার্থটির সঠিক ওজন কত হবে তা হিসাব করতে হবে (উপরের উদাহরণ দ্রষ্টব্য)।

● এবার প্রয়োজনীয় আয়তনের একটি আয়তন-স্লাস্ক ও ফানেল ধুয়ে তৈরি রাখতে হবে। দ্রাব্য পদার্থটি (শুকনো ও বিশুদ্ধ) একটি তৌল বোতলে নিয়ে সঠিক ও সূক্ষ্মভাবে তার প্রাথমিক ওজন নির্ণয় করতে হবে।

● এবার পরিষ্কার শুকনো হাতে তৌল বোতলটি আয়তনিক স্লাস্কের মুখে বসানো ফানেলের উপর কাঁচ কঁরে ধরে তৌল বোতলের ঢাকনাটি আঙুলে খুলতে হবে ও বোতলটি ধীরে ধীরে ঘুরিয়ে আন্দাজমত কিছুটা দ্রাব পদার্থ ফানেলে ঢালতে হবে। দরকারমত একবার বা দু'বার বোতলটির মোটামুটি ওজন দেখে আরও কতটা দ্রাব ঢালতে হবে তার ধারণা নেওয়া যেতে পারে। তবে এটা যত কম বার করা যায় ততই ভালো। মনে রাখতে হবে, দ্রাবের প্রয়োজনীয় ওজনটিই হুবহু নিতে হবে এমন কোনো কথা নেই। বরং যত কম নাড়াচাড়া করে প্রয়োজনীয় ওজনের কাছাকাছি কোনো ওজন নেওয়া হবে তুল ততই কম হবে। এই অবস্থায় তৌল বোতলটির চূড়ান্ত ওজনটি সঠিক নির্ণয় করতে হবে। বোতলটির ওজন হ্রাসই গৃহীত দ্রাবপদার্থের ওজন।

বোতলের প্রথম ও শেষ ওজন সারণির আকারে যথাযথভাবে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

সারণি 1.2 : ওজন লিপিবদ্ধ করার নমুনা

দ্রাব পদার্থ : Na_2CO_3 আয়তন : 250 cc. মাত্রা : 0.1 N

প্রথম ওজন (g)	দ্বিতীয় ওজন (g)	গৃহীত ওজন (g)	দ্রবণের শক্তি (N)
(10 + 5 + 2) g	(10 + 5 + 1) g	17.5234	
+	+	- 16.2548	
		1.2686 g	
(500 + 20) mg	(200 + 50) mg		$\frac{1.2686}{1.3250} \left(\frac{N}{10} \right)$
+	+		
(17 × 0.0001) g	(24 × 0.0001) g		= 0.957 $\left(\frac{N}{10} \right)$
= 17.5234 g	= 16.2548 g		= 0.0957 (N)

প্রয়োজনীয় ওজনের কাছাকাছি ওজনের জিনিস ঢালা হয়ে গেলে (একবারে সঠিক ওজন ঢালার কোনো দরকার নেই) অল্প অল্প জল দিয়ে ফানেল থেকে সবটা জিনিস ফ্লাস্কে নিতে হবে—একবারে বেশি জল ঢালা উচিত নয়। ফানেলটি খালি হয়ে যাবার পরেও সেটি অল্প অল্প জল দিয়ে দু'তিনবার ধুয়ে নিতে হবে এবং ফানেলটি একেবারে তুলে নেবার আগে তার সরু চোঙটির বাইরেটাও জল দিয়ে ধুয়ে ফ্লাস্কে ফেলতে হবে।

ফানেলটি সরিয়ে আয়তনিক ফ্লাস্কের ছিপি বন্ধ করে ফ্লাস্কটি আন্তে আন্তে নাড়াতে হবে যতক্ষণ না গৃহীত পদার্থটি সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হয়। প্রয়োজনে অল্প অল্প জল যোগ করা যেতে পারে কিন্তু তা যেন ফ্লাস্কের সরু গলা পর্যন্ত না ওঠে। তাড়াতাড়ি করার জন্য আয়তনিক ফ্লাস্ককে কখনোই গরম করা চলবে না।

গৃহীত পদার্থটি সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হয়ে গেলে সাবধানে জল ঢেলে ফ্লাস্কটি নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ভর্তি করতে হবে। শেষের দিকে কোনো ড্রপার বা পিপেটের সাহায্য নেওয়া ভালো।

ফ্লাস্কটি নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জল ভর্তি হ'লে সোজা অবস্থায় কিছুক্ষণ নাড়ানাড়ি করে, শেষে একবার কি দু'বার ছিপিটি হাত দিয়ে চেপে-উল্টো করেই আবার তৎক্ষণাৎ সোজা করে বসিয়ে দিতে হবে। উপড় করা অবস্থায় ফ্লাস্কটি এক/দু'সেকেন্ডের বেশি রাখা দরকার নেই।

এবার ফ্লাস্কে যে দ্রবণটি পাওয়া গেল সেটি একটি মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ। ধরা যাক উদ্দিষ্ট শক্তির প্রমাণ দ্রবণের জন্য দ্রাব পদার্থের সঠিক ওজনের প্রয়োজন ছিল ω g। গৃহীত দ্রাব পদার্থের ওজন সূক্ষ্মভাবে ω' g। তাহ'লে প্রস্তুত দ্রবণটির শক্তির গুণনীয়ক বা factor হবে $\frac{\omega'}{\omega}$ ।

উদাহরণ হিসাবে, 250 ml 0.1 (N) Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করতে 1.325 g Na_2CO_3 ওজন করতে হবে। যদি কেউ ওজন বোতল থেকে 1.2686 g Na_2CO_3 সূক্ষ্মভাবে ওজন করে 250 ml দ্রবণ তৈরি করেন তবে সেই মুখ্য প্রমাণ দ্রবণটির শক্তি হবে $(1.2686/1.325)\left(\frac{N}{10}\right)$ বা $0.957\left(\frac{N}{10}\right)$, অর্থাৎ 0.0957 (N)।

● টাইট্রেশন (অনুমাপন) সম্পর্কিত কয়েকটি শব্দ-পরিচিতি :

একটি জ্ঞাতমাত্রায় দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে অন্য একটি অজ্ঞাতমাত্রার দ্রবণের শক্তি নির্ণয় করতে আমরা টাইট্রেশন বা অনুমাপনের সাহায্য নিয়ে থাকি। এতে যে-কোনো একটি দ্রবণের একটি নির্দিষ্ট আয়তনকে (সচরাচর 25 ml) পিপেটের সাহায্যে কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে তাতে ব্যুরেট থেকে অন্য দ্রবণটি ধীরে ধীরে যোগ করা হয়—দু'টি দ্রবণ ভালোভাবে নেড়ে মিশিয়ে বিক্রিয়া করতে থাকে এবং একটি সুবিধাজনক পদ্ধতিতে (নির্দেশক বা সূচকের সাহায্যে) আমরা বিক্রিয়ার সমাপ্তি বুঝতে পারি। এই কাজে পিপেটে করে যে নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ টাইট্রেশনের জন্য নেওয়া হ'ল তাকে বলা হয় অ্যালিকট (aliquot)। কনিক্যাল ফ্লাস্কে aliquotটি নেবার পরে তাতে প্রয়োজনমত জল, সূচক ইত্যাদি মেশাতে হতে পারে। কনিক্যাল ফ্লাস্কে যে দ্রবণটিকে টাইট্রেশন করা হচ্ছে তাকে বলা হয় ট্রাইট্রান্ড

(titrand); ব্যুরেট থেকে যে দ্রবণটি যোগ করা হচ্ছে তাকে বলা হয় টাইট্র্যান্ট (titrant) বা অনুমাপক। সমাপ্তিক্রম পর্যন্ত titrant-এর যতটা আয়তন প্রয়োজন হল তাকে বলা হয় টাইটর (titre)। টাইট্রেশন করার সময় অ্যালিকট এর সমতুল্য পরিমাণ টাইট্র্যান্ট (titrant) যোগ করে আমরা ঐ টাইট্রেশনের একটি তুল্যাক্ষবিন্দু বা equivalence point-এ পৌঁছাই, সচরাচর এটাকে end point বা সমাপ্তিবিন্দুও বলা হয়। বিভিন্ন সূচকের বর্ণ পরিবর্তন থেকে বা অন্য কোনো ধর্মের পরিবর্তন থেকে (যেমন তড়িৎপরিবাহিতা) এই তুল্যাক্ষবিন্দু বোঝা যায়। অনেক ক্ষেত্রে একটি তুল্যাক্ষবিন্দুর পরেও টাইট্রেশন চালিয়ে আর একটি তুল্যাক্ষ-বিন্দু পাওয়া যায়। সেক্ষেত্রে অন্য সূচক ব্যবহার করা হয়। যেমন সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে টাইট্রেশন করার সময় ফিনলপথ্যালিন সূচক ব্যবহার করে প্রথম তুল্যাক্ষ বিন্দু পাওয়া যায়। এই পর্যায়ে সমাপ্ত কার্বনেট বাইকার্বনেটে রূপান্তরিত হয়। পরের ধাপে মিথাইলে অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করে বাইকার্বনেটের প্রশমন পর্যন্ত আর একটি তুল্যাক্ষবিন্দু পাওয়া যায়।

টাইট্রেশনের সমাপ্তিবিন্দু নিরূপণ করতে সচরাচর যে সমস্ত সূচক ব্যবহার করা হয় সেগুলি প্রধানত তিনরকম :

(i) আভ্যন্তরীণ সূচক (internal indicators) : এই ধরনের সূচকগুলিকে বিক্রিয়ারত দ্রবণে (titrand দ্রবণে), সাধারণত শুরুতেই যোগ করা হয়। বিভিন্ন অল্প-স্ফার সূচক (ফিনপথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ ইত্যাদি), জারণ-বিজারণ সূচক (যেমন ডাইফিনাইলঅ্যামিন) ইত্যাদি এই পর্যায়ে পড়ে।

(ii) বহিঃস্থ বা বাইরের সূচক (external indicators) : এই ধরনের সূচকগুলি সরাসরি বিক্রিয়ার দ্রবণে যোগ না করে বাইরে একটি প্লেটে রাখা হয় এবং কিছুক্ষণ পর পর একটি ক্যাপিলারি টিউবের সাহায্যে এক ফোঁটা করে বিক্রিয়ালীল দ্রবণ ঐ সূচকে যোগ করে বর্ণপরিবর্তন লক্ষ্য করা হয়। 'পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড' (পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানোফেরেট (III)) এরকম একটি সূচক। পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের সাহায্যে ফেরাস আয়নের টাইট্রেশনে এটি ব্যবহার করা যায়। প্রথমবার টাইট্রেশনে 1-2 ml ডাইক্রোমেট দ্রবণ যোগ করার পরে পরে কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণ বাইরে এনে স্পট প্লেটে রাখা পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণে যোগ করার পরে পরে কনিক্যাল ফ্লাস্কের দ্রবণ বাইরে এনে স্পট প্লেটে রাখা পটাশিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণে যোগ করে দেখা হয়। যতক্ষণ গাঢ় নীল রঙের অধঃক্ষেপ তৈরি হতে দেখা যায় (Turnbulls' flue, ফেরিক ফেরোসায়ানাইড) ততক্ষণ দ্রবণে Fe^{2+} আয়ন আছে বুঝতে হবে। এইভাবে প্রয়োজনীয় পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের আয়তনের একটি মোটামুটি ধারণা পাওয়া যাবে। দ্বিতীয়বার টাইট্রেশন করার সময় শুধুমাত্র শেষ পর্যায়ে 0.1-0.2 ml ব্যবধানে একই রকম পরীক্ষা করে দেখা হয়। তৃতীয়বার টাইট্রেশন করে আরও সঠিকভাবে এই তুল্যাক্ষবিন্দু নির্ণয় করা যেতে পারে। তবে বোঝাই যাচ্ছে, ভালো আভ্যন্তরীণ সূচক পাওয়া গেলে আর এই পদ্ধতির উপযোগিতা থাকে না।

(iii) স্বয়ং সূচক (Self-indicators) : অনেক সময় টাইট্রেশনে ব্যবহৃত যে-কোনো একটি দ্রবণ নিজেই তুল্যাবিন্দুর পরে দ্রবণের রঙের পরিবর্তন ঘটায় আর তা থেকেই টাইট্রেশনের সমাপ্তি নির্দেশিত হয়। পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে সচরাচর ব্যবহৃত $0.1(N)$ বা $0.05(N)$ দ্রবণের মাত্র একটি ফোঁটা অতিরিক্ত হলেই 100—150 ml দ্রবণে বোধগম্য গোলাপী রঙ দেখা যায়।

1.6 বিভিন্ন ধরনের টাইট্রেশন

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার প্রকৃতি অনুযায়ী আমরা টাইট্রেশন বা অনুমাপন পদ্ধতিগুলিকে কয়েকটি প্রধান শ্রেণীতে ভাগ করতে পারি :

(i) অম্ল-ক্ষার বা প্রশমন টাইট্রেশন (Acid-Base titration) : এ ধরনের টাইট্রেশন একটি অম্ল ও একটি ক্ষারের প্রশমনের উপর নির্ভর করে। সাধারণত আমরা উপযুক্ত কোনো সূচকের বর্ণ পরিবর্তন থেকে এই প্রশমন-ক্ষণ বুঝতে পারি। দ্রবণের তড়িৎপরিবাহিতা মেপেও এই প্রশমন অনুধাবন করা যায়।

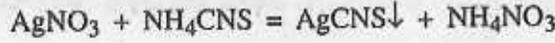
অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে প্রত্যক্ষ অম্ল এবং ক্ষারের প্রশমন ছাড়াও অম্ল বা ক্ষারধর্মী যৌগগুলিকেও অন্তর্ভুক্ত করা যায়। উদাহরণ হিসাবে বোরাক্স ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) বা সোডিয়াম অ্যাসিটেট যৌগদুটি মূলত লবণ হলেও উপযুক্ত সূচকের সাহায্যে এদের ক্ষার হিসাবে টাইট্রেশন করা যায়।

অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে সূচক নির্বাচন একটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যাপার। অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতির উপর, অর্থাৎ তারা তীব্র না মৃদু, সেই অনুযায়ী প্রশমনক্ষণের আগে ও পরে দ্রবণের pH পরিবর্তিত হয়। এই pH পরিবর্তনের উপরেই সূচকের রঙের পরিবর্তন নির্ভর করে। পরের পর্যায়ে আমরা এ বিষয়ে আরও বিশদ আলোচনা করব।

(ii) জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন (Redox titration) : এই টাইট্রেশনে একটি জারক ও একটি বিজারক পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। বিক্রিয়া যেমন যেমন এগোতে থাকে, দ্রবণের জারক-বিজারক যুগল দুটির বিজারণ বিভবও সেই অনুসারে পাল্টাতে থাকে। সমাপ্তি (তুল্যাবিন্দু) বিন্দুর ঠিক পরেই জারণ-বিজারণ অংশ নিয়ে নিজের রঙের পরিবর্তন ঘটাতে পারে এমন কোনো পদার্থকে এই টাইট্রেশনে সূচক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। বেরিয়াম ডাইফিনাইলঅ্যামিন সালফোনেট এরকম একটি সূচক আবার পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশনের সময় তার নিজের রঙই তুল্যাবিন্দু নির্দেশ করে। জারণ-বিজারণ প্রসঙ্গে জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন ও তার তুল্যাবিন্দু নির্ণয় বিস্তারিত আলোচিত হয়েছে (ECH 02, 3.4.10 এবং 3.4.11)।

(iii) অধঃক্ষেপণ টাইট্রেশন (Precipitation titration) : এই টাইট্রেশনের সময় একটি বিক্রিয়া পদার্থ স্বল্পদ্রব্য অধঃক্ষেপণ গঠন করতে থাকে। অধঃক্ষেপণ শেষ হলে অতিরিক্ত বিকারকের উপস্থিতি তুল্যাবিন্দু নির্দেশ করে।

নানাভাবে এই তুল্যবিন্দু বোঝা যায়। যেমন অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণের সাহায্যে সিলভার নাইট্রেটকে টাইট্রেশন করার সময় সিলভার থায়োসায়ানেট অধঃক্ষিপ্ত হয় :

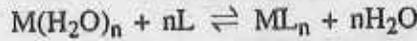


দ্রবণে সূচক হিসাবে ফেরিক অ্যালাম ব্যবহার করা হয়, যাতে তুল্যবিন্দুর পরে একফোঁটা থায়োসায়ানেট দ্রবণ যোগ করলেই তা ফেরিক আয়নের সঙ্গে রক্তের মতো লালরঙ উৎপন্ন করে।

পটাশিয়াম ক্রোমেট দ্রবণকে সূচক হিসাবে ব্যবহার করে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সাহায্যে ক্রোরাইড বা ব্রোমাইড দ্রবণের জাতীয় দ্রবণের টাইট্রেশন করা যায়। প্রায় সমস্ত ক্রোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হবার পরে সিলভার ক্রোমেটের লালচে অধঃক্ষেপ টাইট্রেশনের তুল্যবিন্দু নির্দেশ করে।

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণঘটিত টাইট্রেশনকে argentometry বা রৌপ্যমিতি বলা হয়।

(iv) জটিল যৌগ গঠনের ভিত্তিতে টাইট্রেশন জটিলমিতি (Complexometri titrations) : এই পদ্ধতিতে সাধারণত একটি উপযুক্ত লিগ্যান্ডের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে কোন ধাতব আয়নের দ্রবণের টাইট্রেশন করা হয়, লিগ্যান্ড (L) ধাতব আয়নকে ঘিরে থাকা দ্রাবক অণুগুলিকে প্রতিস্থাপিত করে :



বিশেষ ধরনের সূচক ব্যবহার করে এই বিক্রিয়ার তুল্যবিন্দু নিরূপণ করা হয়। ইথিলীন ডাই-অ্যামিনটেট্রাঅ্যাসেটিক অ্যাসিড (EDTA) ব্যবহার করে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম আয়নের পরিমাণ নির্ধারণ করতে আমরা এই ধরনের টাইট্রেশন হাতে কলমে করব।

একক 2 □ অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি

গঠন

2.1 অম্ল ও ক্ষারের প্রশমন

2.2 অম্ল-ক্ষার অনুমাপন (টাইট্রেশন)

2.2.1 পরীক্ষা-1 : অক্সালিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড

2.2.2 পরীক্ষা-2 : সোডিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

2.2.3 পরীক্ষা-3 : সোডিয়াম কার্বনেট ও বাইকার্বনেটের মিশ্রণ

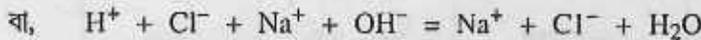
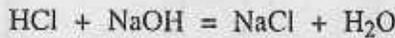
2.2.4 পরীক্ষা-4 : সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের মিশ্রণ

2.2.5 পরীক্ষা-5 : অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (ফরম্যালডিহাইড যোগ করে)

2.2.6 পরীক্ষা-6 : অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ।

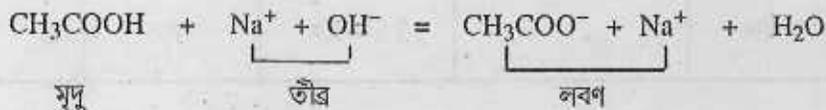
2.1 অম্ল ও ক্ষারের প্রশমন

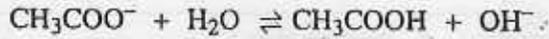
আরহেনিয়াসের অম্ল-ক্ষার তত্ত্বটি (9.9) জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে সবচেয়ে কার্যকরী। এই তত্ত্ব থেকে আমরা জেনেছি, অম্ল ও ক্ষার পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ ও জল তৈরি করে :



এক তুল্যাক্ষ HCl (বা যে-কোনো তীব্র অ্যাসিড) এক তুল্যাক্ষ NaOH কে (বা যে-কোনো তীব্র ক্ষারকে) প্রশমিত করবে ও উৎপন্ন জলীয় দ্রবণটি (NaCl) প্রশম হবে, এর pH হবে 7।

অম্ল বা ক্ষারের মধ্যে একটি তীব্র ও অন্যটি মৃদু প্রকৃতির হলে তাদের প্রশমনের পরে দ্রবণের চরিত্র একটু আলাদা হবে :





অর্থাৎ সোডিয়াম অ্যাসিটেটের আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন দ্রবণটি প্রশম না হয়ে ক্ষারীয় হবে, এর pH 7-এর চেয়ে বেশি হবে।

অনুরূপভাবে, কোনো তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারের প্রশমনের পরে (যেমন HCl ও NH₃ দ্রবণ) উৎপন্ন দ্রবণটি আম্লিক হবে (pH < 7)।

আয়নীয় সাম্য আলোচনা প্রসঙ্গে (একক 9.9) আমরা বিভিন্ন অম্ল-ক্ষার প্রশমনের সময় দ্রবণের pH ধারাবাহিক ভাবে কেমন করে বদলাতে থাকে তা আলোচনা করেছি। প্রশমনের সময় দ্রবণের pH-এর পরিবর্তনের এই প্রকৃতির উপরে নির্ভর করেই তুল্যাক্ষ-বিন্দু নির্দেশ করার পক্ষে কোন সূচক উপযোগী হবে তা নির্দিষ্ট করা হয়। একটি ভালো সূচক তুল্যাক্ষ বিন্দুর ঠিক আগে ও পরে খুব প্রকটভাবে নিজের বর্ণ পরিবর্তন করবে। টাইট্রেশনের বিভিন্ন ধাপে pH-এর পরিবর্তনের লেখচিত্রগুলি (একক 9.9)এ বিষয়ে আমাদের সাহায্য করে। সারণি 2.1-এ আমরা কিছু অম্ল-ক্ষার সূচকের সংক্ষিপ্ত পরিচয় উপস্থিত করছি।

সারণি 2.1

কয়েকটি অম্ল-ক্ষার সূচক (নির্দেশক)

সূচক (প্রকৃতি)	ব্যবহৃত দ্রবণ	pH ব্যাপ্তি	অম্লের রঙ	ক্ষারের রঙ
ফিনলথ্যালাইন (অম্ল)	0.5% ; 60% অ্যালকোহল	8.0—10.0	বর্ণহীন	লাল (গোলাপী)
থাইমলথ্যালাইন (অম্ল)	0.1% ; 90% অ্যালকোহল	9.3—10.5	বর্ণহীন	নীল
ব্রোমোথাইমল ব্লু (অম্ল)	0.05% ; 20% অ্যালকোহল	6.0—7.6	হলুদ	নীল
লিটমাস (অম্ল)	1.0% ; জল	5.0—8.0	লাল	নীল
মিথাইল রেড (ক্ষার)	0.1% ; 60% অ্যালকোহল	4.2—6.2	লাল	হলুদ
মিথাইল অরেঞ্জ (ক্ষার)	0.1% ; জলীয়	3.1—4.4	লাল	হলুদ
ব্রোমোফেনল গ্রীণ		3.8—5.4	হলুদ	নীল

প্রশমনের আগে ও পরে দ্রবণের pH পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গতি রেখে বিভিন্ন ধরনের টাইট্রেশন ব্যবহারের উপযুক্ত কয়েকটি সূচক 2.2নং সারণিতে উল্লেখ করা হ'ল।

সারণি 2.2

0.1(N) অম্ল ক্ষারের প্রশমনে ব্যবহার্য সূচক

অম্ল বা ক্ষারের প্রকৃতি	তুল্যবিন্দুর ঠিক আগে ও পরে pH পরিবর্তন	সূচক
(i) তীব্র অ্যাসিড তীব্র ক্ষার	4—10	মিথাইল অবেঞ্জ, মিথাইল রেড, ফিনলথ্যালাইন ইত্যাদি
(ii) তীব্র অ্যাসিড মৃদু ক্ষার	3—6.5	মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড ব্রোমোফেনল ব্লু ব্রোমোফেনল গ্রীন
(iii) মৃদু অ্যাসিড তীব্র ক্ষার	6.5—9	ফিনলথ্যালাইন, থাইমলথ্যালাইন থাইমল ব্লু
(iv) মৃদু অ্যাসিড মৃদু ক্ষার	7.0 (খুব ধীরে পরিবর্তন হয়।)	কোনোটিই উপযুক্ত নয়। তবে মিশ্র সূচক যথা মিথাইল রেড + মিথিলিন ব্লু ব্যবহার করা যেতে পারে।

মিশ্র অ্যাসিড বা ক্ষারের ক্ষেত্রে প্রতি পর্যায়ের pH পরিবর্তনের ধাপ অনুযায়ী সূচক নির্বাচন করতে হবে। বহুক্ষারীয় অম্ল বা বহু-আম্লিক ক্ষারের ক্ষেত্রেও একই নীতি প্রযোজ্য। তবে সফল টাইট্রেশনের জন্য এসব ক্ষেত্রে একটি ধাপের প্রশমনের pH ও পরবর্তী ধাপের প্রশমনের pH-এর মধ্যে যথেষ্ট বেশি (5 বা বেশি) পার্থক্য থাকা দরকার।

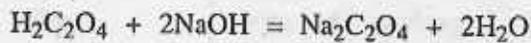
পরবর্তী অংশে আমরা কয়েকটি অম্ল-ক্ষারক টাইট্রেশন হাতে কলমে করব।

2.2 অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির পরীক্ষা

2.2.1 পরীক্ষা-1

অক্সালিক অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের শক্তি নির্ণয় (0.1 N মাত্রার)।

নীতি : অক্সালিক অ্যাসিড কেলাসের সংকেত $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ । অ্যাসিডটি দ্বিফলারীয়, তাই এর তুল্যাকভার $126/2=63$ । সরাসরি ওজন করে অ্যাসিডটির একটি ~ 0.1 (N) মাত্রায় মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করা যায়। এই দ্রবণের সঙ্গে মোটামুটি 0.1 (N) মাত্রায় একটি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের টাইট্রেশন করে ক্ষার দ্রবণটির সঠিক শক্তি নির্ণয় করা যায়।



অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি $S_1(N)$ ও আয়তন V_1 হ'লে এবং তাকে প্রশমিত করতে $S_2(N)$ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের V_2 আয়তন প্রয়োজন হ'লে বলা যায়

$$V_1 S_1 = V_2 S_2$$

বা,
$$S_2 = \frac{V_1 S_1}{V_2} (N)$$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড তীর ক্ষার বলে এই টাইট্রেশনে ফিনলথ্যালাইন সূচক ব্যবহার করতে হবে। (সারণি 2.1 দ্রষ্টব্য)।

250 ml 0.1 N দ্রবণের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সালিক অ্যাসিড

$$\frac{63}{4 \times 10} g = 1.575g$$

প্রয়োজনীয় জিনিস : 250 c.c. আয়তনিক ফ্লাস্ক, 250 c.c. কনিকাল ফ্লাস্ক, 25 c.c. পিপেট, ব্যুরেট (ব্র্যান্ডম্পসহ), ফানেল, বীকার 500 c.c. ঐ ঢাকা, কাঁচদণ্ড, ওজনের ব্যবস্থা।

অক্সালিক অ্যাসিড, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, ফিনলথ্যালাইন দ্রবণ।

পদ্ধতি :

1. অক্সালিক অ্যাসিডের মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি (~ 0.1 N মাত্রায়)। অনুচ্ছেদ 1.5 দ্রষ্টব্য)।

1.575 g এর কাছাকাছি ($\pm 0.1g$ হ'লে ভালো) পরিমাণ অক্সালিক অ্যাসিডকে রাসায়নিক তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ওজন করে 250 c.c. আয়তনিক ফ্লাস্কে নেওয়া হ'ল। কেলাসগুলি অল্প জলে সম্পূর্ণ গুলে যাবার পরে জল দিয়ে আয়তনিক ফ্লাস্কটি দাগ পর্যন্ত ভর্তি করতে হবে (দ্রবণের অবতল দিকটি দাগকে স্পর্শ করবে)।

2. সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ প্রস্তুতি।

সাধারণ তুলায় (rough balance) মোটামুটি 2g সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গুটি (10-12টি) ওজন করে বীকারে 500 c.c. জলে দ্রবীভূত করতে হবে। পলিথিন বীকার হলেই ভালো হয়। দ্রবণটি ঢাকা দিয়ে রাখতে হবে।

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গুটি ওজনের টেবিলে, ব্যালেন্সে বা হাতে পড়া উচিত নয়। স্টেনলেস স্টীলের স্প্যাচুলা বা চামচ ব্যবহার করতে হয়।

সাধারণত এই দ্রবণটি ছাত্রছাত্রীদের সরবরাহ করা হয়ে থাকে।

3. ফিনলথ্যালাইন দ্রবণ প্রস্তুতি।

অল্প ইথাইল অ্যালকোহলে সামান্য ফিনলথ্যালাইন গুঁড়ো মিশিয়ে ঝাঁকিয়ে নিলেই ফিনলথ্যালাইন দ্রবণ তৈরি হবে।

4. অনুমাপন (টাইট্রেশন)।

এই টাইট্রেশনে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণটি কনিকাল ফ্লাস্কে নেওয়া হয় কারণ এই দ্রবণ ব্যুরেটে ব্যবহার করলে তা কাচের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ও প্রায়ই ব্যুরেট আটকে যায়।

(i) পিপেটটি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে নিয়ে (rinse করে) তার সাহায্যে 25 c.c. ঐ দ্রবণ কনিকাল ফ্লাস্কে নিন। 2 ফোঁটা ফিনলথ্যালিন দ্রবণ যোগ করুন। দ্রবণটি ম্যাজেন্টা রঙ হবে।

(ii) ব্যুরেটটিকে অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ দিয়ে রিন্স করে ঐ দ্রবণ দিয়ে ভর্তি করা হল ('O' দাগ পর্যন্ত)।

(iii) ব্যুরেট থেকে কনিকাল ফ্লাস্কে ধীরে ধীরে অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করে টাইট্রেশন সম্পন্ন করুন— কনিকাল ফ্লাস্কে ধীরে ধীরে নাদুন ও গোলাপী রঙ সম্পূর্ণ মিলিয়ে যাওয়া মাত্র ব্যুরেট বন্ধ করে পাঠ নিন।

(iv) (i) থেকে (iii) পর্যন্ত পর্যায়ের পুনরাবৃত্তি করে আরও দু'বার টাইট্রেশন করুন। ব্যুরেটের পাঠগুলির মধ্যে 0.2 c.c. বেশি ব্যবধান যেন না থাকে।

পরীক্ষার ফল :

1. অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি

দ্রবণের আয়তন = 250 cm³

অ্যাসিড ও ওজন বোতলের প্রথম ও শেষ ওজন :

প্রথম ওজন	শেষ ওজন	গৃহীত ওজন	দ্রবণের শক্তি
$\omega_1(g)$	$\omega_2(g)$	$(\omega_1 - \omega_2)(g)$	$\frac{\omega_1 - \omega_2}{1.575 \times 10} (N) = S_1(N)$

2. টাইট্রেশনের ফল

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	ক্ষার দ্রবণের আয়তন V_1 (ml)	বুরেট-পাঠ (ml) প্রথম শেষ	অ্যাসিডের আয়তন ml	গড় আয়তন V_2 (ml)
1				
2				
3				

3. গণনা

অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি = S_1 (N) ক্ষার দ্রবণের শক্তি = $\frac{V_1 S_1}{V_2}$ (N) = $S_2(N)$, গ্রাম প্রতি লিটার এককে শক্তি = $S_2 \times 40gL^{-1}$

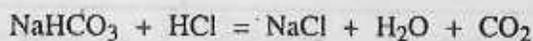
2.2.2 পরীক্ষা-2

হাইড্রোক্সিক অ্যাসিড দ্রবণের (0.1 N মাত্রার) শক্তি নির্ণয়।

নীতি : হাইড্রোক্সিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড। যে-কোনো প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে টাইট্রেশন করে এর শক্তি নির্ণয় করা যায়।

[পরীক্ষা-1 অনুযায়ী 0.1N সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গৌণ প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করে তার সাপেক্ষে টাইট্রেশন করে হাইড্রোক্সিক অ্যাসিডের শক্তি নির্ণয় করা সম্ভব। তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশনটিতে যে-কোনো সূচক ব্যবহার করা চলে। এক্ষেত্রে বুরেটে হাইড্রোক্সিক অ্যাসিড দ্রবণ নিয়ে 1নং পরীক্ষার মতো সব কিছু করতে হবে।]

অপরপক্ষে, সরাসরি ওজনে সোডিয়াম কার্বনেটের মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করে তার সঙ্গে হাইড্রোক্সিক অ্যাসিড দ্রবণের টাইট্রেশন করা সম্ভব। বিক্রিয়াটি দুধাপে হয় :



প্রথম ধাপের পরে, অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেটের অর্ধপ্রশমনের পরে দ্রবণের pH 8-এর কাছাকাছি চলে আসবে ও ফিনলথ্যালিন বর্ণহীন হয়ে যাবে। তাই এই টাইট্রেশনে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করতে হবে।

সোডিয়াম কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার 53। সুতরাং 250 ml 0.1 N দ্রবণের জন্য 53/40 g বা 1.325 g Na_2CO_3 প্রয়োজন।

সরঞ্জাম : 1নং পরীক্ষার মতো। বাড়তি লাগবে বিশুদ্ধ শুষ্ক সোডিয়াম কার্বনেট, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও মিথাইল অরেঞ্জ সূচক।

পদ্ধতি :

1. 1.325 g-এর কাছাকাছি ওজনে Na_2CO_3 সূক্ষ্মভাবে মেপে 250 ml আয়তন ফ্লাস্কে একটি ~ 0.1 N মাত্রার প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করুন।

2. গাড় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শক্তি 12 N এর কাছাকাছি হয়। একটি 500 ml বীকারে 480 ml জল নিয়ে তাতে 4 ml গাড় HCl (10 ml মাপন চোঙ বা measuring cylinder ব্যবহার করুন) যোগ করলে মোটামুটি 0.1 N মাত্রায় HCl দ্রবণ তৈরি হবে।

3. পিপেটের সাহায্যে 25 ml সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিয়ে তাতে 2-3 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করুন।

4. বুরেট হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ ভর্তি করে ('0' দাগ পর্যন্ত) তার সাহায্যে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণটি টাইট্রেশন করুন। দ্রবণের রঙ হালকা হলুদ থেকে স্থায়ীভাবে হালকা লালে পরিবর্তিত হলে বুরেটের পাঠ নিন।

5. 3নং ও 4নং নির্দেশমতো তিনবার টাইট্রেশন করুন।

ফলাফল :

1. সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের শক্তি

1 নং পরীক্ষার অনুরূপ ওজনের ছক তৈরি করুন। গৃহীত সোডিয়াম কার্বনেটের ওজন w g হলে দ্রবণের শক্তি হবে।

$$\frac{w}{1.325 \times 10} (N) = S_1(N) \text{ ধরি}$$

2. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শক্তি নির্ণয়

Na_2CO_3 দ্রবণের আয়তন = 25 ml, শক্তি = $S_1(N)$

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	বুরেট পাঠ		অ্যাসিডের আয়তন (ml)	গড় আয়তন (V_2) (ml)
	প্রথম	শেষ		
1				
2				
3				

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি

$$\frac{25 \times S_1}{V_2} (N) = S_2(N) \text{ ধরি}$$

$$\text{গ্রাম প্রতি লিটারে শক্তি} = S_2 \times 36.5 \text{ gL}^{-1}$$

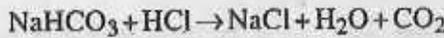
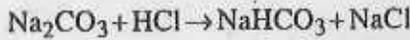
2.2.3 পরীক্ষা-3

সোডিয়াম কার্বনেট ও বাইকার্বনেটের মিশ্রণ

তত্ত্ব : সোডিয়াম কার্বনেটের প্রশমন দু'টি ধাপে সম্পন্ন হয় (পরীক্ষা 2.2.2)। ফিনলথ্যালাইন সূচক নির্দেশক সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে লাল রঙ দেয় কিন্তু সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে কোনো রঙ দেয় না। কাজেই কোনো কার্বনেট-বাইকার্বনেট মিশ্রণকে ফিনলথ্যালাইন সূচকের উপস্থিতিতে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে টাইট্রেশন করে আমরা কার্বনেটের অর্ধ-প্রশমনের জন্য প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের পরিমাণ জানতে পারব (ধরি V_1 ml S_1 (N))।

এবার আলাদাভাবে ঐ একই মিশ্র দ্রবণকে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক দিয়ে প্রথম থেকে টাইট্রেশন করলে আমরা দ্রবণে মোট কার্বনেট ও বাইকার্বনেটের সমতুল্য অ্যাসিডের আয়তন জানতে পারব (ধরি V_2 ml $S(N)$)।

মনে করি, প্রতি টাইট্রেশনে মিশ্র ক্ষার দ্রবণের 25 ml aliquot ব্যবহার করা হয়েছে এবং ঐ পরিমাণ দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ x তুল্যাক ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের পরিমাণ y তুল্যাক। সেক্ষেত্রে :



(i) ফিনলথ্যালাইন যোগে টাইট্রেশনে প্রয়োজনীয় অ্যাসিড = $\frac{x}{2}$ তুল্যাক

$$(V_1 \text{ ml } S(N))$$

(ii) আলাদাভাবে মিথাইল অরেঞ্জ যোগে টাইট্রেশনে প্রয়োজনীয় অ্যাসিড = $(x + y)$ তুল্যাক

$$(V_2 \text{ ml } S(N))$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{V_1 S}{1000} = \frac{x}{2}; \frac{V_2 S}{1000} = x + y$$

x ও y এর মান নির্ণয় করে আমরা দু'টি ক্ষারের শক্তি নির্ণয় করতে পারি :

$$25 \text{ ml দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট} = x \text{ তুল্যাক}$$

$$\therefore 1000 \text{ ml দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট} = 40x \text{ তুল্যাক}$$

$$\therefore \text{দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেটের শক্তি} = 40x (N)$$

$$\text{গ্রাম প্রতি লিটারে শক্তি} = 40 \times 53x \text{ gL}^{-1}$$

অনুরূপভাবে,

দ্রবণে সোডিয়াম বাইকার্বনেটের শক্তি = $40y$ (N)

গ্রাম প্রতি লিটারে শক্তি = $40 \times 84 y \text{ gL}^{-1}$

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক ও যন্ত্রপাতি : টাইট্রেশনের সরঞ্জাম (আগের মতো), অজ্ঞাত ক্ষার মিশ্রণের দ্রবণ, প্রমাণ HCl দ্রবণ, ফিনলপথ্যালিন ও মিথাইল অরেঞ্জ সূচক।

পদ্ধতি : (i) পিপেটের সাহায্যে অজ্ঞাত ক্ষার মিশ্রণের 25 মিলি দ্রবণ কনিকাল ফ্লাস্কে নিয়ে 2-3 ফোঁটা ফিনলপথ্যালিন সূচক যোগ করে প্রমাণ অ্যাসিডের সাহায্যে টাইট্রেশন করুন। (দ্রবণ লালভ, থেকে বর্ণহীন হবে)।

আরও দু'বার টাইট্রেশনটির পুনরাবৃত্তি করুন।

(ii) একইভাবে নতুন করে 25 ml ক্ষার দ্রবণ নিয়ে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক দিয়ে টাইট্রেশন করুন (দ্রবণ হলুদ থেকে কমলা হবে)।

এই টাইট্রেশনেরও তিনবার পুনরাবৃত্তি করুন।

যথাযথ ছকে পরীক্ষার ফল রেকর্ড করুন।

পরীক্ষার ফল :

HCl দ্রবণের শক্তি : S_1 (N) (ধরি)

গৃহীত ক্ষার দ্রবণের আয়তন : 25 ml

সূচক	পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	ব্যুরেট পাঠ		অ্যাসিডের আয়তন (ml)	গড় আয়তন (ml)
		প্রথম	শেষ		
ফিনলপথ্যালিন সূচক	1				V_1 (ধরি)
	2				
	3				
মিথাইল অরেঞ্জ সূচক	1				V_2 (ধরি)
	2				
	3				

25 ml মিশ্র ক্ষার দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেটের জন্য প্রয়োজন $2V_1$ ml অ্যাসিড।

\therefore সোডিয়াম বাইকার্বনেটের জন্য প্রয়োজন $(V_2 - 2V_1)$ ml অ্যাসিড।

সোডিয়াম কার্বনেটের শক্তি $\equiv S_1(N)$ ধরি।

$$\therefore 25 \times S_1 = 2V_1 \times S$$

$$\text{বা, } S_1 = \frac{2V_1 \times S}{25}(N)$$

অনুরূপভাবে, ($\equiv S_1 \times 53 \text{ gL}^{-1}$)

সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সাপেক্ষে ঐ দ্রবণের শক্তি $S_2(N)$ হলে

$$25 \times S_2 = (V_2 - 2V_1)S$$

$$\text{বা } S_2 = \frac{V_2 \times 2V_1}{25}(N)$$

$$(\equiv S_2 \times 84 \text{ gL}^{-1})$$

ঐ টাইট্রেশনের তত্ত্ব আলোচনার সময় যেভাবে বলা হয়েছে, সেভাবে হিসেব করলেও একই ফল পাওয়া যাবে।

বিকল্প পদ্ধতি :

ঐ পদ্ধতিতে একই ক্ষার দ্রবণে পর্যায়ক্রমে ফিনলপথ্যালিন ও মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করে দু'টি ক্ষারের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। প্রথমে কোন কার্বনেট-বাইকার্বনেট মিশ্রণকে ফিনলপথ্যালিন সূচকের উপস্থিতিতে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে টাইট্রেশন করে আমরা কার্বনেটের অর্ধ-প্রশমনের জন্য প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের পরিমাণ জানতে পারব। এবার ঐ মিশ্রণেই মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করে টাইট্রেশন করলে আমরা সোডিয়াম কার্বনেটের বাকী অর্ধ-প্রশমন এবং গৃহীত সোডিয়াম বাইকার্বনেটের প্রশমনের জন্য প্রয়োজনীয় মোট অ্যাসিডের পরিমাণ জানতে পারব।

যদি 25 ml দ্রবণে x তুল্যাক কার্বনেট ও y তুল্যাক বাইকার্বনেট থাকে তবে

$$(i) \text{ ফিনলপথ্যালিন সূচকে টাইট্রেশনে প্রয়োজনীয় অ্যাসিড} = \frac{x}{2} \text{ তুল্যাক}$$

(ধরি V_1 ml $S(N)$)

(ii) ঐ দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করে দ্বিতীয় পর্যায়ে টাইট্রেশনে

$$\text{প্রয়োজনীয় অ্যাসিড} = \left(\frac{x}{2} + y\right) \text{ তুল্যাক}$$

(ধরি, V_2 ml $S(N)$)

$$\therefore \frac{V_1 S}{1000} = \frac{x}{2} ; \frac{V_2 S}{1000} = \frac{x}{2} + y$$

পদ্ধতি :

(i) পিপেটের সাহায্যে 25 ml ক্ষার দ্রবণ 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন।

(ii) ফিনলপথ্যালিন সূচক যোগ করে টাইট্রেশন করুন। ব্যুরেট থেকে অ্যাসিডের আয়তন লক্ষ্য করুন। ব্যুরেট ভালোভাবে বন্ধ রাখুন।

(iii) ঐ একই দ্রবণের মধ্যে এবার মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করে ঐ ব্যুরেট থেকেই অ্যাসিড যোগ করে টাইট্রেশন শেষ করুন। ব্যুরেটের শেষ পাঠটি লক্ষ্য করুন।

(iv) (i) থেকে (iii) পর্যন্ত ধাপগুলি পুনরাবৃত্তি করে আরও দু'বার টাইট্রেশন করুন।

ফলাফল :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	গড় আয়তন V_1			গড় আয়তন V_2		
	ফিনলপথ্যালিন		অ্যাসিডের আয়তন ml	মিথাইল অরেঞ্জ		অ্যাসিডের আয়তন ml
	ব্যুরেট পাঠ			ব্যুরেট পাঠ		
	প্রথম	শেষ		প্রথম	শেষ	
1						
2						
3						

ধরি, অ্যাসিডের শক্তি = $S(N)$

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের শক্তি = $S_1(N)$

$$\therefore 25 \times S_1 = 2V_1 \times S$$

$$\text{বা, } S_1 = \frac{2V_1 \times S}{25}(N)$$

আবার, সোডিয়াম বাইকার্বনেটের সাপেক্ষে ঐ দ্রবণের শক্তি $S_2(N)$ হ'লে

$$25 \times S_2 = (V_2 - V_1)S$$

$$\text{বা, } S_2 = \frac{(V_2 - V_1) \times S}{25}(N)$$

আগের মতোই, নিজ নিজ তুল্যাঙ্কভার দিয়ে নরম্যালিটিকে গুণ করে গ্রাম প্রতি লিটারে পরিমাণ নির্ণয় করা যাবে।

2.2.4 পরীক্ষা-4

সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের মিশ্রণের উপাদানগুলির পরিমাণ নির্ণয়।

তত্ত্ব : সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড তীব্র ক্ষার। তাই এর টাইট্রেশনে যে-কোনো সূচক ব্যবহার করা যায়। ফিনলপথ্যালিন ব্যবহার করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম কার্বনেটের মিশ্র দ্রবণের টাইট্রেশন করলে সমস্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম কার্বনেটের অর্ধপ্রশমন ঘটলে ফিনলপথ্যালিন বর্ণহীন হয়ে যাবে।

এইবার এই দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করে টাইট্রেশন চালিয়ে গেলে আমরা দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেটের যে অর্ধাংশ অপ্রশমিত ছিল তার তুল্যাক্ত পাব।

মনে করি, প্রমাণ অ্যাসিডের শক্তি = $S(N)$ 25 ml ক্ষার দ্রবণকে ফিনলপথ্যালিন দিয়ে টাইট্রেশন করতে অ্যাসিড প্রয়োজন হয় = V_1 ml

ঐ দ্রবণের মধ্যেই মিথাইল অরেঞ্জ যোগ করে প্রয়োজনীয় অ্যাসিড = V_2 ml

সুতরাং, দ্রবণে উপস্থিত সোডিয়াম কার্বনেট $\equiv 2V_2$ ml অ্যাসিড দ্রবণ

যদি সোডিয়াম কার্বনেটের শক্তি $S_2(N)$ হয়, তবে

$$25 \times S_2 = 2V_2 \times S$$

$$\text{বা, } S_2 = \frac{2V_2 \times S}{25} (N)$$

যদি দ্রবণে উপস্থিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের শক্তি $S_1(N)$ হয় তবে,

$$25 \times S_1 = (V_1 - V_2) \times S$$

$$\text{বা, } S_1 = \frac{(V_1 - V_2) \times S}{25} (N)$$

প্রত্যেক উপাদানের তুল্যাক্ততার দিয়ে তার নর্ম্যালমাত্রাকে গুণ করে গ্রাম প্রতি লিটারে শক্তি পাওয়া যাবে।

পদ্ধতি : (i) 25 ml ক্ষার মিশ্রণকে পিপেটের সাহায্যে একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিয়ে ফিনলপথ্যালিন সূচক দিয়ে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করুন। ব্যুরেটের পাঠ লক্ষ্য করুন।

(ii) এবার ঐ দ্রবণেই 2-3 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের সাহায্যে টাইট্রেশন করুন।

প্রতিবারের ব্যুরেট পাঠকে লিপিবদ্ধ করে তা থেকে দ্রবণের শক্তি নির্ণয় করুন।

(iii) পুরো প্রক্রিয়াটি 2-3 বার পুনরাবৃত্তি করুন।

ফলাফল :

$$\text{প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি} = S(N)$$

$$\text{প্রতি টাইট্রেশনে ব্যবহৃত ক্ষার দ্রবণ} = 25 \text{ ml}$$

এবার কার্বনেট-বাইকার্বনেট মিশ্রণ বিশ্লেষণের দ্বিতীয় পদ্ধতির অনুরূপ ছক তৈরি করুন।

গণনা : তত্ত্বের সঙ্গে আলোচিত হয়েছে।

2.2.5 পরীক্ষা-5

HCl ও CH₃COOH এর মিশ্রণের বিশ্লেষণ

তত্ত্ব : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তীব্র অ্যাসিড। একে তীব্র ক্ষার কস্টিক সোডার দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করলে সমাপ্তি বিন্দুর আগে পরে দ্রবণের pH4 থেকে বেড়ে 10-এর কাছে চলে যাবে। এই পরিবর্তন যে-কোনো সূচকেই ভালোভাবে বোঝা যাবে। কিন্তু অ্যাসেটিক অ্যাসিড একটি মৃদু অ্যাসিড হওয়াতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে টাইট্রেশন করার সময় সমাপ্তি বিন্দুতে pH মোটামুটি 7 থেকে বেড়ে 10-এর কাছে যাবে। এক্ষেত্রে ফিনলপথ্যালিন সূচক উপযোগী হবে।

কোনো মিশ্রণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড বর্তমান থাকলে ঐ মিশ্রণকে ফিনলপথ্যালিন সূচক ব্যবহার করে প্রমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করলে মিশ্রণে সর্বমোট অ্যাসিডের পরিমাণ জানা যাবে। এরপর ঐ মিশ্রণের আর একটি অংশ আলাদাভাবে মিথাইল অরেঞ্জ সূচকের উপস্থিতিতে টাইট্রেশন করলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ জানা যাবে। এই দু'টি ফল থেকে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করতে হবে।

মনে করি,

প্রমাণ NaOH দ্রবণের শক্তি $S(N)$ ।

25 ml অ্যাসিড মিশ্রণ $\equiv V_1$ ml NaOH দ্রবণ (ফিনলপথ্যালিন)

25 ml অ্যাসিড মিশ্রণ $\equiv V_2$ ml NaOH দ্রবণ (মিথাইল অরেঞ্জ)

আমরা জানি,

1000 ml 1N NaOH দ্রবণ $\equiv 1$ তুল্যাক অ্যাসিড

\therefore 25 ml অ্যাসিড মিশ্রণে মোট অ্যাসিড $\equiv \frac{V_1 \times S}{1000}$ তুল্যাক।

এবং 25 ml অ্যাসিড মিশ্রণে HCl $\equiv \frac{V_2 \times S}{1000}$ তুল্যাক।

\therefore 25 ml মিশ্রণে CH₃COOH $\equiv \frac{(V_2 \times V_1) \times S}{1000}$ তুল্যাক।

1000 ml বা 1 লিটারে প্রত্যেক অ্যাসিডের পরিমাণ হবে এর 40 গুণ। দ্রবণের নরমাল মাত্রাও তাই হবে।

উপকরণ : আগের টাইট্রেশনের মতো।

পদ্ধতি : (i) প্রদত্ত অ্যাসিড মিশ্রণের 25 ml পিপেটের সাহায্যে একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন। এতে 2-টেস্টটিউব জল (≈ 40 ml) ও 2-ফোঁটা ফিনলপথ্যালিন সূচক যোগ করুন।

(ii) ব্যুরেটে প্রমাণ NaOH দ্রবণ (~ 0.1 N) নিয়ে তার সাহায্যে অ্যাসিড মিশ্রণকে টাইট্রেশন করুন।

(iii) আরও দু'বার টাইট্রেশন করুন।

(iv) এবার অ্যাসিড মিশ্রণের 25 ml নিয়ে অনুরূপভাবে জল ও মিথাইল অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করে টাইট্রেশন করুন।

(v) এই টাইট্রেশনটিরও দু'বার পুনরাবৃত্তি করুন।

(vi) NaOH দ্রবণের শক্তি জানা না থাকলে কোনো প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে এর শক্তি নির্ণয় করুন।

(vii) কাজের শেষে অতি অবশ্য ব্যুরেটটিকে দু'তিনবার জল দিয়ে ঝাঁকিয়ে ধুয়ে রাখুন ও স্টপকক্টি আলগা করে নিন।

ফলাফল : পূর্ববর্তী টাইট্রেশনের অনুসরণে উপযুক্ত ছক তৈরি করুন।

গণনা : তত্ত্বের শেষ অংশ দেখুন। HCl ও CH_3COOH -এর নরমালমাত্রা নির্ণয় করুন। গ্রাম প্রতি লিটারে মান নির্ণয়ের জন্য অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার দিয়ে গুণ করতে হবে ($\text{HCl} = 36.5$; $\text{CH}_3\text{COOH} = 60$)।

একক 3 □ জারণ-বিজারণ ও জটিলমিতিক অনুমাপন (টাইট্রেশন)

গঠন

3.1 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া

3.2 জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন

3.2.1 পরীক্ষা-1 : পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সাহায্যে Fe (II) নির্ণয়।

3.2.2 পরীক্ষা-2 : পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সাহায্যে Fe (III) নির্ণয়।

3.2.3 পরীক্ষা-3 : পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সাহায্যে Fe (II) ও Fe (III) মিশ্রণ।

3.2.4 পরীক্ষা-4 : Cu (II)-র পরিমাণ নির্ণয়।

3.2.5 পরীক্ষা-5 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের শক্তি নির্ণয়।

3.2.6 পরীক্ষা-6 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে Fe (II), Fe (III) এবং Fe (II) + Fe (III) মিশ্রণের টাইট্রেশন

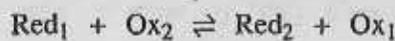
3.2.7 পরীক্ষা-7 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে Fe (II) + Mn (II) এর মিশ্রণের টাইট্রেশন

3.2.8 পরীক্ষা-8 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাহায্যে Fe (III) + Ca (II) এর মিশ্রণের টাইট্রেশন

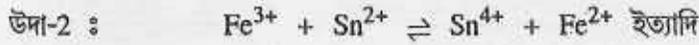
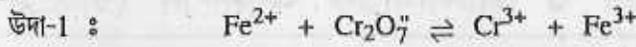
3.3 জটিলমিতিক অনুমাপন

3.1 জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া

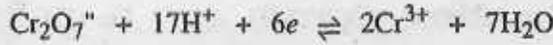
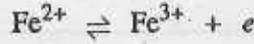
জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব আপনাদের সকলেরই জানা আছে 10.2। সাধারণভাবে, কোনো দুটি (জারক-বিজারক) যুগলের মধ্যে বিক্রিয়াকে এইভাবে লেখা যায় :



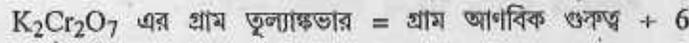
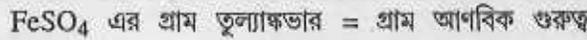
যেমন,



আমরা প্রত্যেকটি জারণ-বিজারণ যুগলের আন্তঃ-পরিবর্তনকে ইলেকট্রন বিনিময়ের মাধ্যমে সমীচীনভাবে লিখতে পারি। যেমন,



এই দুটি যুগলের সমন্বয়েই উদাহরণ 1-এর বিক্রিয়াটি ঘটেছে। প্রত্যেক যুগলের জন্য এই ধরনের সমীকরণ থেকে আমরা জারক/বিজারক দ্রব্যটির তুল্যাক্ততার হিসেব করতে পারি। উপরের উদাহরণ দুটি থেকে :



যৌগগুলিতে কেলাসজল বা অন্য কোনো পদার্থ যুক্ত থাকলে তাদেরও হিসেবে নিতে হবে, যেমন, “মোর লবণের” ক্ষেত্রে $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ । এই সংকেতের ভিত্তিতে আণবিক গুরুত্ব গণনা করা হবে।

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া আলোচনা করার সময় আমরা জারণ-বিজারণ বিভব সম্বন্ধেও আলোচনা করেছি। রীতি অনুযায়ী এই বিভবকে এখন বিজারণ বিভব (reduction potential) হিসাবে প্রকাশ করা হয় :



$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$$

25°C উষ্ণতায়

$$E = E^\circ - \frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$$

এখানে E° -কে বলা হয় প্রমাণ বিজারণ বিভব। কোনো জারক-বিজারক যুগলের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান যত বেশি হবে সেটি তত শক্তিশালী জারক হিসাবে কাজ করবে।

দ্রবণের অম্লত্ব বা pH অপরিবর্তিত হয়ে অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হলে বা জটিল যৌগ গঠনের ফলে কার্যকর বিজারণ বিভবও পরিবর্তিত হয়। এগুলি ECH 02 পর্যায় 2, একক 3-এ বিস্তারিত আলোচিত হয়েছে।

3.2 জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন

জারক বা বিজারক যে-কোনো একটি পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ ব্যবহার করে টাইট্রেশনের মাধ্যমে আমরা কোনো জারক বা বিজারকের শক্তি নির্ণয় করতে পারি। সফল টাইট্রেশনের জন্য সাধারণত জারক ও বিজারক সিস্টেমগুলির প্রমাণ বিজারণ বিভবে অন্তত 0.2V বিভবপার্থক্য থাকা দরকার। টাইট্রেশনের সময় জারক ও বিজারকের গাঢ়ত্ব পরিবর্তিত হওয়ার পাশাপাশি মাধ্যমের কার্যকর বিভবও পাল্টাতে থাকে; তুল্যাক-বিন্দু আগে-পরে এই পরিবর্তন খুব প্রকট হয়। এই সময় উপযুক্ত সূচকের বর্ণ পরিবর্তন থেকে তুল্যাক-বিন্দু নির্ণয় করা যায়। পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করার সময় এটি নিজেই সূচকের কাজ করে, তুল্যবিন্দুর পরে 1 ফোঁটা 0.1(N) দ্রবণ অতিরিক্ত হলেই সমস্ত দ্রবণে এক হালকা গোলাপী রঙ সঞ্চার হয়।

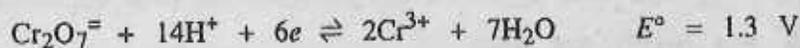
জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার বিভব যেখানে pH-এর উপর নির্ভর করে, সেক্ষেত্রে টাইট্রেশনের সময় দ্রবণের pH যথাযথ বজায় রাখা একান্ত দরকার। বিজারণ-বিভবের উপর pH-এর প্রভাব আলোচনা করতে গিয়ে আমরা দেখেছি (10.2) H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব 1 gm L^{-1} হলে অর্থাৎ 1(N) অ্যাসিড দ্রবণে বিজারণ বিভবের উপর pH-এর কোনো প্রভাব পড়ে না ($\log 1 = 0$)। তাই পারম্যাঙ্গানেট, ডাইক্রোমেট ইত্যাদি ব্যবহার করে যে টাইট্রেশনগুলি অম্ল মাধ্যমে করতে হয় তাতে শুরুতে দ্রবণটি প্রায় 2(N) অম্লে রাখা হয়, যেন টাইট্রেশনের শেষে আয়তন বেড়ে গিয়েও অন্তত 1(N) এর উপরে থাকে।

এখন আমরা কয়েকটি জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন হাতে-কলমে করব।

3.2.1 পরীক্ষা-1 : পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের N 20 শক্তির মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ তৈরি এবং তাল সাহায্যে Fe(II) এর পরিমাণ নির্ণয়।

নীতি : পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের তুল্যাকভার 49। 500 ml 0.05 (N) দ্রবণের জন্য 1.225 g ডাইক্রোমেট নিতে হবে।

অ্যাসিড মাধ্যমে ডাইক্রোমেট Fe(II) কে জারিত করে :



টাইট্রেশনের অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণে Fe(III)-এর পরিমাণ বাড়াতে থাকে ও Fe(III)-Fe(II) যুগলের কার্যকর বিভব বেড়ে যায়। তাই দ্রবণে Fe(III) এর গাঢ়ত্ব কমানোর জন্য অ্যামোনিয়াম বাইক্রোরাইট (অথবা ফসফরিক অ্যাসিড) যোগ করা হয়, এটি Fe(III) এর সঙ্গে FeF_6^{3-} বা অনুরূপ স্থায়ী জটিল আয়ন গঠন করে।

এই অবস্থায় টাইট্রেশনটি বেরিয়াম ডাইফিনাইল অ্যামিন সালফেটের সূচকের উপস্থিতিতে সম্পন্ন করা যায়। তুল্যাকবিন্দুর পরে সূচকটি জারিত হয়ে দ্রবণটিতে বেগুনী রঙ সঞ্চার করে।

$$1000 \text{ cm}^3 \text{ 1(N) } K_2Cr_2O_7 \equiv 56 \text{ g Fe(II)}$$

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য ও সরঞ্জাম :

টাইট্রেশনের ব্যবস্থা, পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের প্রমাণ দ্রবণ তৈরির উপকরণ, 0.05 (N) মোর লবণের দ্রবণ, অ্যামোনিয়াম বাইক্লোরাইড (কঠিন), বেরিয়াম ডাইফিনাইল অ্যামিন সালফোনেট।

পদ্ধতি :

(i) 1.225 g-এর কাছাকাছি ওজনের পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট সঠিকভাবে মেপে 500 ml আয়তন ফ্লাস্কে একটি প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করুন।

(ii) মোর লবণের ($FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$) তুল্যাকভার ও সংকেত ওজন সমান, অর্থাৎ 392। 1 লিটার $\left(\frac{N}{20}\right)$ মাত্রার দ্রবণ তৈরি করার জন্য মোটামুটি 20 গ্রাম মোর লবণ সাধারণভাবে মেপে 500 ml 8-9 (N) সালফিউরিক অ্যাসিডে দিন। একটি 1 লিটার বীকারে 390 ml মতো জল (মাপনী চোঙে মেপে নিয়ে তাতে ধীরে ধীরে 110 ml গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (মাপনী চোঙ) যোগ করলে 8(N) সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরি হবে। এই গরম অ্যাসিড মোর লবণ যোগ করে নাড়লে দ্রবণ তৈরি করা সহজ হবে, প্রয়োজনে সামান্য গরম করতে হবে।

এইবার এই দ্রবণে 500 ml ঠাণ্ডা জল যোগ করলে 1 লিটার $\left(\frac{N}{20}\right)$ মোর লবণের দ্রবণ তৈরি হবে, দ্রবণের অম্লত্ব হবে $\sim 4N$ ।

(iii) একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে পিপেটের সাহায্যে সঠিক 25 ml মোর লবণের দ্রবণ নিন। এতে টেস্টটিউবের সাহায্যে 40 ml মতো (2 টেস্টটিউবে) জল মেশান।

(iv) দ্রবণে 1g মতো কঠিন অ্যামোনিয়াম বাই-ক্লোরাইড ও 3-4 ফোঁটা বেরিয়াম ডাই-ফিনাইল অ্যামিন সালফোনেট, সূচক (BDS) যোগ করুন।

(v) ব্যুরেট থেকে পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করুন। দ্রবণের রঙ ক্রমশ হালকা সবুজ হতে থাকবে (Cr^{3+} আয়নের জন্য)—তুল্যাক বিন্দুর কাছাকাছি এসে ডাইক্রোমেট দ্রবণের ফোঁটা পড়ামাত্র স্থানীয় বেগুনী রঙ হবে কিন্তু নাড়ানোর পরে তা চলে যাবে। এইসময় খুব সাবধানে ফোঁটা ফোঁটা করে ডাইক্রোমেট দ্রবণ যোগ করে টাইট্রেশন শেষ করতে হবে। তখন 1 ফোঁটা ডাইক্রোমেট দ্রবণ যোগ করে নাড়লে সমস্ত দ্রবণটিতে হালকা বেগুনী রঙ স্থায়ী হবে।

(vi) আরও দু'বার একইভাবে টাইট্রেশন করুন। টাইট্রারের মানগুলি 0.2 ml-র বেশি পার্থক্য থাকলে চলবে না।

ফলাফল :

1. পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি।

যথাযথ ওজনের ছক তৈরি করে গৃহীত ওজন লিপিবদ্ধ করুন।

500 ml দ্রবণের জন্য গৃহীত $K_2Cr_2O_7$ -এর ওজন ω g হলে দ্রবণের শক্তি

$$\frac{\omega}{1.225} \left(\frac{N}{20} \right) \text{ বা, } \frac{\omega}{24.5} (N)$$

2. Fe(II) দ্রবণের টাইট্রেশন।

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	Fe(II) দ্রবণের আয়তন (ml)	বুরেট পাঠ (ml)			$K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের গড় আয়তন (ml)
		প্রথম	শেষ	পার্থক্য	
1	25				V (ধরি)
2	25				
3	25				

গণনা :

ধরি, পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের শক্তি = S (N)

ঐ দ্রবণের গড় আয়তন = V ml

\therefore 25 ml দ্রবণে Fe(II)-র পরিমাণ = $V \times S \times 0.056$ g

\therefore প্রতি লিটার দ্রবণে Fe(II) = $V \times S \times 0.056 \times 40$ g

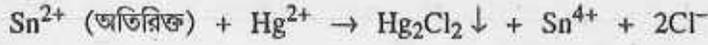
প্রতি লিটারে মোর লবণের পরিমাণ = $V \times S \times 0.392 \times 40$ g

3.2.2 পরীক্ষা-2 : পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে Fe(III)-র পরিমাণ নির্ণয়।

নীতি : ফেরিক লবণ বা Fe(III) যুক্ত কোনো দ্রবণকে ফেরাস স্তরে অর্থাৎ Fe(II)-তে বিজারিত করে পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সাহায্যে টাইট্রেশন করা যায়।

টাইট্রেশনের বিক্রিয়া ও পদ্ধতি পরীক্ষা-1-এর অনুরূপ।

বিজারণের জন্য 60-70°C উষ্ণতায় 6(N) HCl মাধ্যমে স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণ ব্যবহার করা যায়। অতিরিক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে থেকে গেলে তা পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটকে বিজারিত করবে। তাই মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করে অতিরিক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে স্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিণত করা হয়; এইসঙ্গে যে মারকিউরাস ক্লোরাইড তৈরি হয় তা অদ্রব্য অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে, ফলে তা আর পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।



মারকারি লবণ থেকে জলদূষণ কমানোর লক্ষ্যে বর্তমানে ফেরিক লবণকে HCl মাধ্যমে অ্যালুমিনিয়াম পাতের কুচি দিয়ে গরম করে (জায়মান H) বিজারণ সম্পন্ন করা হয়।

প্রয়োজনীয় উপকরণ :

টাইট্রেশনের যন্ত্রপাতি, ফেরিক লবণের দ্রবণ, প্রমাণ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ, অ্যালুমিনিয়াম পাত, অ্যামোনিয়াম বাইক্লোরাইড, সূচক।

পদ্ধতি :

1. পিপেটের সাহায্যে 25 ml ফেরিক লবণের দ্রবণ একটি 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে লিন।

2. দ্রবণে 25 ml গাঢ় HCl যোগ করে অল্প গরম করুন। (কনিকাল ফ্লাস্কটি খালি হাতে ছোঁয়া যাবে কিন্তু ধরে থাকা যাবে না। বেশি উষ্ণতায় ফেরিক ক্লোরাইড বাষ্পায়িত হতে পারে। এই অবস্থায় দ্রবণে কুচি করে কাটা অ্যালুমিনিয়াম পাত যোগ করে নাড়ান। যতক্ষণ না ফেরিক দ্রবণ সম্পূর্ণ বর্ণহীন হয় ততক্ষণ এইভাবে অ্যালুমিনিয়াম পাতের কুচি যোগ করুন। প্রয়োজনে ফ্লাস্কটি একটু গরম করতে হতে পারে।

3. ফ্লাস্কের দ্রবণের মধ্যে 125-130 ml মতো ঠাণ্ডা জল যোগ করুন। অ্যামোনিয়াম বাইক্লোরাইড (lg) ও 4 ফোঁটা বেরিয়াম ডাইফিনাইল অ্যামিন সালফেটের (BDS) সূচক যোগ করে পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন সম্পন্ন করুন।

4. আরও দুবার পুনরাবৃত্তি করুন।

ফলাফল : পরীক্ষা-1-এর অনুসরণে টাইট্রেশনের ফল লিখুন। V ml S(N) পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ প্রয়োজন হলে :

$$25 \text{ ml দ্রবণে Fe(III)-র পরিমাণ} = V \times S \times 0.056 \text{ g}$$

$$1000 \text{ ml দ্রবণে Fe(III)-র পরিমাণ} = V \times S \times 0.056 \times 40 \text{ g}$$

Fe_2O_3 , $FeCl_3$ বা ফেরিক অ্যালাম ইত্যাদি হিসাবে ফল প্রকাশ করতে হলে 0.056-এর বদলে যথাযথ তুল্যাক্তার ব্যবহার করতে হবে।

$$FeO_3\text{-র তুল্যাক্তার} = 80$$

$$FeCl_3\text{-র তুল্যাক্তার} = 162.5$$

$$(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe(SO_4)_3 \cdot 24H_2O\text{-র তুল্যাক্তার} = 410$$

3.2.3 পরীক্ষা-3 পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সাহায্যে $Fe(II)$ ও $Fe(III)$ -র মিশ্র দ্রবণের টাইট্রেশন।

নীতি : 1. $Fe(II)$ -কে সরাসরি প্রমাণ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সঙ্গে টাইট্রেশন করা যাবে।

2. মিশ্রণের আর একটি অংশে $Fe(III)$ -কে $Fe(II)$ -তে বিজারিত করার পর টাইট্রেশন করলে মিশ্রণে মোট আয়রন কত তা জানা যাবে। এইবার প্রথম টাইট্রেশনের ফল থেকে $Fe(III)$ -র পরিমাণ নির্ণয় করা যাবে।

ফলাফল : পরীক্ষা-1-এর অনুসরণে টাইট্রেশনের ফল লিখুন V ml $S(N)$ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ প্রয়োজন হলে :

$$25 \text{ ml দ্রবণে } Fe(III)\text{-র পরিমাণ} = V \times S \times 0.056 \text{ g}$$

$$1000 \text{ ml দ্রবণে } Fe(III)\text{-র পরিমাণ} = V \times S \times 0.056 \times 40 \text{ g}$$

Fe_2O_3 , $FeCl_3$ বা ফেরিক অ্যালাম ইত্যাদি হিসাবে ফল প্রকাশ করতে হলে 0.056-এর বদলে যথাযথ তুল্যাক্তার ব্যবহার করতে হবে।

$$Fe_2O_3\text{-র তুল্যাক্তার} = 80$$

$$FeCl_3\text{-র তুল্যাক্তার} = 162.5$$

$$(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe(SO_4)_3 \cdot 24H_2O\text{-র তুল্যাক্তার} = 410$$

পরীক্ষা-3 $Fe(II)$ ও $Fe(III)$ -র মিশ্র দ্রবণের টাইট্রেশন।

নীতি : 1. $Fe(II)$ -কে সরাসরি প্রমাণ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের সঙ্গে টাইট্রেশন করা যাবে।

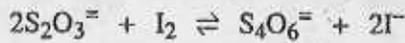
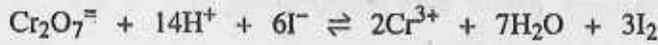
2. মিশ্রণের আর একটি অংশে $Fe(III)$ -কে $Fe(II)$ -তে বিজারিত করার পর টাইট্রেশন করলে মিশ্রণে মোট আয়রন কত তা জানা যাবে। এইবার প্রথম টাইট্রেশনের ফল থেকে $Fe(III)$ -র পরিমাণ নির্ণয় করা যাবে।

ফলাফল : পরীক্ষা-1 ও 2-এর অনুসরণে তৈরি করুন।

3.2.4. পরীক্ষা-4 : প্রমাণ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের সাহায্যে কপার (II)-র পরিমাণ নির্ণয় (আয়োডোমিতি)।

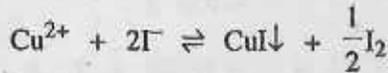
নীতি : আয়োডোমিতি বলতে অন্য জারক পদার্থের ক্রিয়ায় মুক্ত আয়োডিনের টাইট্রেশন করে পরিমাণ নির্ণয় বোঝায়। সোডিয়াম থায়োসালফেটের গৌণ প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে আয়োডিনকে টাইট্রেশন করা হয়, সূচক হিসাবে স্টার্চ ব্যবহার করা হয়।

সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের শক্তি নির্ণয় করার জন্য পটাশিয়াম ডাইক্রোমেটের মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ থেকে মুক্ত আয়োডিনের টাইট্রেশন করা হয়। বিক্রিয়াগুলি হল :



প্রথম বিক্রিয়াটি 2(N) অ্যাসিড মাধ্যমে ঘটানো হয়। দ্বিতীয় বিক্রিয়াটিতে অ্যাসিডের মাত্রা 0.5(N) এর কম রাখা হয়, নইলে থায়োসালফেটে ভেঙে যাবে।

এইবার অজানা শক্তির কপার (II) দ্রবণের মধ্যে KI যোগ করে মুক্ত আয়োডিনকে ঐ থায়োসালফেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করলে কপার (II)-র পরিমাণ জানা যাবে।



এখানে লক্ষ্য করার বিষয়, $\text{Cu}^{2+} - \text{Cu}^+$ বিজারণ বিভব $\text{I}_2 - \text{I}^-$ বিজারণ বিভবের চেয়ে কম। কিন্তু কিউপ্রাস আয়োডাইড অদ্রব্য বলে অধঃক্ষিপ্ত হবে ও ফলে দ্রবণে Cu^+ আয়নের গাঢ়তা অনেক কমে গিয়ে কার্যকর বিভব বেড়ে যাবে (10.)।

পটাশিয়াম আয়োডাইড বায়ুর অক্সিজেনে কিছুটা জারিত হয়, Cu^{2+} (বা অন্য সক্ষিগত ধাতুর আয়ন) অজৈব অ্যাসিড মাধ্যমে এই জারণ খুব বাড়িয়ে দেয়। তাই Cu(II) থেকে আয়োডিন মুক্ত করার সময় দ্রবণটি অ্যাসেটিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়াম রাইফ্লোরাইড যোগে মৃদু আম্লিক (PH ~ 3) রাখা হয়।

$$1000 \text{ ml } 1(\text{N}) \text{ S}_2\text{S}_3^{2-} \equiv 63.5 \text{ g Cu(II)}$$

প্রয়োজনীয় উপকরণ : টাইট্রেশনের ব্যবস্থা, সংশ্লিষ্ট সব রাসায়নিক দ্রব্য, স্টার্চ।

পদ্ধতি :

1. সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের শক্তি নির্ণয়।

(i) সোডিয়াম থায়োসালফেটের একটি $\frac{\text{N}}{20}$ দ্রবণ তৈরি করুন। এর তুল্যাকতার = আণবিক গুরুত্ব
= 248.2 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)।

(ii) পিপেট দিয়ে 25 ml প্রমাণ $\left(\frac{N}{20}\right)$ ডাইক্রোমেট দ্রবণ একটি 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন।

25 ml (মাপনী চোঙে) 4(N) H_2SO_4 দিন। 1 গ্রাম বা 10 ml 10% KI দ্রবণ যোগ করে কনিকাল ফ্লাস্কটির মুখে একটি ছোট ওয়াচ গ্লাস ঢাকা দিন। কনিকালটি 5 মিনিট অন্ধকারে রেখে ইত্যবসরে ব্যুরেটে থায়োসালফেট দ্রবণ ভরে নিন।

(iii) কনিকাল ফ্লাস্কটি অন্ধকার থেকে বের করে ওর ভিতরের গা জল দিয়ে ধুয়ে দিন ও মোটামুটি 150 ml জল যোগ করুন। ব্যুরেট থেকে ধীরে ধীরে থায়োসালফেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করতে থাকুন। যখন আয়োডিনের রঙ লালচে বাদামী থেকে হালকা হতে হতে খড়ের মতো হলুদ বা খাকী হবে তখন এতে 1-2 ml স্টার্চ-দ্রবণ যোগ করুন।

(গরম জলে স্টার্চের লেই যোগ করে এটা আগেই তৈরি করে রাখতে হবে।)

এখন ব্যুরেট থেকে আরও থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করে স্টার্চ-আয়োডিনের নীল রঙ চলে যাওয়া পর্যন্ত টাইট্রেশন করুন।

(iv) তিনবার পুনরাবৃত্তি করুন।

2. কপার (II) দ্রবণের টাইট্রেশন

(i) 25 ml কপার দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে কনিকাল ফ্লাস্কে নিন। ধীরে ধীরে 1 : 1 অ্যামোনিয়া দ্রবণ (অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) যোগ করে নাড়তে থাকুন, যতক্ষণ হালকা সাদা অস্বচ্ছতা না আসে। এই অবস্থায় এতে 5 ml গ্লিসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও 10 ml 10% KI দ্রবণ যোগ করুন।

(ii) ব্যুরেটে থায়োসালফেট দ্রবণ ভর্তি করে আগেই তৈরি রাখবেন। KI যোগ করার পর দেরি না করে মুক্ত আয়োডিন টাইট্রেশন করুন—দ্রবণ খাকী রঙ হয়ে এলে স্টার্চ যোগ করে টাইট্রেশন সমাপ্ত করুন।

তুল্যাক্ষ বিন্দুতে স্টার্চ আয়োডিনের গাঢ় নীল রঙের আভা সম্পূর্ণ চলে যাবে। ফ্লাস্কে কিউপ্রাস আয়োডাইডের ঘোলাটে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে থাকবে।

(iii) টাইট্রেশনটি তিনবার পুনরাবৃত্তি করুন।

(iv) কিউপ্রাস আয়োডাইড অধঃক্ষেপের গায়ে সামান্য আয়োডিন শোষিত হয়ে থাকতে পারে। এইসময় দ্রবণে 1 গ্রাম কঠিন অ্যামোনিয়াম থায়োসায়নেট যোগ করলে তা কিউপ্রাস আয়োডাইডের গায়ে শোষিত হবে এবং শোষিত আয়োডিন (যদি থাকে) মুক্ত হয় দ্রবণে আবার নীল আভা সঞ্চার করবে। আরও 2-1 ফোঁটা থায়োসালফেট দ্রবণ যোগ করে এই নীল রঙ চলে গেলে ব্যুরেটের অন্তিম পাঠ নিতে হবে।

ফলাফল :

1. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণের টাইট্রেশন

পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের শক্তি = (N)

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ দ্রবণের আয়তন (ml)	ব্যুরেট পাঠ (ml)			থায়োসালফেটের গড় আয়তন (ml)
		প্রথম	শেষ	অন্তর	
1	25				
2	25				
3	25				

2. Cu(II) দ্রবণের টাইট্রেশন

সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের শক্তি = (N)

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	Cu (II) দ্রবণের আয়তন (ml)	ব্যুরেট পাঠ (ml)			থায়োসালফেট দ্রবণের গড় আয়তন (ml)
		প্রথম	শেষ	অন্তর	
1	25				
2	25				
3	25				

গণনা :

ধরি, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ দ্রবণের শক্তি = $S_1(N)$

প্রথম টাইট্রেশনে ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ এর সঙ্গে) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

দ্রবণের গড় আয়তন = V_1 ml

$$\therefore \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ দ্রবণের শক্তি} = \frac{25 \times S_1}{V_1} (N) = S \text{ ধরি}$$

আবার ধরি,

Cu(II) টাইট্রেশনে $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণের গড় আয়তন = V_2 ml

$$\therefore \text{Cu(II) দ্রবণের শক্তি} = \frac{V_2 \times S}{25} (N) = S_2 \text{ ধরি।}$$

$$\therefore 25 \text{ ml দ্রবণে Cu(II)-র পরিমাণ} = \frac{S_2 \times 63.5}{1000} \text{ g}$$

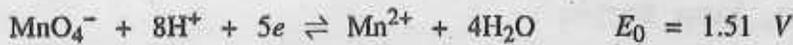
$$\begin{aligned} 1000 \text{ ml দ্রবণে Cu(II)-র পরিমাণ} &= \frac{S_2 \times 63.5 \times 40}{1000} \text{ g} \\ &= \frac{V_2 \times S \times 63.5 \times 40}{25 \times 1000} \text{ g} \end{aligned}$$

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ হিসাবে নির্ণয় করতে হলে 63.5 এর বদলে 249.5 দিয়ে গুণ করতে হবে।

(এখানে Cu-এর তুল্যাক্তার = 63.5 এবং $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -র তুল্যাক্তার = 249.5। কারণ সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া কপারের জারণ সংখ্যা +2 থেকে +1-এ অর্থাৎ 1-একক পরিবর্তন হয়েছে।)

3.2.5 পরীক্ষা-5 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের শক্তি নির্ণয়।

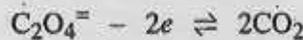
নীতি : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট একটি তীব্র জারক, আঙ্গিক মাধ্যমে এটি Mn(II) লবণে বিজারিত হয় :



উপরের সমীকরণ থেকে KMnO_4 এর তুল্যাক্তার এর সংকেত ওজনের 1/5 অংশ অর্থাৎ 158 + 5 বা 31.6।

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট তীব্র জারক হওয়াতে ধূলা, গ্রীজ সব কিছুর সংস্পর্শই কিছু না কিছু বিক্রিয়া করে MnO_2 তৈরি করে, ফলে এর মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করা যায় না। এই দ্রবণের স্থায়িত্বও বেশিদিন হয় না, তাই কাজ করার সময় এই দ্রবণকে অঙ্গালিক অ্যাসিডের (বা সোডিয়াম অঙ্গালেটের) মুখ্য প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করে শক্তি নির্ণয় করতে হয়।

অঙ্গালিক অ্যাসিড কেলাসের সংকেত $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ । এটি আঙ্গিক মাধ্যমে পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় :



সমীকরণ থেকে অঙ্গালিক অ্যাসিডের তুল্যাক্তার এর আণবিক ওজনের অর্ধেক বা 126 + 2 = 63

500 ml $\left(\frac{N}{20}\right)$ দ্রবণ তৈরির জন্য 1.575 g অঙ্গালিক অ্যাসিডের কেলাস নিতে হবে।

পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ঘটিত টাইট্রেশনে সরাসরি HCl মাধ্যম ব্যবহার করা যায় না, কারণ পারম্যাঙ্গানেট ক্লোরাইডকে ক্লোরিনে জারিত করে ($E^\circ = 1.36 \text{ V}$)। তাই লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়।

সাধারণ উষ্ণতায় পারম্যাঙ্গানেট ও অক্সালিক অ্যাসিড খুব ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে তাই টাইট্রেশনটি $60^{\circ}-70^{\circ}\text{C}$ উষ্ণতায় নিষ্পন্ন করা হয়।

পদ্ধতি : KMnO_4 দ্রবণ পদ্ধতি $\left(\frac{N}{20}\right)$

মোটামুটি 1.6 g KMnO_4 একটি কাচের বীকারে 500 ml জল দিয়ে নাড়ুন। দ্রবণ তৈরি হলে দ্রবণটি 15-20 মিনিট ফুটিয়ে ঠাণ্ডা করুন। এবার এতে 500 ml জল মিশিয়ে থ্রাস-উলের সাহায্যে ছেকে নিন। (ফিল্টার কাগজের সেলুলোজ-তন্তু পারম্যাঙ্গানেটকে বিয়োজিত করে)।

2. অক্সালিক অ্যাসিডের মুখ্য প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধ শুকনো অক্সালিক অ্যাসিডের কেলাস সূক্ষ্মভাবে 0.8 g এর কাছাকাছি ওজন করে 250 ml আয়তন ফ্লাস্কে একটি প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করুন। গৃহীত ওজন ω g হলে দ্রবণের শক্তি

$$\frac{\omega}{0.7875} \left(\frac{N}{20}\right) \text{ বা } \frac{\omega}{15.75} (N)$$

[আয়তন ফ্লাস্কে সম্পূর্ণ জল যোগ করার আগে অক্সালিক অ্যাসিডের দানাগুলি সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হয়েছে কিনা ভালো করে লক্ষ্য করুন।]

3. KMnO_4 দ্রবণের টাইট্রেশন :

(i) পিপেটের সাহায্যে 25 ml অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণকে একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন। এতে মোটামুটি 100 ml 2(N) H_2SO_4 যোগ করুন।

ফ্লাস্কটি $60^{\circ}-70^{\circ}\text{C}$ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করুন। (ফ্লাস্কের গায়ে হাত ঠেকানো যাবে কিন্তু ধরে রাখা যাবে না।)

(ii) এই অবসরে ব্যুরেটটি KMnO_4 দ্রবণে পূর্ণ করে '0' দাগে স্থির করুন। KMnO_4 দ্রবণ খুব গাঢ় রঙের হওয়াতে ব্যুরেট পাঠে এর উপরিতলকে নির্দিষ্ট করা হয়।

(iii) কনিকাল ফ্লাস্কটি গরম অবস্থায় KMnO_4 দ্রবণের সাহায্যে অক্সালিক অ্যাসিডের টাইট্রেশন সম্পন্ন করুন। তুল্যাক বিন্দুর পরে 1 ফোঁটা KMnO_4 দ্রবণ যোগ করলে প্রায় 30 সেকেন্ড স্থায়ী হালকা গোলাপী রঙ দেখা যাবে।

(অন্য একটি কনিকালে 150 ml মতো জল নিয়ে 1 ফোঁটা KMnO_2 দ্রবণ যোগ করে রঙের প্রকৃতি বুঝে নিন।

(iv) তিনবার টাইট্রেশন করুন।

ফলাফল : 1. যথাযথ টেবিলে অক্সালিক অ্যাসিডের ওজন ও টাইট্রেশনের ফলাফল লিপিবদ্ধ করুন।

গণনা :

ধরি, অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি = S (N)।

25 ml অক্সালিক অ্যাসিডের জন্য প্রয়োজনীয় KMnO_4 দ্রবণের আয়তন = V ml

$$\therefore \text{KMnO}_4 \text{ দ্রবণের শক্তি} = \frac{25 \times S}{V} (N)$$

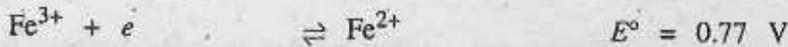
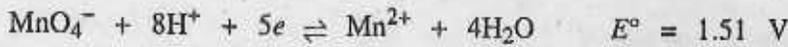
সতর্কতা : (i) গরম করার সময় অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণটি যেন ফুটতে শুরু না করে—এতে কিছু অক্সালিক অ্যাসিড বিয়োজিত হতে পারে।

দ্রবণের উষ্ণতা $60^\circ\text{--}70^\circ\text{C}$ -এ রেখেই টাইট্রেশন শেষ করা উচিত কারণ এক জায়গায় বেশি KMnO_4 দ্রবণ যুক্ত হয়ে $[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ জটিল আয়ন গঠন করতে পারে, যা 60°C উষ্ণতায় বিয়োজিত হয়ে যায়।

(ii) KMnO_4 দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করলে টাইট্রেশনের পরেই ব্যুরেটটি খালি করে একাধিকবার জল দিয়ে ধুয়ে রাখতে হবে—না হলে স্টপককের গায়ে ব্যুরেটের সরু মুখে MnO_2 -র খয়েরী আস্তরণ পড়ে যায়।

3.2.6. পরীক্ষা-6 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে Fe(II) , Fe(III) এবং Fe(III) ও Fe(III) মিশ্রণের টাইট্রেশন।

নীতি : আম্লিক মাধ্যমে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ Fe(II) -কে জারিত করে :



পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের নিজস্ব রঙ থেকেই বিক্রিয়ার তুল্যাক-বিন্দু বোঝা যায়। ফসফরিক অ্যাসিড বা অ্যামোনিয়াম বাইফ্লুরাইড যোগ করে দ্রবণে Fe^{3+} আয়নের গাঢ়তা কমিয়ে রাখা হয়।

পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ ক্রোরাইড আয়নকে জারিত করে, কাজেই ক্রোরাইড আয়নের উপস্থিতিতে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করলে জটিলতা সৃষ্টি হয়। Fe(II) -কে FeSO_4 হিসাবে লঘু H_2SO_4 মাধ্যমে সহজেই টাইট্রেশন করা যায় কিন্তু Fe(III) লবণকে আমরা সাধারণত গাঢ় HCl মাধ্যমে SnCl_2 বা অ্যালুমিনিয়াম পাত দিয়ে বিজারণ করি। সেক্ষেত্রে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করার আগে দ্রবণে জিয়ারম্যান রাইনহার্ট দ্রবণ (Zimmerman-Reinhardt দ্রবণ বা শুধু রাইনহার্ট দ্রবণ; Z-R দ্রবণ) যোগ করতে হয়।

Z-R দ্রবণে ম্যাঙ্গানাস সালফেট সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফসফরিক অ্যাসিড থাকে। ম্যাঙ্গানাস আয়নের (Mn^{2+}) উপস্থিতি $\text{MnO}_4^- - \text{Mn}^{2+}$ যুগলের কার্যকর বিভব 1.3 volt-এর নীচে নামিয়ে দেয়, তখন

আর ক্লোরাইড আয়ন জারিত হওয়ার আশঙ্কা থাকে না। ফসফরিক অ্যাসিড Fe^{3+} আয়নের গাঢ়ত্ব কমিয়ে রাখে, ফলে Fe^{2+} সহজে জারিত হয়। তাছাড়া বর্ণহীন $Fe(HPO_4)^+$ আয়ন গঠন করার ফলে Fe^{3+} আয়নের বাদামী রঙ কোনো অসুবিধা সৃষ্টি করে না।

$$1000 \text{ ml } 1(N) \text{ KMnO}_4 \equiv 55.85 \text{ g Fe.}$$

পদ্ধতি :

1. Fe(II)-র টাইট্রেশন :

(i) পিপেটের সাহায্যে $25 \text{ ml } \left(\frac{N}{20}\right)$ মাত্রার মোর লবণের দ্রবণ একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন।

(ii) মোর লবণের দ্রবণটি $4(N) \text{ H}_2\text{SO}_4$ মাধ্যমে থাকলে দ্রবণে আরও 25 ml (টেস্টটিউবে মেপে) মতো জল মেশান।

(iii) এবার এতে 5 ml সিরাপী ফসফরিক অ্যাসিড যোগ করে ব্যুরেট থেকে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করুন। সমাপ্তিক্ষণে এক ফোঁটা পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণেই সমস্ত কনিকাল ফ্লাস্কে প্রায় 30 সেকেন্ড স্থায়ী হালকা গোলাপী রঙ সঞ্চারিত হবে।

ফল : যথাযথ টেবিল করে টাইট্রেশনের ফল লিপিবদ্ধ করুন।

$$1000 \text{ ml } 1 (N) \text{ KMnO}_4 \equiv 56 \text{ g Fe(II)}$$

$$\equiv 392 \text{ g মোর লবণ}$$

2. Fe (III)-র টাইট্রেশন :

(i) পিপেট দিয়ে 25 ml Fe(III) দ্রবণ (ফেরিক ক্লোরাইড বা ফেরিক অ্যালাম) 500 ml একটি কনিকাল ফ্লাস্কে নিন।

(ii) 25 ml (টেস্টটিউবে মেপে) গাঢ় HCl যোগ করুন। দ্রবণ গাঢ় বাদামী রঙ ধারণ করবে।

(iii) দ্রবণটি $60^\circ-70^\circ\text{C}$ উষ্ণতায় গরম করে ফোঁটা ফোঁটা স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণ যোগে বিজারিত করুন—দ্রবণ সম্পূর্ণ বর্ণহীন হবার পর 1 ফোঁটা SnCl_2 দ্রবণ অতিরিক্ত যোগ করুন।

(iv) দ্রবণটি ঠাণ্ডা করে এতে 10 ml (টেস্টটিউব) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ একবারে ঢেলে দিন ও কনিকাল ফ্লাস্কে নাড়িয়ে সবটা মিশিয়ে দিন। এবার এতে 150 ml মতো (সিলিগারে মেপে) জল দিন। (দ্রবণে একটা হালকা সাদা ঘোলাটে ভাব থাকবে (Hg_2Cl_2 এর জন্য) কিন্তু দইয়ের মতো তকথকে বা কালচে ধূসর অধঃক্ষেপ হলে বুঝতে হবে SnCl_2 দ্রবণ খুব বেশি যোগ করা হয়েছে। তখন নতুন করে পুনরাবৃত্তি করতে হবে।)

এই দ্রবণে 1 টেস্টটিউব (20 ml) Z-R দ্রবণ* যোগ করে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করুন।

ফলাফল :

যথাযথ ছক করে টাইট্রেশনের ফল লিখুন।

$$1000 \text{ ml (N) KMnO}_4 \equiv 56 \text{ g Fe}$$

3. Fe(II) ও Fe(III)-মিশ্রণের টাইট্রেশন : (i) Fe(II)-র টাইট্রেশন :

একটি 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে পিপেট দিয়ে 25 ml মিশ্র দ্রবণ নিন। এতে 100 ml 2N সালফিউরিক অ্যাসিড ও 20 ml Z-R দ্রবণ যোগ করে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করুন (তিনবার)।

যদি মিশ্র দ্রবণে ক্লোরাইড আয়ন না থাকে তবে শুধু 5 ml ফসফরিক অ্যাসিড যোগ করলেই হবে। Z-R দ্রবণ লাগবে না। কিন্তু ফেরাস সালফেট ও ফেরিক ক্লোরাইড মিশিয়ে দ্রবণ তৈরি করলে Z-R দ্রবণ লাগবে।

যথাযথ ছক করে টাইট্রেশনের ফল লিখুন। এই টাইট্রেশন থেকে মিশ্রণে Fe(II)-র পরিমাণ জানা যাবে (25 ml-এ)।

(ii) Fe(II) ও Fe(III)-র মিলিত টাইট্রেশন :

পিপেট দিয়ে মিশ্রণের 25 ml একটি 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন। 20 ml (1 টেস্টটিউব) গাঢ় HCl দিয়ে মৃদু গরম-করুন (60°C) ও ফোঁটা ফোঁটা করে SnCl₂ দ্রবণ যোগ করে বিজারণ করুন। এরপর দ্রবণটি ভালোভাবে ঠাণ্ডা করে 10 ml মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ও 150 ml জল মেশান।

এবার 20 ml Z-R দ্রবণ যোগ করে পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে টাইট্রেশন করুন।

এই টাইট্রেশন থেকে 25 ml মিশ্রণে মোট আয়রন (Fe^{II} + Fe^{III}) জানা যাবে।

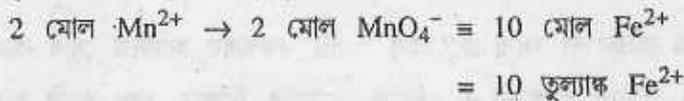
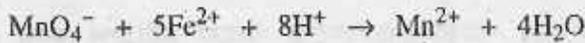
3.2.7 পরীক্ষা-7 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে Fe(III) ও Mn(II) এর মিশ্রণের টাইট্রেশন :

নীতি : Fe(III) ও Mn(II)-এর মিশ্র দ্রবণে Fe(III)-কে যথারীতি Fe(II)-তে বিজারিত করে পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাহায্যে টাইট্রেশন করা যায়।

* [250 ml জলে 50 g MnSO₄·4H₂O-র দ্রবণ করুন। 300 ml জলে 100 ml গাঢ় H₂SO₄ মেশান। দুটি দ্রবণ মিশিয়ে তাতে 100 ml ঘন ফসফরিক অ্যাসিড যোগ করুন।

আবার, মিশ্রণে উপস্থিত সমস্ত Mn(II)-কে সোডিয়াম-বিসমাথেট দিয়ে সহজেই Mn(VII) অর্থাৎ পারম্যাঙ্গানেটে জারিত করা যায়। এই উৎপন্ন পারম্যাঙ্গানেটকে জ্বাতশক্তির মোর লবণের দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণে যোগ করে বিজারিত করা হয়। অবশিষ্ট মোর লবণকে প্রমাণ পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করা যায় (back-titration)।

সোডিয়াম বিসমাথেট দিয়ে জারণ করার পরে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণটি অতিরিক্ত বিসমাথেট থেকে ফিল্টার করে আলাদা করতে হয়। এই ফিল্টারে গুচ্ বা সিভার্ড গ্লাস ক্রুসিবল ও অ্যাসবেস্টস পাল্প-এর স্তর ব্যবহার করতে হয়।



$$\therefore 1 \text{ তুল্যাক } \text{Fe(II)} \text{ (মোর লবণ)} \equiv \frac{1}{5} \text{ মোল } \text{Mn}^{2+}$$

$$= 11.1876 \text{ g Mn}$$

অর্থাৎ 1000 ml 1 (N) Mohr লবণ উৎপন্ন MnO₄⁻ দ্রবণকে বিজারিত করতে প্রয়োজন হলে দ্রবণে উপস্থিত Mn-এর পরিমাণ 11.1876 g।

পদ্ধতি :

1. 25 ml মিশ্রণকে 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিয়ে 20 ml গাঢ় HCl যোগ করুন ও SnCl₂ দ্রবণ দিয়ে আগের মতো বিজারণ করুন। HgCl₂ ও Z-R দ্রবণ মিশিয়ে (+ জল) টাইট্রেশন সম্পন্ন করুন।

এই টাইট্রেশন থেকে দ্রবণে আয়রনের পরিমাণ সরাসরি জানা যাবে।

2. (ক) একটি $\left(\frac{N}{20}\right)$ মাত্রার মোর লবণের দ্রবণ প্রস্তুত করুন ও প্রমাণ পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে তার শক্তি নির্ণয় করুন।

(খ) 25 ml মিশ্র দ্রবণকে পিপেটের সাহায্যে 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিন। (দ্রবণটিতে ক্রোরাইড লবণ বা HCl থাকা চলবে না।) এতে 3 ml গাঢ় H₂SO₄ যোগ করে ঠাণ্ডা করুন। একটু একটু করে মোট 0.5 g সোডিয়াম বিসমাথেট গুঁড়ো যোগ করে দ্রবণটি নাড়তে থাকুন। বিক্রিয়ার শেষে সাকশন পাম্পের সাহায্যে অ্যাসবেস্টস পাল্পের স্তর দিয়ে দ্রবণটি ফিল্টার করুন। অল্প অল্প করে 2(N) H₂SO₄ দিয়ে ধুয়ে নিন—যতক্ষণ ধোয়া জল সম্পূর্ণ বর্ণহীন না হয়।

(গ) পরিমূত ও ধোয়া জলকে সম্পূর্ণভাবে একটি কনিকাল ফ্লাস্কে (500 ml) নিয়ে তাতে 50 ml মোর লবণের দ্রবণ (4N H₂SO₄) যোগ করুন। দ্রবণ বর্ণহীন হবে। এবার দ্রবণে 5 ml ঘন ফসফরিক অ্যাসিড যোগ করে অতিরিক্ত মোর লবণকে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করুন।

ফলাফল :

1. Fe(III)-এর টাইট্রেশন :

ফলাফল যথাযথ ছকে লিপিবদ্ধ করুন।

2. মোর লবণের দ্রবণ টাইট্রেশন :

যথাযথ ছক করুন।

3. অতিরিক্ত মোর লবণের টাইট্রেশন :

মোর লবণের দ্রবণের শক্তি = (N)

যুক্ত মোর দ্রবণের আয়তন = 50 ml

টাইট্রেশন সংখ্যা	বুরেট পাঠ (ml)			KMnO ₄ দ্রবণের গড় আয়তন ml
	প্রথম	শেষ	অন্তর	

গণনা :

(i) Fe(III)-এর পরিমাণ যথারীতি হিসাব করুন।

মনে করি (ii) মোর লবণের দ্রবণের শক্তি = S₁(N)

(iii) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট

দ্রবণের শক্তি = S₂(N)

(iv) অতিরিক্ত মোর লবণের টাইট্রেশন-পারম্যাঙ্গানেটের গড় আয়তন = V₂ ml

50 ml S₁(N) মোর লবণ দ্রবণ $\equiv \frac{50 \times S_1}{1000}$ তুল্যাক

$$V_2 \text{ ml } S_2 \text{ (N) পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ} = \frac{V_2 \times S_2}{1000} \text{ তুল্যাক}$$

$$= \frac{V_2 \times S_2}{1000} \text{ তুল্যাক মোর লবণ}$$

সুতরাং Mn(II) থেকে উৎপন্ন MnO_4^- দিয়ে জারিত হয়েছে।

$$\left(\frac{50 \times S_1}{1000} - \frac{V_2 \times S_2}{1000} \right) \text{ তুল্যাক মোর লবণ।}$$

$$= X \text{ ধরি।}$$

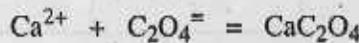
∴ 25 ml মিশ্রণে Mn(II) এর পরিমাণ

$$= \frac{X}{5} \text{ মোল বা } X \times 11.1876 \text{ g}$$

3.2.8 পরীক্ষা-8 : পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সাহায্যে Fe(III) ও Ca(II)-র মিশ্রণের টাইট্রেশন :

নীতি : (i) Fe(III)-কে যথারীতি Fe(II)-তে বিজারিত করে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সাহায্যে টাইট্রেশন করা যায়, Ca^{2+} আয়নের উপস্থিতি কোনো ব্যাঘাত ঘটায় না।

(ii) Ca(II) নির্ণয় করার জন্য প্রথম মিশ্রণ থেকে Fe(III)-কে “ফেরিক হাইড্রক্সাইড” অধঃক্ষেপ হিসাবে আলাদা করা হয় ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)। এবার দ্রবণ থেকে Ca^{2+} আয়নকে ক্যালসিয়াম অক্সালেট হিসাবে অধঃক্ষেপ ফেলা হয়। এই অধঃক্ষেপকে ধুয়ে লঘু সালফিউরিক যোগ করলে দ্রবণে Ca^{2+} এর সমতুল্য পরিমাণে অক্সালিক অ্যাসিড উৎপন্ন হবে। এই অক্সালিক অ্যাসিডকে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করে ক্যালসিয়ামের পরিমাণ জানা যাবে।



$$\text{আবার, } 1 \text{ মোল বা } 2 \text{ তুল্যাক } \text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \frac{2}{5} \text{ মোল } \text{MnO}_4^-$$

$$= 2 \text{ তুল্যাক } \text{MnO}_4^-$$

∴ 1 তুল্যাক বা 1000 ml (N) $\text{KMnO}_4 = 1$

$$\text{C}_2\text{O}_4^{2-} = \text{তুল্যাক } \text{Ca}^{2+} = 20.04 \text{ g } \text{Ca}^{2+} = 50 \text{ g } \text{CaCO}_3.$$

পদ্ধতি :

(i) Fe(II) নির্ণয় : 25 ml মিশ্রণকে পিপেটের সাহায্যে 500 ml কনিকাল ফ্লাস্কে নিয়ে যথানিয়মে বিজারণ করে Z-R দ্রবণে যোগ করুন ও পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন সম্পন্ন করুন।

(ii) Ca(II)-র পরিমাণ নির্ণয় :

(ক) সোদক ফেরিক অক্সাইড ($Fe_2O_3 \cdot xH_2O$) হিসাবে আয়রন পৃথকীকরণ।

একটি 500 ml বীকারে পিপেটের সাহায্যে 25 ml মিশ্রণ নিন। বীকারটি ঢাকার জন্য একটি ব্লকগ্লাস চাপা দিন ও একটি কাচদণ্ড দ্রবণে রাখুন। দ্রবণটিকে জল মিশিয়ে 100 ml-র মতো আয়তন করুন (4 টেস্টটিউব জল) ও এতে 1 গ্রাম কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করুন। এবার দ্রবণটিকে ফোটা শুরু হবার আগে পর্যন্ত গরম করে ড্রপারের সাহায্যে 1 : 1 অনুপাতের অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করে নাড়তে থাকুন। দ্রবণ থেকে অ্যামোনিয়ার গন্ধ বের হওয়ার পর অ্যামোনিয়া যোগ করা বন্ধ করুন।

বীকারটি মৃদু আঁচে গরম রেখে সমস্ত অধঃক্ষেপ একসঙ্গে জেট পাকানো পর্যন্ত অপেক্ষা করুন।

1নং ফিল্টার কাগজ ব্যবহার করে অধঃক্ষেপটি গরম অবস্থায় ফিল্টার করুন (500 বীকার নিন) এতে ফিল্টার তাড়াতাড়ি হবে। 100 ml জলে 1 গ্রাম আন্দাজ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও 1-2 ml অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করে অধঃক্ষেপ ধোয়ার জন্য একটি মিশ্রণ তৈরি করুন। তা থেকে ড্রপার দিয়ে 2-3 ml মতো এক একবার অধঃক্ষেপের উপর ছড়িয়ে দিন। এইভাবে অধঃক্ষেপটি 2/3 বার ধোয়া হবে। সমস্ত পরিষ্কৃত ও ধোয়ানি একই সঙ্গে বীকারে সংগ্রহ করুন।

(ii) প্রথম যে বীকারটিতে অধঃক্ষেপ ফেলেছিলেন সেই বীকারটিতেই অধঃক্ষেপটি আবার দ্রবীভূত করুন। ফানেলের তলায় বীকারটি বসান। ফানেলের অধঃক্ষেপের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে গরম গাঢ় HCl যোগ করুন (5-7 ml প্রয়োজনে আরও 2-1 ml) যেন সব অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে হলুদ দ্রবণ তৈরি হয়—ফিল্টার কাগজটিও হলুদ হয়ে যাবে। এবার HCl-এর সমআয়তন গরম জল ফোঁটা ফোঁটা করে কাগজের উপর ঢালুন—শেষ পর্যন্ত কাগজটি সম্পূর্ণ সাদা হয়ে যাবে। কোথাও বাদামী অধঃক্ষেপের কণা থাকলে স্থানীয়ভাবে 2/1 ফোঁটা গরম ও গাঢ় HCl যোগ করে আবার জল দিয়ে ধুয়ে দিন।

বীকারে সংগৃহীত দ্রবণ থেকে আবার প্রথমবারের মতো সমস্ত Fe(III) অধঃক্ষেপ ফেলুন। গরম অবস্থায় আবার আগের পরিষ্কৃত যুক্ত বীকারেই ফিল্টার করুন (ফিল্টার কাগজ বদলে নেওয়াই ভালো)। অধঃক্ষেপ ধোয়ার জন্য যে NH_4Cl-NH_3 দ্রবণ তৈরি করেছিলেন তা দিয়ে অল্প অল্প করে 4/5 বার অধঃক্ষেপটি ধুয়ে ফেলুন।

(iii) CaC_2O_4 অধঃক্ষেপণ :

লক্ষ্য করুন দু'বারের পরিস্ফুট ও ধোয়ানি মিলিয়ে মোট আয়তন 150-200 ml-র মধ্যে আছে কিনা। অন্যথায় অ্যাসবেসটস বোর্ডের উপর মৃদু আঁচে জল কমিয়ে নিন।

এবার বীকারে 2 ফোঁটা মিথাইল রেড সূচক দিয়ে 1 : 1 HCl যোগে লাল আভা নিয়ে আসুন। আরও 5 ml গাঢ় HCl যোগ করুন। এবার দ্রবণটি গরম করে প্রায় ফুটন্ত অবস্থায় ধীরে ধীরে 25 ml 4% অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ যোগ করুন। এইবার দ্রবণটি ভালোভাবে নাড়তে নাড়তে ওতে ধীরে ধীরে 1 : 1 অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করুন। দ্রবণের রঙ লাল থেকে হলুদে পরিবর্তিত হওয়ার পরে আরও 1 ml মতো অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করুন। গ্লাস—রড দিয়ে আরও কিছুক্ষণ নাড়তে থাকুন। এবার বীকারটি অ্যাসবেসটস বোর্ডের উপর বসিয়ে তলায় মৃদু উত্তাপ দিয়ে আধঘণ্টা রেখে দিন। তারপরে ঠাণ্ডা হতে দিন। (অন্তত 1 ঘণ্টা)

হোয়াটম্যান 42নং ফিল্টার কাগজের সাহায্যে (তলার অধঃক্ষেপ যথাসম্ভব কম ঘুলিয়ে) ক্যালসিয়াম অক্সালেটের অধঃক্ষেপকে ফিল্টার করুন। ড্রপারের সাহায্যে অল্প অল্প করে 0.1% অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ দিয়ে অধঃক্ষেপটি বেশ কয়েকবার ধুয়ে ফলুন। একবারে 1-2 ml-র বেশি দ্রবণ ঢালবেন না, একবার ঢালার পর সেই দ্রবণ অধঃক্ষেপকে ধুয়ে সম্পূর্ণ বেরিয়ে যাবার পরই পরের বার ধোবার জন্য দ্রবণ যোগ করুন। একটি টেস্টটিউবে সামান্য সিলভার নাইট্রেট ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড নিয়ে তারমধ্যে ফালনের চোঙ থেকে দু'এক ফোঁটা পরিস্ফুট যোগ করে দেখুন—ঘোলা না হ'লে বুঝবেন অধঃক্ষেপটি ক্রোমাইডমুক্ত হয়েছে। ঘোলা হ'লে আরও কয়েকবার ধোয়ার প্রয়োজন হবে।

সবশেষে অধঃক্ষেপটি ঠাণ্ডা জল দিয়ে কয়েকবার ধুতে হবে যাতে এর গায়ে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ লেগে না থাকে। (CaCl_2 দ্রবণ দিয়ে পরিস্ফুট পরীক্ষা করে দেখতে হবে।)

এবার ফিল্টার পেপারটি এককোণা আলতো করে ধরে একটি ব্লকগ্লাসের উপর পুরোপুরি পেতে দিন ও ব্লকগ্লাসটি কাত করে একটি 500 ml বীকারের উপর ধরুন (যে বীকারে অধঃক্ষেপ ফেলা হয়েছিল সেটা নেওয়াই ভালো।) ড্রপারের সাহায্যে গরম 4N সালফিউরিক অ্যাসিডের জেট দিয়ে সব অধঃক্ষেপকে কাগজ থেকে বীকারে চালান করুন। এর পরেও বেশ কয়েকবার কাগজও ব্লকগ্লাসটি গরম অ্যাসিড দিয়ে ধুয়ে দিন। এবার এতে প্রায় সমপরিমাণ জল দিন। দ্রবণটি $70^\circ-80^\circ\text{C}$ উষ্ণতায় গরম করে পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দিয়ে টাইট্রেশন করুন।

ফলাফল :

প্রত্যেক টাইট্রেশন ফল যথাযথ ছকে লিপিবদ্ধ করুন।

গণনা :

ধরি, KMnO_4 দ্রবণের শক্তি = $S(N)$

Fe-এর জন্য টাইটার = V_1 ml

Ca-এর জন্য টাইটার = V_2 ml

(প্রতি টাইট্রেশনে গৃহীত অ্যালিকট = 25 ml)।

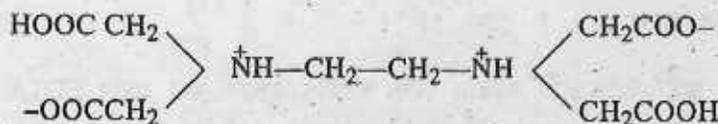
\therefore 25 ml মিশ্রণে Fe-র পরিমাণ = $V_1 \times S \times 0.056$ g

Ca-র পরিমাণ = $V_2 \times S \times 0.020$ g

3.3 জটিলমিতিক অনুমাপন

জলের মোট খরতা নির্ণয় : EDTA ব্যবহার করে Ca(II) ও Mg(II) এর টাইট্রেশন :

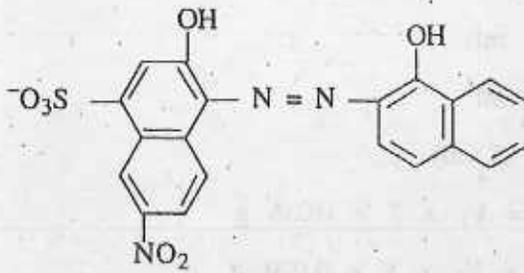
সূচনা : ইথিলিন ডাইঅ্যামিন টেট্রাঅ্যাসেটিক অ্যাসিড বা সংক্ষেপে EDTA একটি কীলেট গঠনকারী লিগ্যান্ড। জলীয় দ্রবণে এটি দ্বিধ আয়ন (বা উভয়াবিষ্ট, Zwitterion) হিসাবে থাকে :



মূল অ্যাসিডটি (H_4Y) জলে খুব অল্প দ্রবণীয়, তাই সাধারণত এর ডাইসোডিয়াম লবণ, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (জলে দ্রাব্য) টাইট্রেশনের কাজে ব্যবহৃত হয়। জলীয় দ্রবণে এটি প্রধানত H_2Y^{2-} আয়ন হিসাবে থাকে, তবে pH-এর উপর নির্ভর করে অন্যান্য প্রোটন-যুক্ত রূপও সম্ভব। আমরা সুবিধার জন্য $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ -কেই EDTA-র প্রতিনিধি হিসাবে উল্লেখ করব।

EDTA প্রায় সব ধাতব আয়নের সঙ্গেই স্থায়ী 1 : 1 জটিল যৌগ গঠন করে—এই যৌগগুলির স্থায়িত্ব pH-এর উপর খুব বেশি নির্ভরশীল। নির্দিষ্ট pH-এ উপযুক্ত ধাতব আয়ন সূচক ব্যবহার করে EDTA-র সাহায্যে ধাতব আয়নগুলির টাইট্রেশন করা যায়। এই সূচকগুলি নিজেস্ব ধাতুর সঙ্গে কীলেট গঠনকারী জৈব যৌগ। মুক্ত সূচকের রঙ ও কীলেটের রঙ আলাদা। এদের এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যে, EDTA যোগ করলে ধাতু-সূচক কীলেটটি ভেঙে ধাতুর আয়ন মুক্ত হয় এবং EDTA-ধাতু কীলেট গঠন হয়। তুল্যাক বিন্দুতে সূচকটি তার ধাতুবিহীন আয়নের নিজস্ব রঙে পরিবর্তিত হয়।

এরিওক্রোম ব্ল্যাক-টি (Eriochrome Black-T) এই ধরনের একটি বহু-ব্যবহৃত ধাতব সূচক; এর গঠন নীচে দেখানো হ'ল (H_2In^-)। এর ফেনলিক $-OH$ গ্রুপের অক্সিজেনগুলি ধাতব আয়নের সঙ্গে



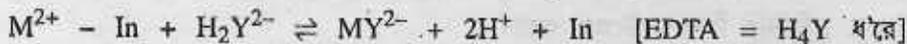
(Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} ইত্যাদি) অচ্ছ লাল রঙের সুস্থিত 1 : 1 কীলেট গঠন করে। pH 8-10 বাফার দ্রবণে মুক্ত সূচকের HIn^{2-} আয়নটির রঙ নীল। EDTA (HY^{3-} হিসাবে দেখানো হ'ল) দিয়ে টাইট্রেশনের সময় বর্ণপরিবর্তনের মূল বিক্রিয়াটি হবে



ধাতু EDTA জলীয় যৌগটি ধাতু-সূচক জটিল যৌগের তুলনায় বেশি স্থায়ী বলে বিক্রিয়াটি ডানদিকে ঘটে।

অর্থাৎ, 1 মোল EDTA \equiv 1 মোল M^{2+}

নীতি : জলের স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতার মোট পরিমাণ জানার জন্য প্রমাণ EDTA দ্রবণের সাহায্যে ($Na_2EDTA, 2H_2O$) জলের মোট ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম আয়নকে টাইট্রেশনের মাধ্যমে নির্ণয় করা হয়। pH 10-এ (NH_4Cl-NH_3 বাফার) Eriochrome Black-T সূচক ব্যবহার করে এই টাইট্রেশন করা হয়। EDTA ধাতব আয়নগুলির সঙ্গে 1 : 1 জটিল (কীলেট) যৌগ গঠন করে—এদের মধ্যে ক্যালসিয়ামের জটিল যৌগটি অপেক্ষাকৃত বেশি স্থায়ী। মূল বিক্রিয়াটি সরলীকরণ করে লেখা যায়,



M = Ca, Mg

In = সূচক

যেহেতু 1 মোল $MgCO_3 \equiv$ 1 মোল $CaCO_3$, তাই সমস্ত খরতাকে $CaCO_3$ হিসাবে প্রকাশ করলে লেখা যায়

1 মোল EDTA \equiv 1 মোল $CaCO_3$

\equiv 100 g $CaCO_3$

অর্থাৎ, 1000 ml 1(M) = 100 g CaCO₃

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যাদি :

(i) A.R. জিঙ্ক অ্যাসিটেট Zn(OAc)₂ · 2H₂O (M = 219.5)।

(ii) A.R. Na₂EDTA, 2H₂O (M = 372.24)

(iii) NH₄Cl—NH₃ বাফার

(iv) Eriochrome Black-T সূচক (EBT).

পদ্ধতি :

(i) 0.54875 g এর কাছাকাছি পরিমাণ জিঙ্ক অ্যাসিটেট সূক্ষ্মভাবে ওজন করে 250 ml-তে একটি প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করুন (0.01 M)।

(ii) মোটামুটি 0.93 g Na₂ EDTA 250 ml জলে একটি 0.01 M মাত্রায় দ্রবণ তৈরি করুন।

(iii) 140 ml গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণে (Liquor ammonia) 17.5 g NH₄Cl দ্রবীভূত করুন। 110 ml জল মেশান।

(iv) 100 মিলিগ্রাম EBT সূচক ও 10 গ্রাম শুকনো সোডিয়াম ক্লোরাইড খলনুড়িতে মিহি করে মিশিয়ে নিন।

(v) দ্রবণের শক্তি নির্ণয় : একটি 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে 2 টেস্টটিউব (~ 40 ml) পাতিত জল নিয়ে তাতে 5 ml বাফার দ্রবণ ও অল্প একটু সূচক মেশান। নাড়ানোর পরে দ্রবণটির রঙ নীল হবে। যদি ভালো নীল রঙ না হয় তবে ফোঁটা ফোঁটা EDTA দ্রবণ যোগ করে দ্রবণে নীল রঙ আনুন। EDTA-র এই আয়তন হিসাবে ধরবেন না। অর্থাৎ ব্যুরেটটি আবার শূন্য থেকেই টাইট্রেশন করবেন।

এই নীল দ্রবণে 25 ml প্রমাণ জিঙ্ক অ্যাসিটেট দ্রবণ (পিপেটের সাহায্যে) যোগ করুন। এইবার EDTA দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করুন—সমাপ্তি বিন্দুতে দ্রবণটি লাল থেকে সম্পূর্ণ নীল হবে।

(vi) জলের নমুনার টাইট্রেশন : আগের মতো 250 ml কনিকাল ফ্লাস্কে 40 ml পাতিত জল নিয়ে 5 ml বাফার, সূচক ও (প্রয়োজনমতো) EDTA দ্রবণ দিয়ে “নীল জল” তৈরি করুন। এইবার পিপেটের সাহায্যে 50 ml নমুনা জল যোগ করুন। ব্যুরেট থেকে EDTA দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করুন—সমাপ্তিবিন্দুর পূর্ববৎ।

ফলাফল ও গণনা : যথাযথ ছকে টাইট্রেশনের ফল লিপিবদ্ধ করুন।

গণনা :

(i) মনে করি, জিঙ্ক অ্যাসিটেট দ্রবণের শক্তি = $S_1(M)$

25 ml জিঙ্ক অ্যাসিটেটের জন্য EDTA-র আয়তন = V_1 ml

\therefore EDTA দ্রবণের শক্তি = $\frac{25 \times S_1}{V_1} (M)$ ধরি।

(ii) মনে করি, 50 ml নমুনা জলের টাইট্রেশনের জন্য প্রয়োজনীয় EDTA দ্রবণ = V_2 ml

1000 ml 1 (M) EDTA \equiv 1 মোল CaCO_3

V_2 ml S (M) EDTA $\equiv \frac{V_2 \times S}{1000}$ মোল CaCO_3

এই পরিমাণ CaCO_3 50 ml জলে আছে।

$\therefore 10^6$ ভাগ জলে $\text{CaCO}_3 = \frac{V_2 \times S}{50 \times 1000} \times 10^6$ মোল

$$= \frac{V_2 \times S \times 10^6 \times 100}{50 \times 1000} \text{ g}$$

= ω ধরি।

\therefore ppm এককে নির্ণয় খরতা = ω ।

একক 4 □ তৌলিক বিশ্লেষণ (Gravimetric analysis)

তৌলিক বিশ্লেষণ (Gravimetric analysis) মাত্রিক পরিমাপের (Quantitative estimation) একটি পদ্ধতি যার দ্বারা কোনো মূলককে বিশুদ্ধ যৌগে পরিণত ও পৃথক করে ওজনের মাধ্যমে পরিমাপ করা হয়। তৌলিক বিশ্লেষণে নমুনার অন্তর্গত বিবেচ্য মূলকটিকে সাধারণত একটি বিশুদ্ধ সুস্থিত ওজনযোগ্য যৌগে রাসায়নিকভাবে রূপান্তরিত করা হয়। মূলকের রূপান্তরিত যৌগে মৌল বা মূলকগুলির (অর্থাৎ উপাদানগুলির) অনুপাত সুনির্দিষ্ট থাকে যা থেকে নমুনায় উপস্থিত মৌল বা মূলকের ওজন নির্ণয় করা হয়। যদি রূপান্তরিত যৌগ বা অধঃক্ষেপের মধ্যে উপাদানগুলির অনুপাত সুনির্দিষ্ট না থাকে, তবে যৌগটিকে আগের এমন অবস্থায় আবার পরিবর্তিত করতে হবে যাতে পরিবর্তিত যৌগে উপাদানগুলির অনুপাত একটি সরল অনুপাতে থাকে। ধাতু পরিমাপনের ক্ষেত্রে এইরূপ অধঃক্ষেপকে উত্তাপ প্রয়োগে নির্দিষ্ট সংযুতি সম্পন্ন অক্সাইডে পরিণত করা হয় ও ওজন নেওয়া হয়। ওজন সব সময়ই ভালো বৈজ্ঞানিক তুলাদশে (analytical balance) করা উচিত।

অধঃক্ষেপের মাধ্যমে কোনো মূলকের রূপান্তরকরণ সব সময়ই সম্পূর্ণ রূপে হওয়া উচিত এবং এর জন্য অধঃক্ষেপের দ্রাব্যতা খুব কম হওয়া উচিত। অর্থাৎ অধঃক্ষেপ, পরিষ্কার ও দৌতকরণের পর দ্রবণে যদি পরীক্ষাধীন মূলকের কিছু অংশ দ্রবীভূত থাকে তবে তা যেন ওজন হিসাবে 0.1 মিলিগ্রাম বেশি না হয়।

তৌলিক পদ্ধতি বা বিশ্লেষণে অধঃক্ষেপণ একটি ধাপ। তাই এই পদ্ধতি দ্বারা পরিমাপন সাধারণত (ক) অধঃক্ষেপের দ্রাব্যতা গুণফল (Solubility product) (খ) অধঃক্ষেপের তাপমাত্রা (গ) সম আয়ন প্রভাব (common ion effect) (ঘ) অধঃক্ষেপের দৌতকরণের জন্য ব্যবহৃত তড়িদ্বিভ্রাণের প্রকৃতি, ইত্যাদির উপর নির্ভর করে। অধঃক্ষেপের প্রকৃতি এরূপ হওয়া উচিত যেন সহ-অধঃক্ষেপণ (co-precipitation) বা অণু-অধঃক্ষেপণ (post-precipitation) কম হয়। বস্তুত এই দুই পদ্ধতি দ্বারা অধঃক্ষেপের বিশুদ্ধতা কমে।

(i) কো-প্রেসিপিটেশন (co-precipitation) : অধঃক্ষেপের পর শেষ দ্রবণে (mother liquor) যে সমস্ত পদার্থ দ্রবীভূত বা আয়নিত অবস্থায় থাকে তাদের দ্বারা অধঃক্ষেপের দূষিত হওয়ার ঘটনাকে কো-প্রেসিপিটেশন বলে। এটি সাধারণত দু'ভাবে ঘটে (ক) মাধ্যমে উপস্থিত অবস্থিত পদার্থ অধঃক্ষেপের উপরি স্তরে (surface) অধিশোষিত হয়ে অথবা (খ) কেলাসিতকরণের সময় অবস্থিত পদার্থগুলিকে কেলাসের মধ্যে অন্তর্ভুক্তি (occlusion)-র মাধ্যমে ধরে রেখে। কম দ্রাব্যতার আয়নগুলি আয়নিক ল্যাটিসে (ionic lattice) তীব্রভাবে অধিশোষিত হয়; যেমন সিলভার আয়োডাইড সিলভার অ্যাসিটেটকে সিলভার নাইট্রেট অপেক্ষা বেশি অধিশোষণ করে, কারণ সিলভার অ্যাসিটেট সিলভার নাইট্রেট অপেক্ষা কম দ্রাব্য।

সেজন্য AgI নাইট্রিক অ্যাসিড মাধ্যমে অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিডে হয় না। অধিশোষিত আয়নের বিকৃতি (Deforming) এবং অধিশোষিত পদার্থের তড়িদ্বিভ্রাণের ব্যাপ্তিরও বেশ প্রভাব আছে H_2S ধাতব সালফাইড দ্বারা তীব্রভাবে অধিশোষিত হয়।

দ্বিতীয় প্রকারের কো-প্রেসিপিটেশন (co-precipitation) কেলাসাকার অধঃক্ষেপ তৈরি হওয়ার সময় ঘটে। অধঃক্ষেপণ মছুর করে এটিকে কমানো হয়। অধঃক্ষেপের বিশুদ্ধতা একটু কম হয়। বড় আকারের কেলাস খুব তাড়াতাড়ি তৈরি হলে সমাকৃতি পদার্থ থেকে যায় এবং কঠিন দ্রবণ (solid solutions) তৈরি হয়। ফলে অধঃক্ষেপণের বিশুদ্ধতা একটু কমে। উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ ক্ষারীয় নাইট্রেট দ্বারা দূষিত হয়।

(ii) পোস্ট-প্রেসিপিটেশন : এই শ্রেণীর 'অধঃক্ষেপ' প্রয়োজনীয় অধঃক্ষেপটির উপরিতলে ঘটে। এটি সাধারণত হয় অধঃক্ষেপণের পর যখন দ্রবণটি অন্য কোনো আয়ন দ্বারা অতিপূক্ত অবস্থায় থাকে এবং সংশ্লিষ্ট আয়নটি স্বল্প দ্রাব্য পদার্থ তৈরি করে। যেমন, ম্যাগনেসিয়াম আয়নের উপস্থিতিতে ক্যালসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষেপণের সময় ম্যাগনেসিয়াম অক্সালেট খুব ধীরে ধীরে ক্যালসিয়াম অক্সালেট কেলাসের উপর অধঃক্ষিপ্ত হয়। যদি ক্যালসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষেপ দীর্ঘক্ষণ দ্রবণের সঙ্গে রাখা হয়, তবে মাধ্যমে ম্যাগনেসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষেপজনিত ত্রুটি বাড়ে। এটি অধঃক্ষেপণকালীন তাপমাত্রা এবং দ্রবণে অধঃক্ষেপ রাখার সময়-কাল নিয়ন্ত্রণাধীনে রেখে কমানো যায়।

শেষ দ্রবণে (mother liquor) অধঃক্ষেপ থাকার সময়কাল (সময়ক্ষেপ, aging)-এর ডাইজেশন (Digestion) এর প্রভাব :

অধঃক্ষেপটিকে নির্দিষ্ট সময় ধরে ঘরের তাপমাত্রায় বা যথোপযুক্ত তাপমাত্রায় শেষ দ্রবণে রেখে দেওয়ায় প্রক্রিয়াকে বলা হয় ডাইজেশন (digestion)। এতে পোস্ট-প্রেসিপিটেশন দ্বারা আগত ত্রুটি কমে। দু-ধরনের পরিবর্তন সাধারণত এক্ষেত্রে ঘটে। প্রথমত ছোটো কণাগুলি যেগুলির দ্রাব্যতা বৃহৎ কণা অপেক্ষা বেশি দ্রবণে চলে যায় এবং পুনরায় বড় কণাগুলির উপর অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং এভাবে ছোটো কণাগুলির উপর কো-প্রেসিপিটেশন এড়ানো যায়। ডাইজেশনের সঠিক নিয়ন্ত্রিত তাপমাত্রা পোস্ট-প্রেসিপিটেশনকে কমায়। দ্বিতীয়ত, অনিয়তাকার কণাগুলি বিজুত পৃষ্ঠতল অধিকার করে রাখে। ডাইজেশনের ফলে এই কণাগুলি নিয়তাকার হতে থাকে ফলে পৃষ্ঠতলের উপর অধিশোষণ কমে। যখন বড় কণা তৈরি হয়, তখন পরিষ্কার সহজতর হয়ে ওঠে।

অধঃক্ষেপণের শর্ত : কোনো একটি নির্দিষ্ট পরিমাণের ক্ষেত্রে, তৌলিক বিশ্লেষণের শর্তগুলি নির্দিষ্ট এবং সমস্ত পদার্থের ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণের জন্য এখানে কোনো বাঁধাধরা সাধারণ নিয়ম নেই। তবু নিম্নলিখিত শর্তগুলি পরিমাপযোগ্য ত্রুটি (Determinate error) কমানোর জন্য নির্দেশিত হয়েছে।

(ক) Co-precipitation কমানোর জন্য অধঃক্ষেপণ লঘু দ্রবণে লঘু অধঃক্ষেপণ-বিকারকের (precipitant) দ্বারা করা উচিত।

(খ) বড় আকারের কেলাস পাবার লক্ষ্যে অধঃক্ষেপণ উত্তপ্ত অবস্থায় উত্তপ্ত বিকারকের সাহায্যে করা হয়, অবশ্যই যদি অধঃক্ষেপের দ্রাব্যতা ও স্থিতিশীলতা ঠিক থাকে। উচ্চ তাপে অধঃক্ষেপের দ্রাব্যতা বাড়ে, অতিপূক্ততার ঝুঁকি কমে, তঞ্চনের (coagulation) অনুকূল পরিবেশ সৃষ্টি হয়, সল (sol) তৈরির সম্ভাবনা কমে এবং কেলাস গঠন দ্রুততর হয়। ফলে নিয়তাকার বড় আয়তনের কেলাসও তৈরি হয়।

(গ) অধঃক্ষেপণ বিকারকটি (Precipitant) সব সময় কাচদণ্ড দ্বারা আলোড়িত করতে করতে অল্প অল্প করে যোগ করা উচিত। এতে বড় আকৃতির কেলাসাকার অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। আবার দ্রবণের অতিপূক্ততা কমে।

(ঘ) শেষ দ্রবণে (mother liquor)-র সংস্পর্শে অধঃক্ষেপ অনেকক্ষণ রেখে দিলে সময়ের সাপেক্ষে Post-precipitation সংঘটিত দূষণ বাড়ে। ঠিক বিপরীত ক্রিয়া co-precipitation-এর ক্ষেত্রে সত্য।

(ঙ) কাজক্ষিত যৌগটির পরিমাণগত অধঃক্ষেপণের জন্য, অধঃক্ষেপণ বিকারকটি সব সময় প্রয়োজনীয় পরিমাণ অপেক্ষা কিছু বেশি যোগ করা উচিত।

(চ) পেপটাইজেশন বন্ধ করার জন্য অধঃক্ষেপটি জল দিয়ে না ধুয়ে, সাধারণত তড়িদ্বিলেবোর দ্রবণ দ্বারা ধোওয়া উচিত। এতে অধঃক্ষেপের উপরিভাগের অশুদ্ধি দূর করা যায়। ধৌতকারী তরলটির সংযুতি নির্ভর করে সাধারণত (i) অধঃক্ষেপের দ্রাব্যতা ও রাসায়নিক ধর্মের উপর, (ii) তাদের peptisation-র প্রবণতার উপর (iii) অশুদ্ধির প্রকৃতির উপর এবং (iv) ওজনের আগে অধঃক্ষেপের পরবর্তী ক্রিয়ার উপর।

যন্ত্রপাতি : (ক) তুলাযন্ত্র (Balance) : তৌলিক বিশ্লেষণে তুলাযন্ত্রের ভূমিকা সর্বাধিক উল্লেখযোগ্য। প্রমাণ ভরের বাটখারা (standard weights) সমেত একটি সুবেদী (sensitive) তুলাযন্ত্র তাই দরকার। একক তুলাপাত্র বিশিষ্ট তুলাযন্ত্র আজকাল তৌলমিতিতে খুব ব্যবহৃত হয়।

(খ) চুল্লি (over/furnace) : তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের তড়িৎ ব্যবস্থা সমেত বায়ুচুল্লি (air-oven) সাধারণ তৌলমিতিতে শুদ্ধকরণের জন্য ব্যবহৃত হয়। সাধারণত শুদ্ধকরণ 110°-189°C-র মধ্যে করা হয়। যেখানে অধঃক্ষেপের সরাসরি ওজনের দরকার সেখানে এই ব্যবস্থা নেওয়া হয়।

যখন অধঃক্ষেপের নির্দিষ্ট সংযুতি থাকে না এবং শুদ্ধ অবস্থায় সুস্থিত নয়, তখন অধঃক্ষেপ সমেত ফিলটার কাগজকে বাইরে পুড়িয়ে পদার্থটিকে উচ্চ তাপমাত্রার চুল্লিতে রাখা হয়। একে ফারনেস (Furnace) বা মাফল ফারনেস (muffle furnace) বলে। এটি তাপস্থাপক ব্যবস্থায়ুক্ত ও এর তাপমাত্রা 200°-1200°C পর্যন্ত বা তারও

বেশি হয়ে থাকে। এখানে দহন ত্রিন্যার পর অধঃক্ষেপটি পরিবর্তিত হয়ে নির্দিষ্ট সংযুতি সম্পন্ন স্থিতিশীল যৌগে রূপান্তরিত হয়।

(গ) শোষকাধার (Desiccator) : ডেসিক্কেটর উপর নীচে দু-কামরা যুক্ত কাচের ঢাকনা যুক্ত পাত্র। দু'টি কামরার মাঝে কয়েকটি গর্তযুক্ত পোর্সিলেনের টাইল রাখা থাকে। নিচের কামরায় অনার্দ্র সিলিকা জেল, অনার্দ্র CaCl_2 প্রভৃতি রেখে ডেসিক্কেটরের মধ্যের বায়ু শুষ্ক রাখা হয় এবং উত্তপ্ত অধঃক্ষেপ শীতলীকরণের সময় যাতে আর্দ্র বায়ু থেকে রক্ষা পায় তার ব্যবস্থা করা হয়।

(ঘ) কাচের জিনিসপত্র (Glass wares) : ড্রপার, কাচদণ্ড, পোলিশম্যান, বীকার, কনিক্যাল ফ্লাস্ক, ওয়াচগ্লাস প্ৰভৃতি অধঃক্ষেপণের জন্য ব্যবহৃত হয়। পোলিশম্যান (Policeman) কটি কাচদণ্ড যার মাথায় 1.5 cm-র রবার টিউব লাগানো থাকে। অধঃক্ষেপকে পরিষ্কারণ মুচি (filtering crucible)-তে সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরিত করার জন্যই এর ব্যবহার হয়।

(ঙ) হট প্লেট (Hot plate) : ডাইজেশন (Digestion) করার জন্য Electrical hot plate ব্যবহৃত করা হয়। তাপমাত্রা $100^\circ\text{-}120^\circ\text{C}$ -এ রাখা হয়।

(চ) জলগাঁহ (Water Bath) : বাষ্পীভবন দ্বারা ঘনত্ব বাড়ানোর জন্য এটি ব্যবহৃত হয়। এতে গরম অবস্থায় অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়ে। তাপমাত্রা সাধারণত $80^\circ\text{-}100^\circ\text{C}$ -এ রাখা হয়।

মুচি (Crucible) : (i) সিলিকা ক্রুসিবল : এতে অধঃক্ষেপটি $1200^\circ\text{-}1500^\circ\text{C}$ পর্যন্ত উত্তপ্ত করা যেতে পারে। এটি হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড, ফসফোরিক অ্যাসিড ক্ষার বা ক্ষারকীয় যৌগ ছাড়া অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থ রোধক। এটি বুনসেন বার্নার বা তড়িদচুর্মা (electric furnace) দ্বারা উত্তপ্ত করা যেতে পারে।

(ii) সিনটারড গ্লাস বা গুচ্ছ ক্রুসিবল : যে সমস্ত অধঃক্ষেপের নির্দিষ্ট সংযুতি আছে তাদেরই এতে পরিষ্কারণ করে গরম বা উত্তপ্ত করা হয়। 200°C তাপমাত্রার কমে উত্তাপনের ক্ষেত্রে এটি ব্যবহৃত হয়। পাইরেক্স (Pyrex) ও বোরোসিল (Borosil)-এর মুচি পাওয়া যায়—যার নীচে থেকে 1 cm উপরে প্রয়োজনীয় ছিদ্রযুক্ত সিনটারড গ্লাস প্লেট গলিয়ে লাগিয়ে দেওয়া হয়ে থাকে। G-1, G-2, G-3, G-4 প্রভৃতি সিনটারড গ্লাস crucible-এ যথাক্রমে 100, 50, 25 এবং $5\text{-}10\mu$ ($1\mu = 10^{-3}$ mm) মাত্রার ছিদ্র (pore) থাকে। ব্যবহারের আগে ও পরে crucible-টি ভালোভাবে পরিষ্কার করা উচিত। সালফিউরিক ও ক্রোমিক অ্যাসিডের মিশ্রণ মুচিটিতে অবস্থিত জৈব যৌগ দূর করতে ব্যবহৃত হয়। উত্তপ্ত HCl ও HCl-HNO₃ মিশ্রণও অনেক সময় ক্রুসিবল পরিষ্কার করতে ব্যবহৃত হয়।

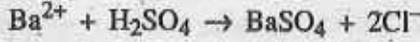
(জ) পরিষ্কাৰণ ব্যৱস্থা (Filtering arrangement) : পরিষ্কাৰণ বায়ু নিষ্কাশন পাম্প ব্যৱহাৰ কৰে কৰা হয়। সাধাৰণ পৰীক্ষাগাৰে জল-পাম্প (water pump) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। নিৰ্দিষ্ট তাপমাত্ৰায় শুষ্ক ও ওজনকৃত খালি সিনটাৰড গ্লাস ক্ৰুসিবল (sintered glass crucible) একটা ৰাবাৰ ফিটাৰ সাহায্যে একটা উপযোজক বস্তু (Adaptor)-ৰ সঙ্গে বায়ু নিৰুদ্ধকৰে আটকান হয়। এটিকে বুকনাৰ পৰিষ্কাৰণ ফ্লাস্ক (Buchner filtering flask) সঙ্গে ৰাবাৰ কৰ্কৰ সাহায্যে লাগানো হয়। ব্যাক সাক্ষন (Back Suction) আটকানোৰ জন্ম বুকনাৰ ফ্লাস্কটি আৰ একটা সম আকৃতিৰ নিৰাপত্তা (safety) ফ্লাস্কৰ সঙ্গে যোগ কৰা হয়, এৰ সঙ্গে নিৰাপত্তা কল (Tap) যোগ কৰা আছে। কোনো তৰল বের কৰাৰ আগে প্ৰথমে পাম্প আন্তে চালানো হয়। ক্ৰুসিবলৰ উপৰেৰ $\frac{1}{3}$ অংশ ফাঁকা ৰেখে, ধীৰে ধীৰে অধঃক্ষেপ ও শেষ দ্ৰৱ (mother liquor) ক্ৰুসিবলে স্থানান্তৰিত কৰা হয়। পোলিশম্যান ও ধৌতকাৰী তৰলৰ সাহায্যে সমস্ত অবক্ষেপটি স্থানান্তৰিত কৰা হয়। শেষেৰ দিকে সাক্ষানোৰ চাপ বাঢ়ানো হয়। যাতে সমস্ত তৰলই যথাসম্ভৱ অধঃক্ষেপ থেকে বিতাড়িত হতে পাৰে। পৰিষ্কাৰণেৰ শেষে সেফটি ট্যাপ ও ক্ৰুসিবলটি খুলে, এৰ বাইৰেৰ অংশ পৰিষ্কাৰ কৰে টিসু কাগজ দিয়ে মোছা হয় এৰ ক্ৰুসিবলটি নিৰ্দিষ্ট তাপমাত্ৰায় বায়ুচুল্লি (air-oven)-তে ৰাখা হয় এক ঘণ্টা বা দু'ঘণ্টা পৰে ক্ৰুসিবলটি ডেসিকেটেৰে ৰেখে ~ 25 মিনিট ধৰে ঠাণ্ডা কৰে ওজন নেওয়া হয়। উত্তপ্তকৰণ ও ঠাণ্ডাকৰণ প্ৰক্ৰিয়াৰ দুটি পৰ্যায় অনুসৰণ কৰা হয় যতক্ষণ না স্থিৰ ওজন আসে বা দুটি ওজনেৰ মধ্যে পাৰ্থক্য 0.0002 গ্ৰাম হয়।

ক্ৰুসিবল-এৰ শুষ্ককৰণ ও তৌলকৰণ (Drying and weighing of crucible) : ঢাকনা (lid) সমেত পৰিষ্কাৰ ফাঁকা সিলিকা ক্ৰুসিবলটিকে ত্ৰি-পদ স্ট্যান্ডেৰ উপৰ ৰক্ষিত ত্ৰিকোণ-ক্ৰে-পাইপেৰ (clay pipe triangle) উপৰ বসানো হয় এৰ বান্ধাৰে সাহায্যে লালতপ্ত আধ ঘণ্টা উত্তৰ কৰা হয়। বান্ধাৰ সৰিয়ে বায়ুতে ক্ৰুসিবলটি 1-2 মিনিট ঠাণ্ডা কৰে শোষকাধাৰে (Desiccator) স্থানান্তৰিত কৰা হয় ও পঁচিশ মিনিট ৰাখা হয়। এৰপৰ লিড (lid) সহ ক্ৰুসিবল-এৰ ওজন নেওয়া হয়। গৰম কৰা, ঠাণ্ডা কৰা ও ওজন নেওয়া পদ্ধতিগুলি পৰ্যায়ক্ৰমে কৰে যেতে হবে যতক্ষণ না শেষ দুটি ওজনেৰ মধ্যে পাৰ্থক্য শূন্য বা 0.0002 গ্ৰাম হয়। অধঃক্ষেপ নিয়ে উপযুক্ত পদ্ধতিতে ওজন নিতে হবে।

সিনটাৰড গ্লাস ক্ৰুসিবলগুলি ঢাকনাবিহীন। এদের বায়ুচুল্লিতে (air-oven) নিৰ্দিষ্ট তাপমাত্ৰায় 1 ঘণ্টা ৰেখে, পৰে ডেসিকেটেৰে 25 মিনিট ঠাণ্ডা কৰে ওজন কৰা হয়। এক্ষেত্ৰেও উত্তপ্তকৰণ, শীতলীকৰণ ও তৌলকৰণ প্ৰক্ৰিয়াগুলি অনুসৰণ কৰতে হবে যতক্ষণ না শেষ দুটি ওজন সমান বা তাদের পাৰ্থক্য 0.0002 গ্ৰাম-এৰ মধ্যে থাকে। একই পদ্ধতি অবলম্বন কৰা হয় অধঃক্ষেপ নিয়ে শুষ্ককৰণ বা তৌলকৰণেৰ ক্ষেত্ৰে।

পরীক্ষা-1. BaSO₄ হিসাবে Ba-র তৌলিক পরিমাপন

নীতি : লঘু ~ 0.01 (N) HCl মাধ্যমে স্থিত Ba²⁺ আয়নের নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণকে 80°-90°C উষ্ণতায় অতিরিক্ত লঘু (4N) ও গরম H₂SO₄ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়া ঘটালে প্রায় স্ফুটনাক্রম তাপমাত্রায় সমস্ত Ba²⁺ আয়ন BaSO₄ (সাব্যতা গুণফল 1.07 × 10⁻¹⁰) হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পূর্বে স্থির ওজন করা G-4 ছিদ্রযুক্ত মুচি (G-4 sintered glass crucible)-র সাহায্যে অধঃক্ষেপটি পরিস্ফুটন করে ও পরে ঘোঁত করে অধঃক্ষেপযুক্ত মুচিটি (110-120°C) উত্তপ্ত করে শুষ্ক ও ঠাণ্ডা ও পরে ওজন করা হয়। শেষের পদ্ধতিগুলি বার বার করা হয় যতক্ষণ না স্থির ওজন পাওয়া যায়।



$$\therefore \text{BaSO}_4 \equiv \text{Ba}^{2+}$$

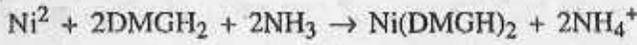
$$\therefore 233.39 \text{ g BaSO}_4 \equiv 137.327 \text{ g-Ba}$$

$$\therefore 1.0 \text{ g BaSO}_4 \equiv 0.5884 \text{ g Ba}$$

রাসায়নিক দ্রব্য ও যন্ত্রপাতি :

- (i) 4(N) H₂SO₄ দ্রবণ,
- (ii) ~ 1% BaCl₂ দ্রবণ (অজ্ঞাত) : 1 g BaCl₂, 2H₂O প্রতি 100 ml H₂O-তে,
- (iii) G-4 সিনটার্ড গ্লাস ক্রুসিবল,
- (iv) শোষকাধার (সিলিকাজেল শোষক সমেত),
- (v) বৈজ্ঞানিক তুলাযন্ত্র (প্রমাণ ভরের বাটখারা সমেত),
- (vi) বায়ুচুম্বী (air oven)

পদ্ধতি : 250 ml বীকারে 10 ml Ba²⁺ আয়নের নমুনা নিয়ে তাতে 100 ml পাতিত জল যোগ করুন এবং 0.5 ml ঘন HCl দিন, দ্রবণটি স্ফুটন পর্যন্ত উত্তপ্ত করুন এবং 80°-90°C উষ্ণতার 4(N) H₂SO₄ আলোড়ন করতে করতে ফোঁটা ফোঁটা ঐ দ্রবণে যোগ করুন। Ba²⁺ আয়ন সম্পূর্ণরূপে BaSO₄ হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। 1-2 মিনিট অধঃক্ষেপকে থিতিয়ে পড়তে দিন। অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়েছে কিনা দেখার জন্য দ্রবণের উপরিস্তরের পরিষ্কার অংশে কয়েক ফোঁটা 4(N) H₂SO₄ ঢালুন এবং দেখুন অধঃক্ষেপ আসছে কিনা। যদি না আসে তবে দ্রবণটি ক্লক গ্লাস (clock glass) দিয়ে ঢেকে উত্তপ্ত জলগাহের উপর এক ঘণ্টা রাখুন, যতক্ষণ না সমস্ত অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়ে।



$$\therefore 288.69 \text{ g. Ni}(\text{DMGH})_2 \equiv 58.69 \text{ g. Ni}^{2+}$$

$$\therefore 1 \text{ g. Ni}(\text{DMGH})_2 \equiv 0.2033 \text{ g. Ni}^{2+}$$

অধঃক্ষেপণের মাধ্যমটি বেশি আম্লিক হওয়া উচিত নয় কারণ জটিল যৌগটি অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। আবার খুব বেশি ক্ষারীয় হলেও জটিল যৌগটি দ্রবীভূত (আংশিকভাবে) হয়ে যেতে পারে। তাই মাধ্যমের pH ~ 7.8-এর কাছে রাখা হয়। অতিরিক্ত DMGH₂ 'যোগ করা' পরিহার করা উচিত কারণ জলে স্বল্প দ্রাব্য DMGH₂ বিকারকটি জটিল যৌগের সাথে নিজেও অধঃক্ষিপ্ত হতে পারে, আবার মিশ্রণে অ্যালকোহলের পরিমাণ বেশি থাকলে Ni(DMGH)₂ জটিল যৌগটি জল-অ্যালকোহলের মিশ্রণে দ্রবীভূত হতে পারে।

রাসায়নিক দ্রব্য ও যন্ত্রপাতি :

(i) 1(N) H₂SO₄ মাধ্যমে অ্যামোনিয়াম নিকেল সলফেট [(NH₄)₂SO₄, NiSO₄, 6H₂O, 20 g/l] বা অন্য কোনো নিকেলঘটিত লবণ যাতে আনুপাতিক হারে Ni²⁺ বর্তমান।

(ii) 1% (95% ইথাইল অ্যালকোহলে) ডাই-মিথাইলগ্লাইঅক্সিম দ্রবণ।

(iii) G-4 ছিদ্রযুক্ত (sintered) কাচ মুচি (glass crucible)

(iv) সিলিকা জেল সমেত শোষকাধার (dessicator)

(v) বৈজ্ঞানিক তুলাযন্ত্র (analytical balance) ও প্রমাণ ওজনের বাটখারা (standered Weights) সমেত ওজন বাস্ক।

(vi) বায়ুচুল্লী (air oven)

পদ্ধতি : (i) G-4 সিনটারড গ্লাস ক্রুসিবল পরিষ্কার করে 1 ঘণ্টা বায়ুচুল্লীতে 110°-120°C-এ রেখে ওপরে একটি শোষকাধারে সেটিকে 25 মিনিট রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন নিন। যতক্ষণ না পর পর দুটি ওজন অভিন্ন হচ্ছে ততক্ষণ পর্যন্ত খালি সিনটারড ক্রুসিবলটি উপরোক্তভাবে ওজন করুন।

(ii) 250 ml বীকারে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত 10 ml Ni²⁺ এর নমুনা দ্রবণ নিন। পাতিত জল দিয়ে আয়তন 150 ml-এ আনুন। জলগাহে (water bath) 70°-80°C-তে দ্রবণটিকে গরম করুন ও 15 ml 1% ডাই-মিথাইল গ্লাইঅক্সিম দ্রবণ (প্রতি 10 mg Ni উপস্থিতিতে কমপক্ষে 5 ml দ্রবণ) যোগ কর ও দ্রবণটি কাচদণ্ডের সাহায্যে আলোড়িত করতে থাকুন। প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই আলোড়ন করতে করতে ফোঁটা ফোঁটা করে এই দ্রবণে NH₄OH-এর জলীয় দ্রবণ ঢালুন—যতক্ষণ না মাধ্যমে অ্যামোনিয়াম গন্ধ স্থায়ীভাবে পাওয়া যায়। বীকারটি ঢাকা দিয়ে জলগাহে 20 মিনিট রাখুন। অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয়েছে কিনা দেখার জন্য দ্রবণের উপরিভাগে পরিষ্কার অংশে DMGH₂ দ্রবণ কয়েক ফোঁটা যোগ করুন।

(iii) আগে থেকে ওজন করা সিন্টারড মাস ক্রুসিবলে অধঃক্ষেপটি পরিশ্রুত করুন। পোলিশম্যান (Policeman)-এর সাহায্যে সমস্ত অধঃক্ষেপ ক্রুসিবলে নিন। গরম পাতিত জল ($70^{\circ}-80^{\circ}\text{C}$) দ্বারা অধঃক্ষেপ পরিষ্কার করুন যতক্ষণ না সমস্ত SO_4^{2-} বা Cl^{-} আয়ন দূরীভূত হয় (নাইট্রিক অ্যাসিড মাধ্যমে AgNO_3 বা $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ দ্রবণ দ্বারা পরীক্ষা করে নিতে হবে)। অধঃক্ষেপ সমেত মুচিটি $110^{\circ}-120^{\circ}$ -তে বায়ুচুম্বীতে এক ঘণ্টা উত্তপ্ত ও পরে ডেসিকেক্টরে 25 মিনিট ঠাণ্ডা করে ওজন নিন। এই পদ্ধতিটি চালিয়ে যেতে হবে যতক্ষণ না পর পর দু'টি ওজনের মধ্যে পার্থক্য 0.0002 গ্রাম হয়।

গণনা : খালি ক্রুসিবল-এর ওজন = $W_1 \text{ g}$.

ক্রুসিবল + $\text{Ni}(\text{DMGH})_2 = W_2 \text{ g}$.

$\therefore \text{Ni}(\text{DMGH})_2$ -এর ওজন = $(W_2 - W_1) \text{ g}$.

$\therefore 1.0 \text{ g Ni}(\text{DMGH})_2 \equiv 0.2033 \text{ g Ni}^{2+}$

$\therefore (W_2 - W_1) \text{ g Ni}(\text{DMGH})_2 \equiv (W_2 - W_1) \times 0.2033 \text{ g Ni}^{2+}$ প্রতি 10 মিলি দ্রবণ

$\therefore \text{Ni}^{2+}$ দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা = $\frac{0.20303 \times (W_2 - W_1) \times 1000}{10} = 20.33 (W_2 - W_1) \text{ g. lit}^{-1}$

একক 5 □ জৈবযৌগের মাত্রিক (পরিমাণগত) বিশ্লেষণ (Estimation of Organic Compounds)

গঠন

- 5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য
- 5.2 অ্যানিলিনের পরিমাণগত বিশ্লেষণ
- 5.3 অ্যামিনো অ্যাসিড (গ্লাইসিন)-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণ
- 5.4 ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে বিজারক শর্করার পরিমাণ নির্ণয়
- 5.5 L-অ্যাস্করবিক অ্যাসিড বা ভিটামিন-সি-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণ

5.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

আপনারা 1, 2, 3 একক তিনটিতে বিভিন্ন প্রকার অজৈব পদার্থের বিভিন্ন পদ্ধতিতে মাত্রিক বিশ্লেষণের তত্ত্ব ও পদ্ধতি সম্বন্ধে অবহিত হয়েছেন। বর্তমান এককে আপনারা জৈব যৌগের মাত্রিক বিশ্লেষণ পদ্ধতির সঙ্গে পরিচিত হবেন। হাতে-কলমে করেও দেখবেন।

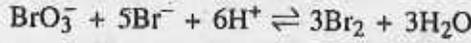
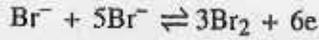
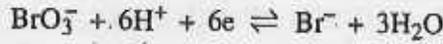
উদ্দেশ্য :

এই এককের উদ্দেশ্য আপনারা ব্যবহারিক রসায়নের পাঠ্যসূচীর অন্তর্গত জৈবযৌগসমূহের বিশ্লেষণের তত্ত্ব ও পদ্ধতিগুলি জানিয়ে দেওয়া। এগুলি ভালো করে পড়ে রাখলে হাতে-কলমে কাজ করতে আপনারা অসুবিধা হবেন না। আর শিক্ষা-সহায়করা তো আছেনই অসুবিধাগুলি দূর করে দেবার জন্য।

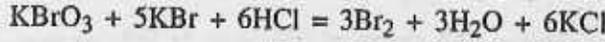
আপনারা মোট চারটি বিশ্লেষণ পদ্ধতির সঙ্গে পরিচিত হবেন।

5.2 অ্যানিলিনের পরিমাণগত বিশ্লেষণ

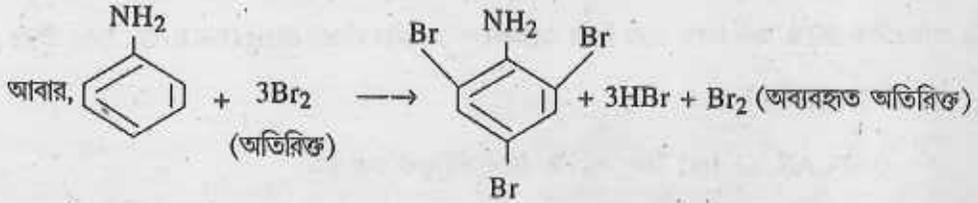
তত্ত্ব : অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পটাশিয়াম ব্রোমেট ($KBrO_3$) এবং পটাশিয়াম ব্রোমাইডের (KBr) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ব্রোমিন (Br_2) অ্যানিলিনের সাথে পরিমাণগতভাবে (quantitatively) বিক্রিয়া করে 2, 4, 6-ট্রাই-ব্রোমোঅ্যানিলিন উৎপন্ন করে।



অথবা



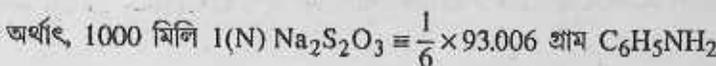
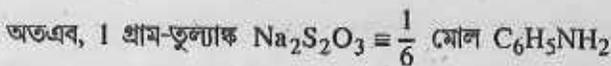
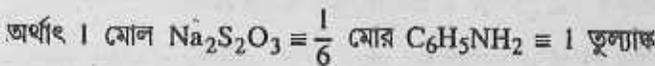
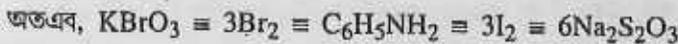
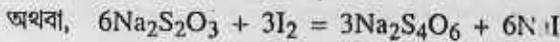
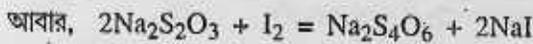
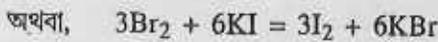
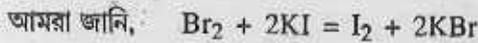
অর্থাৎ, (1 মোল) পটাশিয়াম ব্রোমেট ও পটাশিয়াম ব্রোমাইড (5 মোল) অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 3 মোল Br_2 উৎপন্ন হয়।



অ্যানিলিন

2, 4, 6-ট্রাইব্রোমো অ্যানিলিন

অর্থাৎ 1 মোল অ্যানিলিন ও অতিরিক্ত 3 মোল Br_2 -এর বিক্রিয়ায় 1 মোল 2, 4, 6-ট্রাই ব্রোমো অ্যানিলিন উৎপন্ন হয় এবং অব্যবহৃত অতিরিক্ত Br_2 1 মোল পড়ে থাকে। এই অব্যবহৃত অতিরিক্ত Br_2 -এর পরিমাণ আয়োডোমিট্রি (Iodometry) অর্থাৎ জাতমাত্রার সোডিয়াম থায়োসালফেট ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ও পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণের সাহায্যে পরিমাপ করা হয়। অতিরিক্ত Br_2 থেকে অব্যবহৃত Br_2 -এর পরিমাণ বাদ দিলে অ্যানিলিনের সাথে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী Br_2 -এর পরিমাণ জানা যায়।



অতএব, 1 মিলি 1(N) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \equiv 0.015511$ গ্রাম $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য :

(1) অজ্ঞাতমাত্রার অ্যানিলিন দ্রবণ : 1 লিটার আয়তনিক ফ্লাস্কে (volumetric flask) প্রায় 10 গ্রাম পাতিত অ্যানিলিন 11 মিলি গাঢ় HCl অ্যাসিড দ্রবীভূত করে পাতিত জল যোগ করে দ্রবণের আয়তন 1 লিটার করা হয়। এটি মজুত দ্রবণ (stock solution)। এই দ্রবণের 15 মিলি থেকে 21 মিলি এর মধ্যে যে-কোনো আয়তনের দ্রবণ অ্যানিলিনের পরিমাণগত বিশ্লেষণের জন্য নমুনা (sample) হিসাবে দেওয়া হয়।

(2) 0.6958 গ্রাম এর কাছাকাছি নির্দিষ্ট ওজন নিয়ে তাতে 5 গ্রামের সামান্য বেশি AR KBr যোগ করে 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে জল দিয়ে 250 মিলি আয়তন করে জ্ঞাতমাত্রার 0.1(N) KBrO_3 দ্রবণ প্রস্তুত হয়।

(3) 10% KI দ্রবণ :

10 গ্রাম AR KI 100 মিলি পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়।

(4) 0.1 (N) মাত্রার $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ : প্রায় 6.25 গ্রাম AR $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ পাতিত জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 মিলি করা হয়।

(5) 1% স্টার্চ দ্রবণ :

1 গ্রাম দ্রবণীয় (soluble) স্টার্চ প্রথমে ন্যূনতম আয়তনের ঈষৎ উষ্ণ জলে লেই তৈরি করা হয়। পরে 100 মিলি ফুটন্ত জলে লেইটি নাড়িয়ে দ্রবীভূত করা হয়।

পদ্ধতি :

(ক) অংশাঙ্কন সংশোধন (Calibration) :

ব্যুরেটের অংশাঙ্কনকে সাধারণত সঠিক মানদণ্ড (standard) হিসাবে ধরা হয়।

প্রথমে ব্যুরেটে জল ঢেলে ব্যুরেটের নিচের অংশ অর্থাৎ 50-এর দাগ থেকে নীচের অংশ জলপূর্ণ করতে হবে। ফলে ব্যুরেটের 0 (শূন্য) দাগ থেকে 50 দাগ অবধি ফাঁকা থাকবে। এখন পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি জল ব্যুরেটের মধ্যে ঢালা হয় যাতে ব্যুরেটের মধ্যে জলতলের পাঠ 25 দাগ-এ অথবা 25 দাগ-এর উপরে বা নীচে হতে পারে। যদি 25 দাগ-এ হয় তবে পিপেটের অংশাঙ্কন ব্যুরেটের অংশাঙ্কনের সমান। তাই, এক্ষেত্রে অংশাঙ্কন সংশোধনের প্রয়োজন নেই। কিন্তু 25 দাগের উপরে বা নীচে হলে অংশাঙ্কনের প্রয়োজন আছে। যেমন, ধরুন 25 দাগের নীচে হলে এবং এর মান 25.2 মিলি। তাহলে এক্ষেত্রে ব্যুরেটের সাপেক্ষে পিপেটের মাপ হবে $(50 - 25.2)$ মিলি বা 24.8 মিলি।

আবার 25 দাগের উপরে হলে যেমন ধরুন 24.8 মিলি। এক্ষেত্রে পিপেটের পাঠ হবে (50 - 24.8) মিলি বা 25.2 মিলি। ব্যুরেটের সাপেক্ষে পিপেটের অংশাঙ্কন সংশোধিত আয়তন ধরা হল = V_{C25} ।

একইভাবে 100 মিলি এবং 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কের অংশাঙ্কন সংশোধিত আয়তন নির্ণয় করা হয়। এদের অংশাঙ্কন সংশোধিত আয়তন যথাক্রমে V_{C100} এবং V_{C250} ধরা হল।

(খ) $KBrO_3$ — KBr -এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি :

0.1 (N) জ্ঞাতমাত্রার 250 মিলি $KBrO_3$ দ্রবণ প্রস্তুতি :

বিক্রিয়া : $BrO_3^- + 6H^+ + 6e \rightleftharpoons Br^- + 3H_2O$

$$\begin{aligned} \text{তুলান্বিতার} &= \frac{KBrO_3\text{-এর আণবিক গুরুত্ব}}{6} \\ &= \frac{39 + 80 + 48}{6} \\ &= \frac{167}{6} \\ &= 27.8333 \end{aligned}$$

অতএব, 1000 মিলি 1 (N) $KBrO_3$ দ্রবণ প্রস্তুত করতে প্রয়োজন হয় = 27.8333 গ্রাম

অথবা, 250 মিলি $\left(\frac{N}{10}\right)$ " " " " " " = $\frac{27.8333}{40}$ গ্রাম

V_{C250} দ্রবণে যুক্ত হয়েছে w গ্রাম

1 মিলি " " " $\frac{w}{V_{C250}}$ গ্রাম

\therefore 250 " " " " $\frac{w \times 250}{V_{C250}}$ গ্রাম

আমরা জানি, 250 মিলি দ্রবণে 0.6958 গ্রাম যুক্ত থাকলে মাত্রা হয় $\left(\frac{N}{10}\right)$

$$250 \text{ মিলি দ্রবণে } \frac{w \times 250}{V_{C250}} \text{ গ্রাম যুক্ত থাকলে মাত্রা হয় } \frac{w \times 250}{0.6958 \times V_{C250}} \left(\frac{N}{10}\right)$$

$$\text{অতএব, } 250 \text{ মিলি } KBrO_3 \text{ দ্রবণের মাত্রা } = \frac{w \times 250}{0.6958 \times V_{C250}} \left(\frac{N}{10}\right)$$

এখন, 250 মিলি $\frac{w \times 250}{0.6958 \times V_{C250}}$ মাত্রার $KBrO_3$ দ্রবণে প্রায় 5 গ্রাম KBr যোগ করলে $KBrO_3$ - KBr -

এর প্রমাণ দ্রবণ পাওয়া যাবে।

(গ) আয়োডোমিতি পদ্ধতিতে জ্ঞাতমাত্রার $KBrO_3-KBr$ দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় :

500 মিলি শঙ্খ আকৃতি ফ্লাস্কে পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি (এখানে V_{C25} মিলি) $KBrO_3-KBr$ -এর প্রমাণ দ্রবণ নিয়ে প্রথমে এতে 7 মিলি গাঢ় HCl এবং পরে 20% KI দ্রবণের 20 মিলি যোগ করে একটি ওয়াচগ্লাস দিয়ে ফ্লাস্কের মুখটা ঢেকে দিয়ে মিশ্রণটিকে অন্ধকারে 5 মিনিট রাখতে হবে। (মনে রাখতে হবে আয়োডিন বেরোবার জন্য দ্রবণের আম্লিকতা $\sim 2N$ হওয়া প্রয়োজন)। এরপর দ্রবণে ~ 162 মিলি জল যোগ করলে দ্রবণের আম্লিকতার মাত্রা $\sim 0.5(N)$ হয়। এখন, ব্যুরেট থেকে অজ্ঞাত মাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ অল্প অল্প করে যোগ করে অনুমাপন করা হয়। দ্রবণের গাঢ় বাদামী রঙ কিছুটা ফিকে হয়ে এলে 2 মিলি স্টার্চ দ্রবণ যুক্ত করা হয়, দ্রবণটি গাঢ় নীল বর্ণ ধারণ করে। আবার ব্যুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা থায়োসালফেট দ্রবণ যুক্ত করতে হবে যতক্ষণ না দ্রবণের রঙ বর্ণহীন হয়। ধরা যাক, ঐ সময় ব্যুরেট পাঠ V_1 মিলি।

$$\therefore V_1 \times Na_2S_2O_3 \text{ দ্রবণের মাত্রা} = V_{C25} \times \frac{w \times 250}{0.6958 \times V_{C250}} \left(\frac{N}{10} \right)$$

$$\therefore Na_2S_2O_3 \text{ দ্রবণের মাত্রা} = \frac{V_{C25} \times w \times 250}{V_1 \times 0.6958 \times V_{C250}} \left(\frac{N}{10} \right)$$

(ঘ) HCl যুক্ত অ্যানিলিনের প্রদত্ত নমুনাটিকে (sample) V_{C100} মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে পরিমাণগতভাবে (quantitatively) স্থানান্তরিত করে ফ্লাস্কের গায়ে 100 মিলি আয়তন নির্দেশিত দাগ অবধি জল ঢেলে মিশ্রণটিকে সমসত্ত্ব করা হয়। এভাবে প্রাপ্ত অ্যানিলিনের দ্রবণে প্রায় 0.2(N) HCl মুক্ত অবস্থায় থাকে। পরবর্তী পর্যায়ে অ্যানিলিনের পরিমাণ নির্ধারণের জন্য প্রতি ক্ষেত্রে এই দ্রবণের 25 মিলি ব্যবহার করা হয়।

(ঙ) পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি উক্ত অ্যানিলিন দ্রবণ 500 মিলি শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করে এতে 50 মিলি প্রমাণ মাত্রার $KBrO_3-KBr$ প্রমাণ দ্রবণ যোগ করা হয়। এরপর 15 মিলি গাঢ় HCl যোগ করা হয় যাতে দ্রবণে অম্লের মাত্রা $\sim 2(N)$ হয় এবং ওয়াচগ্লাস (watch glass) দিয়ে ফ্লাস্কের মুখটি ঢেকে মিশ্রণটিকে অন্ধকারে কমপক্ষে 10 মিনিট রাখতে হয় যাতে সমস্ত Br_2 মুক্ত হয়। এবার ফ্লাস্কটিকে বাইরে এনে ওয়াচগ্লাসের তলদেশ ও ফ্লাস্কের ভিতরের গা পাতিত জল দিয়ে ধুয়ে ফ্লাস্কের ভিতরে নিতে হবে। এরপর এতে 1 গ্রাম KI (অথবা 10% KI দ্রবণের 10 মিলি) যোগ করে মিশ্রণটিতে 250 মিলি জল যোগ করা হয় যাতে দ্রবণের আম্লিকতা 0.5 (N)-এর নীচে থাকে। এখন আগের মতোই স্টার্চ নির্দেশকের উপস্থিতিতে জ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন করা হয়।

ধরুন, ব্যুরেট পাঠ = V_2 মিলি

আমরা আগে দেখেছি, 25 মিলি $\text{KBrO}_3\text{-KBr}$ দ্রবণের জন্য প্রয়োজন হয় = $2 V_1$ মিলি $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ।

(\therefore 50 মিলি = $2V_1$ মিলি)

অতএব, প্রকৃতপক্ষে, অ্যানিলিনের সাথে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ব্রোমিনের (Br_2) জন্য প্রয়োজন হয় = $(2V_1 - V_2)$ মিলি $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ।

পরীক্ষালব্ধ ফল :

টেবিল—1 : $\text{KBrO}_3\text{-KBr}$ -এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি :

ওজন বোতল + KBrO_3 এর প্রারম্ভিক ওজন	ওজন বোতল + KBrO_3 এর অন্তিম ওজন	KBrO_3 -এর ওজন
w_1 গ্রাম	w_2 গ্রাম	$(w_1 - w_2) = w$ গ্রাম

টেবিল—2 : জ্ঞাতমাত্রার $\text{KBrO}_3\text{-KBr}$ দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণের প্রমিতকরণ :

অনুমাণ সংখ্যা	জ্ঞাতমাত্রার $\text{KBrO}_3\text{-KBr}$ দ্রবণের আয়তন (মিলি)	জ্ঞাতমাত্রার $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ; ব্যুরেট পাঠ		সোডিয়াম- থাইোসালফেটের গড় আয়তন (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25	0	V_1'	V_1
2	25	0	V_1''	
3	25	0	V_1'''	

টেবিল—3 : অ্যানিলিন দ্রবণে অ্যানিলিনের পরিমাণ নির্ণয় :

অনুমাণ সংখ্যা	অ্যানিলিন দ্রবণ (A) + (B) $\text{KBr}_3\text{O-KBr}$ দ্রবণের আয়তন (মিলি) A + B	জ্ঞাতমাত্রার $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ; ব্যুরেট পাঠ		সোডিয়াম- থাইোসালফেটের গড় আয়তন (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25 + 50	0	V_2'	V_2
2	25 + 50	0	V_2''	
3	25 + 50	0	V_3'''	

গণনা (Calculation) :

1 মিলি 1 (N) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ $\equiv 0.015511$ গ্রাম $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ অ্যানিলিন $(2V_1 - V_2)$ মিলি 1(N)

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ $\equiv (2V_1 - V_2) \times 0.015511$ গ্রাম-অ্যানিলিন

অথবা, $(2V_1 - V_2)$ মিলি $\frac{V_C 25 \times W \times 250}{V_1 \times 0.6958 \times V_C 250} \left(\frac{N}{10}\right) \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ

$$\equiv \frac{(2V_1 - V_2) \times 0.015511 \times V_C 25 \times W \times 250}{V_1 \times 0.6958 \times V_C 250 \times 10} \text{ গ্রাম-অ্যানিলিন}$$

উক্ত পরিমাণ অ্যানিলিন $V_C 25$ মিলি অ্যানিলিন দ্রবণের মধ্যে রয়েছে।

অতএব, $V_C 25$ মিলি-এ আছে $= \frac{(2V_1 - V_2) \times 0.015511 \times V_C 25 \times W \times 250}{V_1 \times 0.6958 \times V_C 250 \times 10}$ গ্রাম-অ্যানিলিন

$\therefore V_C 100$ মিলি-এ আছে $= \frac{(2V_1 - V_2) \times 0.015511 \times V_C 25 \times W \times 250 \times V_C 100}{V_1 \times 0.6958 \times V_C 250 \times 10 \times V_C 25}$

$$= \frac{2V_1 - V_2}{V_1} \times W \times \frac{0.015511 \times 250}{0.6958 \times 10} \times \frac{V_C 100}{V_C 250} \text{ গ্রাম-অ্যানিলিন}$$

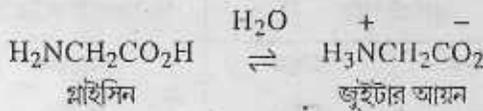
অর্থাৎ প্রদত্ত নমুনায় মোট অ্যানিলিনের পরিমাণ $= \frac{2V_1 - V_2}{V_1} \times W \times 0.5569 \times \frac{V_C 100}{V_C 250}$ গ্রাম।

**যে-কোনো দু'টি ব্যুরেট পাঠ $V_1' - V_1''$, $V_1' - V_1'''$, $V_1'' - V_1'''$ ইত্যাদি যেন 0.1 মিলির বেশি তফাত না হয়। এটা যে-কোনো পরিমাপন সম্পর্কে প্রযোজ্য।

5.3 অ্যামিনো-অ্যাসিডের (গ্লাইসিন) পরিমাণগত বিশ্লেষণ

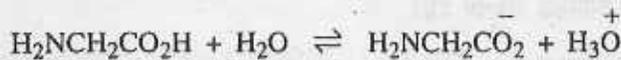
সোরেনসেন ফরম্যাল অনুমাপন (Sorensen Formal Titration) পদ্ধতি :

তত্ত্ব : জলীয় দ্রবণে অ্যামিনো-অ্যাসিডগুলি প্রধানত জুইটার আয়ন বা দ্বিমেরু আয়ন (Zwitter ion) থাকবার ফলে প্রথম দ্রবণের মতো আচরণ করে, ফলে ক্ষার দিয়ে সরাসরি বিক্রিয়া ঘটিয়ে এদের পরিমাণ নির্ণয় করা যায় না।

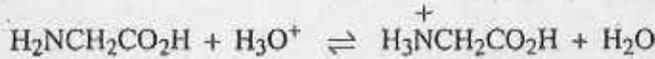


তাই, অ্যামিনো-অ্যাসিডের অ্যামিনো গ্রুপকে $(-\text{NH}_2)$ ফরম্যালডিহাইডের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যামিনো-অ্যাসিডের জাতকে রূপান্তরিত করা হয় যার ফলে নাইট্রোজেনের ক্ষারকীয়তা এমনভাবে কমে যায় যে জাতক যৌগগুলি সহজে আর প্রোটনের সাথে যুক্ত হয় না। এই অবস্থায় অনুমাপন বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রমাণ মাত্রার ক্ষারের সাহায্যে জাতক অ্যামিনো-অ্যাসিডটির পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

প্রথমে, অ্যামিনো-অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়।



উৎপন্ন H_3O^+ ও উভয় যৌগের নাইট্রোজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের বিক্রিয়ায় নিচের বিক্রিয়া দুটি সম্পন্ন হয়।



I



II

III

অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে গ্লাইসিন নিম্নলিখিত সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে



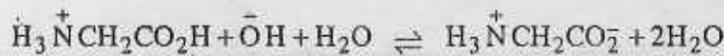
I

III

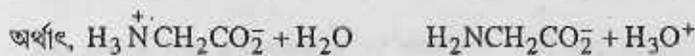
II

H_3N^+ -গ্রুপ ইলেকট্রন-আকর্ষী বলে $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ যৌগটি বেশি আম্লিক এবং $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ যৌগটি দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিডের মতো আচরণ করে।

এখন দ্রবণে লঘু ক্ষার যোগ করলে, OH^- আয়ন এবং I-এর বিক্রিয়ায় III উৎপন্ন হয়।



এবং এই অবস্থায় দ্রবণে II এবং III সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে।

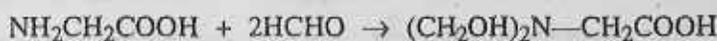
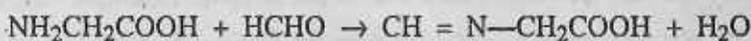


III

II

এরপর দ্রবণে ফরম্যালডিহাইড যোগ করলে, ফরম্যালডিহাইড ও II-এর বিক্রিয়ায় H_2N -গ্রুপের বিভিন্ন জাতক উৎপন্ন হয়।

যেমন, $\text{HON}_2\text{C}-\text{NHCH}_2\text{CO}_2^-$, $(\text{HOH}_2\text{C})_2\text{NCH}_2\text{CO}_2^-$, $\text{H}_2\text{C}=\text{NCH}_2\text{CO}_2^-$ ইত্যাদি



এই জাতকগুলি এবং H_3O^+ -এর বিক্রিয়ায় $HOH_2CNHCH_2CO_2H$, $(HOH_2C)_2NCH_2CO_2H$, $H_2C = NCH_2CO_2H$ ইত্যাদি অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

এই গ্লাইসিন জাতকগুলিতে কার্বক্সিলিক গ্রুপ মুক্ত অবস্থায় থাকে বলে ক্ষারের সাথে সরাসরি বিক্রিয়ায় এদের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য :

- (1) $-\left(\frac{N}{10}\right)$ অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ
- (2) $-\left(\frac{N}{10}\right)$ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ
- (3) ফরম্যালিন দ্রবণ
- (4) ফিনলপথ্যালিন নির্দেশক
- (5) গ্লাইসিন

পদ্ধতি :

(ক) পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি অক্সালিক অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করে প্রথমে অল্প পাতিত জল দিয়ে অক্সালিক অ্যাসিডকে ফ্লাস্কের গায়ে 250 মিলি আয়তন নির্দেশিত দাগ অবধি জল ঢেলে ফ্লাস্কের মুখে কাচের ছিপি আটকিয়ে ভালোভাবে ঝাঁকিয়ে মিশ্রণটি সমসত্ত্ব করা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত দ্রবণের শক্তিমাত্রা $\sim 0.1(N)$ হবে।

(খ) ফিনলপথ্যালিন নির্দেশকের উপস্থিতিতে স্ফাতমাত্রার অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের প্রদত্ত (supplied) দ্রবণের প্রমিতকরণ করা হয়।

(গ) প্রদত্ত গ্লাইসিনকে পরিমাণগতভাবে 100 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করে পাতিত জল ঢেলে দ্রবীভূত করা হয়। এরপর ফ্লাস্কের গায়ে আঁকা নির্দিষ্ট দাগ অবধি পাতিত জল ঢেলে ফ্লাস্কটিকে ভালোভাবে ঝাঁকিয়ে দ্রবণটি সমসত্ত্ব করা হয়।

(ঘ) গ্লাইসিনের পরিমাণ নির্ণয় :

(i) গ্লাইসিনে উপস্থিত মুক্ত অ্যাসিডের প্রশমন : উক্ত গ্লাইসিন দ্রবণের 25 মিলি পিপেটের সাহায্যে 250 মিলি কনিক্যাল ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করা হয়। এরপর 1 ফেঁটা ফিনলপথ্যালিন নির্দেশক যোগ করে এতে ব্যুরেট থেকে উপরোক্ত (খ) সোডিয়াম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH) দ্রবণ ফেঁটা ফেঁটা করে ফেলে অনুমাপন করা হয়। মুক্ত

অ্যাসিডের প্রশমন হয়ে যখন প্রথম গোলাপী বর্ণ দেখা যাবে ব্যুরেটের ঐ পাঠ অগ্রাহ্য করে আবার জ্ঞাত মাত্রার NaOH (খ) যোগ করে এর পাঠ শূন্য (zero) করা হয়।

(ii) ফরম্যালডিহাইড দ্রবণের প্রশমন। ফরম্যালডিহাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে কিছু পরিমাণ ফরমিক অ্যাসিড তৈরি হয়। এই অ্যাসিডকে প্রথমে প্রশমিত করতে হবে। পরিমাপক সিলিন্ডারের (measuring cylinder) সাহায্যে 10 মিলি ফরম্যালডিহাইড (40%) মেপে 250 মিলি কনিক্যাল ফ্লাস্কে ঢালা হয়। এতে 25 মিলি পাতিত জল এবং 1 ফোঁটা ফিনলপথ্যালিন যোগ করে অতি লঘু NaOH দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন করা হয়। আগের মতোই যখন প্রথম গোলাপী বর্ণ দেখা যাবে।

(iii) এবার ঐ প্রশমিত ফরম্যালডিহাইডের দ্রবণটি উক্ত অ্যামিনো-অ্যাসিডের দ্রবণে যোগ করে ভালোভাবে মিশিয়ে মিশ্রিত দ্রবণকে জ্ঞাতমাত্রার NaOH দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করা হয়। অল্প অল্প করে স্কার যোগ করে ফ্লাস্কটিকে ক্রমাগত নাড়াতে হবে। প্রশমন হলে দ্রবণের রঙ হালকা গোলাপী হবে।

বিঃদ্রঃ প্রতিবারই ব্যুরেটের শূন্য দাগ পর্যন্ত NaOH দ্রবণ ভর্তি করে পরিমাপন করতে হবে।

(ঙ) পরীক্ষাধীন ফল :

টেবিল—1 : ~ 0.1(N) জ্ঞাতমাত্রার অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুতি :

তোলন বোতল + অক্সালিক অ্যাসিডের প্রারম্ভিক ওজন (গ্রাম)	তোলন বোতল + অক্সালিক অ্যাসিডের অন্তিম ওজন (গ্রাম)	অক্সালিক অ্যাসিডের ওজন (গ্রাম)	অক্সালিক অ্যাসিডের শক্তি মাত্রা
w_1	w_2	$w_1 - w_2 = w$	$\frac{w}{1575}(N)$

$$250 \text{ মিলি অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের শক্তিমাত্রা} = \frac{w}{1575} \left(\frac{N}{10} \right)$$

টেবিল—2 : জ্ঞাতমাত্রার অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH)

দ্রবণের প্রমিতকরণ :

অনুমাণন সংখ্যা	জ্ঞাতমাত্রার অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন (মিলি)	অজ্ঞাতমাত্রার NaOH দ্রবণ বুরেট পাঠ		NaOH দ্রবণের গড় আয়তন (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25	0	V_1'	V_1
2	25	0	V_1''	
3	25	0	V_1'''	

টেবিল—3 : গ্লাইসিনের পরিমাণ নির্ণয় :

অনুমাণন সংখ্যা	গ্লাইসিন দ্রবণের আয়তন (মিলি)	জ্ঞাতমাত্রার NaOH দ্রবণ বুরেট পাঠ		জ্ঞাতমাত্রার NaOH দ্রবণের আয়তন (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25	0	V_1'	V_2
2	25	0	V_1''	
3	25	0	V_1'''	

গণনা : প্রথম অনুমাণন :

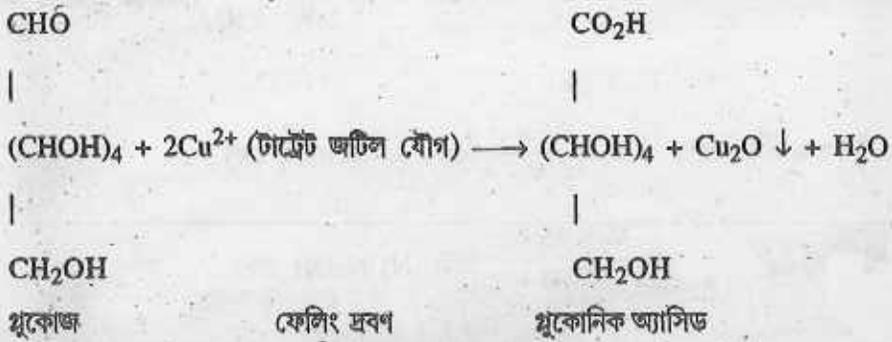
$$\text{অক্সালিক অ্যাসিডের শক্তিমাত্রা} = \frac{w}{1.575} \left(\frac{N}{10} \right)$$

এই $x \left(\frac{N}{10} \right)$ শক্তিমাত্রার অক্সালিক অ্যাসিডটি আমরা $= \left(\frac{N}{10} \right)$ NaOH দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়ে ব্যবহার করব।

টেবিল—2-এ NaOH দ্রবণের গড় আয়তন ছিল $= V_1$ মিলি

$$\therefore \text{NaOH দ্রবণের শক্তিমাত্রা} = \frac{25 \times x}{V_1} \left(\frac{N}{10} \right) \dots \dots (i)$$

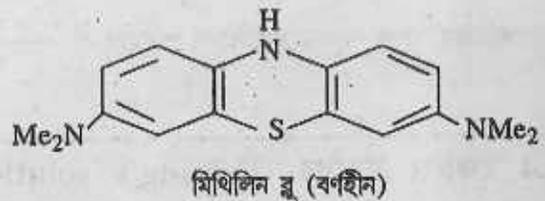
তত্ত্ব : এই দ্রবণ অ্যালডোজ শর্করা (aldose sugars) যেমন, গ্লুকোজ দ্বারা বিজারিত হয়ে লাল বর্ণের কিউপ্রাস অক্সাইডে (Cu₂O) পরিণত হয়।



মিথিলিন ব্লু নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রথমে গ্লুকোজের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে ফেলিং দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করা হয়। পরে জ্ঞাতমাত্রার এই ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণে গ্লুকোজের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। অনুমাপনের প্রান্তবিন্দুতে (end point) নীল Cu²⁺ আয়ন সম্পূর্ণভাবে লাল Cu₂O রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় বলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। প্রান্তবিন্দুটিকে যাতে সহজেই বোঝা যায় তাই প্রান্তবিন্দুতে পৌঁছানোর পূর্বেই কয়েক ফোঁটা মিথিলিন ব্লু দ্রবণে যোগ করা হয়।



বিজারণ
জারণ



প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ :

(1) জ্ঞাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণ প্রস্তুতি : তৌল বোতলের (weighing bottle) সাহায্যে নির্ভুলভাবে ওজন করা প্রায় 1.25 গ্রাম শুষ্ক গ্লুকোজকে 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে নিয়ে পাতিত জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 মিলি করা হয়। এটি জ্ঞাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণ। এই দ্রবণটির সাহায্যে ফেলিং দ্রবণের শক্তিমাত্রা নির্ণয় করা হয়।

(2) (i) ফেলিং দ্রবণ-I : 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে প্রায় 17.32 গ্রাম $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ পাতিত জলে দ্রবীভূত করে ফ্লাস্কের গায়ে আঁকা দাগ পর্যন্ত জল ঢেলে পূর্ণ করা হয়।

(ii) ফেলিং দ্রবণ-II : 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে প্রায় 8.65 গ্রাম রোচিলি লবণ (সোডিয়াম পটাশিয়াম টারট্রেট) ও 25 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH) পাতিত জলে দ্রবীভূত করে জল ঢেলে ফ্লাস্কের গায়ে আঁকা দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা হয়।

(3) মিথিলিন ব্লু : 0.5 গ্রাম মিথিলিন ব্লু 100 মিলি পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়।

পদ্ধতি : (ক) ফেলিং দ্রবণের প্রমিতকরণ (standardisation) :

যখন ফেলিং দ্রবণের প্রয়োজন হয় তখন সম আয়তনের ফেলিং দ্রবণ-I এবং ফেলিং দ্রবণ-II (সাধারণ তাপমাত্রায়) একটি শুষ্ক ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করা হয় এবং ভালোভাবে মিশিয়ে নেওয়া হয়। পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি এই মিশ্রিত ফেলিং দ্রবণ 150 মিলি শব্দ আকৃতির ফ্লাস্কে নেওয়া হয়। এরপর ফ্লাস্কটিকে ত্রিপদ স্ট্যান্ডের উপর এ্যাসবেসটাস দেওয়া তারজালিতে বসানো হয় এবং বুনসেন বার্নারের সাহায্যে দ্রবণটিকে আন্তে আন্তে ফেটানো হয়। মৃদুভাবে ফুটন্ত অবস্থায় ব্যুরেট থেকে অজ্ঞাতমাত্রার থুকোজ দ্রবণ ফেঁটা ফেঁটা করে যোগ করা হয়। লাল রঙের Cu_2O -এর অধঃক্ষেপ ফ্লাস্কের তলদেশে জমা হতে দেখা যায়। যখন দ্রবণ ঈষৎ নীল বর্ণের মতো দেখায় তখন 2 থেকে 4 ফেঁটা মিথিলিন ব্লু নির্দেশক যোগ করা হয় এবং ফুটন্ত অবস্থাতেই অনুমাপন অব্যাহত রাখা হয়, যতক্ষণ না পর্যন্ত দ্রবণ বর্ণহীন হয় এবং উজ্জ্বল লাল রঙের Cu_2O একসাথেই অধঃক্ষিপ্ত হয়ে ফ্লাস্কের তলদেশে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হলে, ব্যুরেট থেকে ব্যবহৃত থুকোজ দ্রবণের আয়তন জেনে নেওয়া হয়। নির্দেশক যোগ করার পর এক মিনিটের মধ্যে এবং সমস্ত অনুমাপন প্রক্রিয়াটি 3 মিনিটের মধ্যে শেষ করা বাঞ্ছনীয়।

(খ) অজ্ঞাতমাত্রার ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার থুকোজ দ্রবণে থুকোজের পরিমাণ নির্ণয় :

পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি প্রমাণ মাত্রার ফেলিং দ্রবণ শব্দ আকৃতির ফ্লাস্কে নেওয়া হয় এবং পূর্বের পদ্ধতি অনুযায়ী অজ্ঞাতমাত্রার থুকোজ দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন করা হয়।

পরীক্ষালব্ধ ফল :

টেবিল—1 : প্রমাণ মাত্রার থুকোজ দ্রবণ প্রস্তুতিকরণ :

থুকোজ + তোলন বোতলের প্রারম্ভিক ওজন	থুকোজ + তোলন বোতলের অন্তিম ওজন	থুকোজের ওজন
w_1 গ্রাম	w_2 গ্রাম	$w_1 - w_2 = w$ গ্রাম

250 মিলি পতিত জলে w গ্রাম থুকোজ দ্রবীভূত করা হয়।

অর্থাৎ 1 মিলি গ্লুকোজের প্রমাণ দ্রবণে $\frac{w}{250}$ গ্রাম গ্লুকোজ থাকে।

টেবিল—2 : জ্ঞাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার ফেলিং দ্রবণের প্রমিতকরণ :

অনুমাণন সংখ্যা	ফেলিং দ্রবণের আয়তন (মিলি)	প্রমাণ মাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণ বুরেট পাঠ		গ্লুকোজ দ্রবণের আয়তনের গড় (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25	0	V_1'	V_1
2	25	0	V_1''	
3	25	0	V_1'''	

টেবিল—3 : জ্ঞাতমাত্রার ফেলিং দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণে গ্লুকোজের পরিমাণ

নির্ণয় :

অনুমাণন সংখ্যা	জ্ঞাতমাত্রার ফেলিং দ্রবণের আয়তন (মিলি)	অজ্ঞাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণ বুরেট পাঠ		গ্লুকোজ দ্রবণের আয়তনের গড় (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25	0	V_1'	V_2
2	25	0	V_1''	
3	25	0	V_1'''	

গণনা : 25 মিলি ফেলিং দ্রবণ $\equiv V_1$ মিলি প্রমাণ মাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণ

$$\equiv \frac{w}{250} \times V_1 \text{ গ্রাম গ্লুকোজ}$$

আবার 25 মিলি ফেলিং দ্রবণ \equiv অজ্ঞাতমাত্রার V_2 মিলি গ্লুকোজ দ্রবণ

$$\equiv \frac{w}{250} \times V_1 \text{ গ্রাম গ্লুকোজ}$$

অর্থাৎ অজ্ঞাতমাত্রার 1 মিলি গ্লুকোজ দ্রবণে গ্লুকোজের পরিমাণ $\frac{w \times V_1}{250 \times V_2}$ গ্রাম

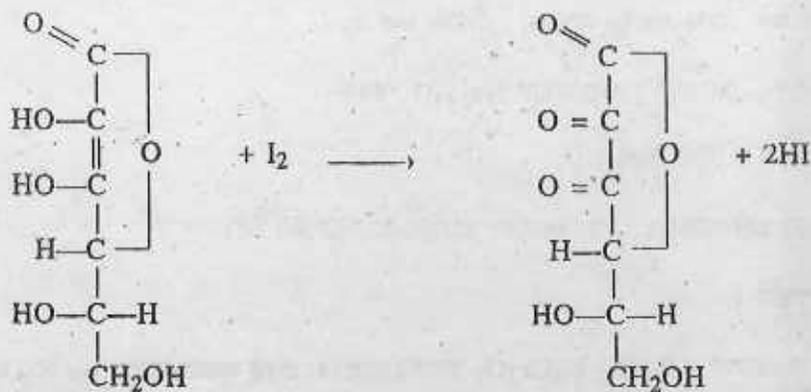
$$\therefore 1000 \text{ মিলি অভ্রাতমাত্রার গ্লুকোজ দ্রবণে গ্লুকোজের পরিমাণ} = \frac{w \times V_1 \times 1000}{250 \times V_2} \text{ গ্রাম}$$

$$= \frac{w \times 4 \times V_1}{V_2} \text{ গ্রাম}$$

$$\text{অর্থাৎ গ্রাম/লিটারে গ্লুকোজের পরিমাণ} = 4w \times \frac{V_1}{V_2}$$

5.5 L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড বা 'ভিটামিন-সি'-এর পরিমাণগত বিশ্লেষণ

তত্ত্ব : L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড বা 'ভিটামিন-সি' ও আয়োডিনের বিক্রিয়ায় অ্যাসকরবিক অ্যাসিড জারিত হয়ে ডি-হাইড্রো-L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড

বা

ভিটামিন-সি

ডি-হাইড্রো-L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড

বা

ডি-হাইড্রোজেন বিহীন ভিটামিন-সি

আণবিক সংকেত অনুযায়ী,



L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড

ডিহাইড্রো-L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড

আয়োডোমিতি অনুসারে,



অর্থাৎ, 1 মোল $C_6H_8O_6 \equiv 1$ মোল $I_2 \equiv 2$ মোল $Na_2S_2O_3$

বা, 2 মোল $Na_2S_2O_3 \equiv 1$ মোল $C_6H_8O_6$

বা, 1 মোল $Na_2S_2O_3 \equiv \frac{1}{2}$ মোল $C_6H_8O_6$

অর্থাৎ, 1000 মিলি 1(N) $Na_2S_2O_3 = 88.6$ গ্রাম ভিটামিন-সি

1 " 1(N) $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ $\equiv 0.08806$ গ্রাম ভিটামিন-সি

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ :

(1) 0.01 (N) প্রমাণ মাত্রার পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণ

(2) KI দ্রবণে - 0.01 (N) শক্তিমাত্রার I_2 এর KI দ্রবণ 12 গ্রাম KI দ্রবণে 1.27 গ্রাম I_2 দ্রবীভূত করে পাতিত জল ঢেলে দ্রবণের আয়তন 1 লিটার করা হয়।

(3) ~ 0.01 (N) শক্তিমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ

(4) 1% স্টার্চ দ্রবণ

(5) অজ্ঞাতমাত্রার L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড বা 'ভিটামিন সি'।

পদ্ধতি :

(ক) প্রমাণ ~ 0.1(N) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের সাহায্যে প্রদত্ত অজ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের প্রমিতকরণ :
প্রথমে 250 ml - 0.1(N) মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করতে হবে। এবার 25 মিলি প্রমাণ মাত্রার ~ 0.01 (N) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে 500 মিলি শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করা হল। এতে 25 মিলি 4(N) H_2SO_4 যোগ করার পর 10% KI দ্রবণের 10 মিলি দ্রবণ যোগ করে ওয়াচ গ্লাস (watch glass) দিয়ে ফ্লাস্কের মুখ ঢেকে ফ্লাস্কটিকে অন্ধকারে 3 মিনিট রাখা হয়। ফ্লাস্কটি বের করে এতে 120 মিলি পাতিত জল যোগ করে দ্রবণের অম্লতা ~0.5(N) করা হয়। এখন মিশ্রণটিকে ব্যুরেটে নেওয়া অজ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন করা হয় যতক্ষণ না পর্যন্ত দ্রবণ হাল্কা হলুদ বর্ণের হয়। এরপর 1% স্টার্চ দ্রবণের 2 মিলি যোগ করে অনুমাপন অব্যাহত রাখা হয় যতক্ষণ না পর্যন্ত নীল বর্ণের দ্রবণ হাল্কা সবুজাভ হয়।



কমলা

সবুজ

(খ) জ্ঞাতমাত্রার $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণের সাহায্যে আয়োডিন দ্রবণের প্রমিতকরণ :

প্রদত্ত আয়োডিন দ্রবণের 25 মিলি পিপেটের সাহায্যে 500 মিলি শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কে (conical flask) স্থানান্তরিত করা হয়। পাতিত জল ঢেলে দ্রবণের আয়তন 100 মিলি করে ব্যুরেটে নেওয়া জ্ঞাতমাত্রার (~0.1(N)) সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন (titration) করা হয়। সমাপ্তি-ক্ষণ (end point) আসার পূর্বে দ্রবণ খড়ের (হালকা হলুদ) মতো বর্ণ ধারণা করে। এই সময় 2-5 মিলি স্টার্চ দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয় এবং অনুমান প্রক্রিয়া বজায় রাখলে অন্তিম-ক্ষণে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। ব্যুরেট থেকে ব্যবহৃত সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের আয়তন জেনে নেওয়া হয়।

(গ) প্রদত্ত 'ভিটামিন-সি' নমুনাটি পরিমাণগতভাবে 100 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে স্থানান্তরিত করার পর পাতিত জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 100 মিলি করা হয়।

(ঘ) অজ্ঞাতমাত্রার 'ভিটামিন-সি' এর জলীয় দ্রবণে 'ভিটামিন-সি' এর পরিমাণ নির্ণয় :

500 মিলি শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কে পিপেটের সাহায্যে 25 মিলি 'ভিটামিন-সি' এর জলীয় দ্রবণ স্থানান্তরিত করে এতে 25 মিলি পাতিত জল যোগ করা হয়। এরপর এতে 3 মিলি 4(N) H_2SO_4 যোগ করার পর পিপেটের সাহায্যে প্রয়োজনের অতিরিক্ত সঠিক আয়তনের (50 মিলি) জ্ঞাতমাত্রার (~0.01 N) আয়োডিন দ্রবণ যোগ করা হয়। 30 সেকেন্ড অপেক্ষা করে 1% স্টার্চ দ্রবণের 2 মিলি দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীল হয়। এখন খুব তাড়াতাড়ি জ্ঞাতমাত্রার সোডিয়াম থায়োসালফেটের সাহায্যে অনুমাপন করলে অন্তিমক্ষণে দ্রবণ বর্ণহীন হবে। ব্যুরেট থেকে ব্যবহৃত সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের আয়তন জেনে নেওয়া হয়।

পরীক্ষালব্ধ ফল :

টেবিল—1 : 250 মিলি $\left(-\frac{N}{10}\right)$ পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ প্রস্তুতি :

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ + তোলন বোতলের প্রারম্ভিক ওজন (গ্রাম)	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ + তোলন বোতলের অন্তিম ওজন (গ্রাম)	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -এর ওজন (গ্রাম)	দ্রবণের মাত্রা
w_1	w_2	$w_1 - w_2 = w$	$\frac{w}{1.226} \left(\frac{N}{10}\right)$

w গ্রাম $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 250 মিলি আয়তনিক ফ্লাস্কে নিয়ে পাতিত জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণকে 250 মিলি করা হয়।

টেবিল—2 : জ্ঞাতমাত্রার $\left(\sim \frac{N}{10}\right) K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার $\sim \left(\frac{N}{10}\right) Na_2S_2O_3$ দ্রবণের

প্রমিতকরণ :

অনুমাণন সংখ্যা	জ্ঞাতমাত্রার $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের আয়তন (মিলি)	অজ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ বুরেট পাঠ		সোডিয়াম থাইোসালফেটের দ্রবণের গড় আয়তন (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25	0	V_1'	V_1
2	25	0	V_1''	
3	25	0	V_1'''	

$$\text{সোডিয়াম থাইোসালফেট দ্রবণের মাত্রা} = \frac{25 \times w}{v_1 \times 1.226} \left(\frac{N}{10}\right) = S(N) \text{ ধরুন।}$$

টেবিল—3 : জ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের সাহায্যে আয়োডিন দ্রবণের প্রমিতকরণ :

অনুমাণন সংখ্যা	আয়োডিন দ্রবণের আয়তন (মিলি)	জ্ঞাতমাত্রার $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ বুরেট পাঠ		সোডিয়াম থাইোসালফেট দ্রবণের গড় আয়তন (মিলি)	সোডিয়াম থাইোসালফেট দ্রবণের শক্তিমাত্রা
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)		
1	25	0	x_1	$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{x^3}$	$S_1(N)$
2	25	0	x_2		
3	25	0	x_3		

$$\text{আয়োডিন দ্রবণের মাত্রা} = \frac{x \cdot S(N)}{25} = S_1(N) \text{ ধরুন}$$

টেবিল—4 : জ্ঞাতমাত্রার আয়োডিন দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাতমাত্রার 'ভিটামিন-সি'-এর জলীয় দ্রবণে 'ভিটামিন-সি' এর পরিমাণ নির্ণয় :

অনুমাণন সংখ্যা	'ভিটামিন-সি' এর জলীয় দ্রবণের আয়তন + আয়োডিন দ্রবণের আয়তন (মিলি)	জ্ঞাতমাত্রার সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ ব্যুরেট পাঠ		সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের গড় আয়তন (মিলি)
		প্রারম্ভিক (মিলি)	অন্তিম (মিলি)	
1	25 + 50	0	y_1	
2	25 + 50	0	y_2	y
3	25 + 50	0	y_3	

গণনা : (i) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণের শক্তিমাত্রা = S (N)

(ii) আয়োডিন দ্রবণের শক্তিমাত্রা = S_1 (N)

(iii) 25 মিলি আয়োডিন দ্রবণ $\equiv x$ মিলি $S(N)$ দ্রবণ

(iv) প্রদত্ত 'ভিটামিন-সি' দ্রবণের 25 মিলি + 50 মিলি আয়োডিন দ্রবণ $\equiv y$ মিলি $S(N)$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ।

অতএব, প্রদত্ত 25 মিলি 'ভিটামিন-সি' কর্তৃক ব্যবহৃত আয়োডিন দ্রবণের আয়তন = $(2x - y)$ মিলি $S(N)$

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ।

আমরা আগেই জেনেছি,

1 মিলি 1 (N) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণ $\equiv 0.08806$ গ্রাম 'ভিটামিন-সি'

$$\therefore (2x - y) \dots \equiv (2x - y) \times S \times 0.08806 \text{ গ্রাম 'ভিটামিন সি'}$$

অর্থাৎ, প্রদত্ত 25 মিলি দ্রবণে L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড বা 'ভিটামিন সি'-এর পরিমাণ = $(2x - y) \times S \times 0.08806$ গ্রাম।

$$\therefore 100 \text{ মিলি দ্রবণে এর পরিমাণ} = (2x - y) \times S \times 0.08806 \times 4 \text{ গ্রাম}$$

অতএব, প্রদত্ত নমুনায় L-অ্যাসকরবিক অ্যাসিড বা 'ভিটামিন-সি'-এর পরিমাণ = $(2x - y) \times S \times 0.08806 \times 4$ গ্রাম।

একক 6 □ পরিমাপনের যান্ত্রিক পদ্ধতিসমূহ

গঠন

6.1 বর্ণমিতি

6.2 সমবর্তনমাপক

6.3 pH মিতি

6.1 বর্ণমিতি (Colorimetry)

6.1.1 যন্ত্র বিবরণ (Description of apparatus) : বর্ণমিতির পরিমাপনের যন্ত্র দু'রকম : (i) বর্ণমাপক (colorimeter) ও (ii) বর্ণালী আলোকমাপক (Spectrophotometer)। আপনারা প্রথম ধরনের যন্ত্রে কাজ করবেন। নানা রকমের কলারিমিটার দেখা যায়। সাধারণত দু'ভাবে ব্যবহৃত একটি কলারিমিটারের ছবি নিচে দেওয়া হল।



(চিত্র 6.1)

এই যন্ত্রের আলোক উৎস হিসাবে একটি টাংস্টেন ফিলামেন্ট ব্যবহার করা হয় যেটি অল্প তড়িৎবিভবে এবং উচ্চ তড়িৎপ্রবাহে প্রয়োগ করা হয়। একটি বিশেষ ধরনের ট্রান্সফরমার এবং তড়িৎবিভব নিয়ন্ত্রকের (stabiliser) সাহায্যে আলোর তীব্রতা ঠিক রাখা হয়। বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আলোক-উৎস থেকে নির্গত হয়। একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পাবার জন্য বিভিন্ন রকমের ফিল্টার ব্যবহার করা হয়। কোনো নির্দিষ্ট দ্রাবের জন্য একটি পছন্দমতো তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ব্যবহার করার জন্য ছ'টি বা তার বেশি ফিল্টারের সেট ব্যবহার করা হয়। শোষণ কোষে (absorption cell) প্রদত্ত দ্রাবের দ্রবণ নেওয়া হয় এবং এই দ্রবণের উপর আলোক তরঙ্গ থেকে নির্গত আলো ফিল্টারের মধ্য দিয়ে এসে পড়ে। শোষণ কোষ থেকে শোষিত

হওয়ার পর নিষ্ফাস্ত আলোর তীব্রতা-মাপা হয়। উপযুক্ত বিবর্ধক সহ আলোক তড়িৎকোষ দ্বারা আলোক তীব্রতা মাপা হয়। আধুনিক যন্ত্রের সরাসরি নিষ্ফাস্ত আলোর optical density (আলোক ঘনত্ব, O.D) বা Transmittance (নির্গমন মাত্রা) পাওয়া যায়। এমন লঘু দ্রবণ ব্যবহার করা উচিত যেন দ্রবণের O.D.-এর বেশি না হয়।

এই যন্ত্রের সাহায্যে বেয়ার সূত্রের (Beer's Law) সত্যতা প্রমাণ করা যায়।

6.1.2 নীতি (Principle) : যখন একটি একবর্ণ (mono-chromatic) আলো (যার তীব্রতা I_0) একটি শোষণ কোষ (absorption cell) রাখা দ্রবণের মধ্য দিয়ে যায় এবং দ্রবণ অতিক্রম করার পর নির্গত আলোক রশ্মির তীব্রতা I হয়, তখন দ্রবণের মধ্যে উপস্থিত পদার্থের আলোক শোষণের ক্ষমতা থাকার দরুন I , I_0 -এর চেয়ে কম হবে।

মনে করুন ঐ শোষণ কোষের বেধ l সেমি. এবং দ্রবণে উপস্থিত পদার্থটির গাঢ়ত্ব C গ্রাম/লিটার।

$$\text{বেয়ারের সূত্র অনুযায়ী— } \log \frac{I_0}{I} \propto C.l$$

$$\text{বা } \log \frac{I_0}{I} = \epsilon C.l$$

$\log_{10} \frac{I_0}{I}$ কে বলা হয় OD (Optical Density) ϵ -কে আনব এক্সটিংশন ধ্রুবক বলা হয়। এর একক লিটার মোল⁻¹সেমি⁻¹।

বেয়ার সূত্রের সত্যতা ব্যাখ্যা করার জন্য আলো শোষণকারী কোনো পদার্থের বিভিন্ন ঘনত্বের কয়েকটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ঐ দ্রবণগুলির প্রত্যেকটি একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোতে এবং একই বেধবিশিষ্ট শোষণ কোষের মধ্যে নিয়ে OD মাপা হয়। লেখচিত্রের x-অক্ষে দ্রবণের গাঢ়ত্ব এবং y-অক্ষে OD-এর মান বসিয়ে রেখা টানলে একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যাবে। ঐ সরলরেখাটির নতি হবে ঐ পদার্থটির আণব নির্বাণ (এক্সটিংশন) ধ্রুবক (molar extinction constant, ϵ)।

6.1.3 শর্ত/সীমাবদ্ধতা (Conditions/Limitations) :

- ১। আলোক রশ্মি একবর্ণ হতে হবে।
- ২। দ্রাবকটি কেবলমাত্র এই আলোককেই শোষণ করবে।
- ৩। লঘুকরণের ফলে দ্রাবের-প্রকৃতির কোনো পরিবর্তন হবে না।

6.1.4 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : বর্ণমাপক/বর্ণালী-আলোক মাপক; শোষণ কোষ

6.1.5 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক : পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট অথবা রঞ্জিন দ্রবণ প্রস্তুতকারী দ্রাব। পাতিত জল।

6.1.6 পদ্ধতি (Procedure) : দু'টি সেলকে (শোষক কোষ) জল দিয়ে ভালো করে পরিষ্কার করে অ্যাসিটোন দিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে নিন। $\frac{N}{100}$ মাত্রার 100 মিলি $KMnO_4$ দ্রবণ তৈরি করুন। একটি সেলে দ্রবণটির কিছুটা নিন এবং অন্য সেলে দ্রাবক অর্থাৎ জল নিন। এবার একটি ফিলটার ব্যবহার করে দ্রবণটির OD মাপুন। এই ফিলটারটি এবার সরিয়ে দিয়ে অন্য ফিলটারগুলি পরপর ব্যবহার করে দ্রবণটির OD মাপুন। যে ফিলটারটির ক্ষেত্রে OD-র মান সর্বোচ্চ হল, সেই ফিলটারই ব্যবহার করুন।

$\frac{N}{100}$ মাত্রার $KMnO_4$ দ্রবণ থেকে লঘুকরণ প্রক্রিয়ায় $\frac{N}{200}$, $\frac{N}{300}$, $\frac{N}{400}$, $\frac{N}{500}$ এবং $\frac{N}{600}$ মাত্রার প্রত্যেকটির 50 মিলি করে দ্রবণ প্রস্তুত করুন।

এবার উপরের ঐ বিশেষ ফিলটারটি ব্যবহার করে একটির পর একটি দ্রবণ ঐ কোষটিতে নিন এবং OD মাপুন। অপর সেলটিতে সবসময় জল রাখতে হবে। নিচের সারণি দু'টির অনুসরণ করে পর্যবেক্ষণ নথিভুক্ত করুন।

সারণি—I :

ফিলটার নং	OD

সারণি—II : ব্যবহৃত ফিলটার নং (যেটিতে সর্বোচ্চ OD পাওয়া গেছে) :

গাঢ়ত্ব	OD

এবার লেখচিত্রের x অক্ষ বরাবর গাঢ়ত্ব এবং y অক্ষ বরাবর OD বসান। দেখবেন একটি মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যাবে।

6.1.7 আলোচনা (Discussion) :

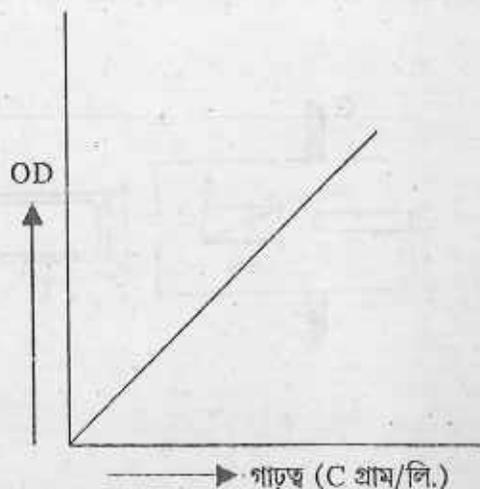
OD বনাম গাঢ়ত্ব লেখচিত্রটি যদি সরলরেখা হয় তাহলে বলা যায় $OD \propto C$, কারণ এখানে l প্রতিক্ষেত্রেই অভিন্ন অর্থাৎ ধ্রুবক। এতে বেয়ার সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হল। $OD = \epsilon C l$ যেহেতু

$$l = 1 \text{ সেমি. সুতরাং রেখাটির নতি } \left(\frac{dy}{dx} \right) = \epsilon.$$

যদি $KMnO_4$ -এর একটি অজ্ঞাতমাত্রার দ্রবণ দেওয়া হয়, তাহলে ঐ প্রদত্ত দ্রবণটির একই পদ্ধতিতে একই ফিলটার ব্যবহার করে OD মাপা হয়। তারপর OD বনাম C লেখচিত্রে প্রাপ্ত OD'র মান বসিয়ে C -এর মান নির্ণয় করা হয়। এভাবে অজ্ঞাতমাত্রার দ্রবণের গাঢ়ত্ব নির্ণয় করা হয়।

আর যে সমস্ত দ্রব্য এই বর্ণমাপক যন্ত্রে ব্যবহার করা যায় :—

- ১। কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ।
- ২। অ্যাসিটোনে আয়োডিন দ্রবণ।
- ৩। বিভিন্ন রঞ্জক দ্রব্য যথা, মিথিলিন ব্লু, ক্রিস্টাল ভায়োলেট-এর দ্রবণ।



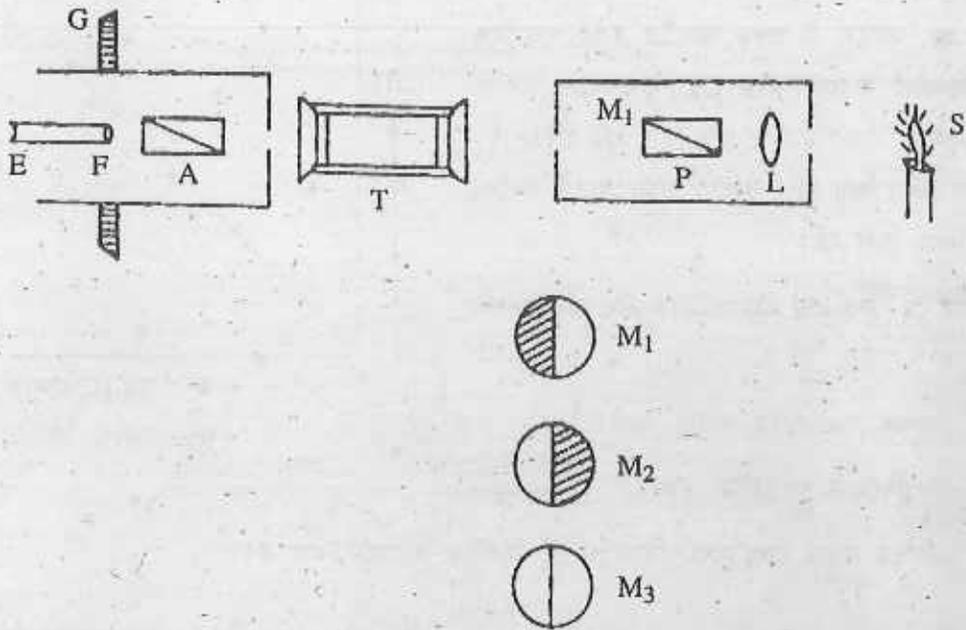
(চিত্র 6.2)

6.2 সমবর্তনমাপক (Polarimeter)

6.2.1 যন্ত্র বিবরণ (Description of apparatus) : যে যন্ত্রের সাহায্যে সমবর্তন মাপা হয় তাকে বলে পোলারিমিটার (polarimeter) (চিত্র 6.3)।

S হচ্ছে একবর্ণ আলোক-উৎস। লেন্স L ব্যবহার করা হয় আলোক রশ্মিকে সমান্তরাল করার জন্য। P সমবর্তক (Polariser) প্রিজম এবং A বিশ্লেষক (analyser) প্রিজম। EF একটি দূরবীক্ষণ (টেলিস্কোপ) T পোলারিমিটার নল। G একটি ভার্নিয়ারযুক্ত অংশাঙ্কিত বর্তুদ। M একটি নিকেল প্রিজম, এটির সমবর্তক নলের ছিদ্রের অর্ধেক ঢেকে রাখে। M এর মধ্য দিয়ে আলোক যাবার পর আলোর দশা অর্ধ-তরঙ্গদৈর্ঘ্য দ্বারা পরিবর্তিত হয়, কিন্তু একই তলে বর্তিত থাকে। এইভাবে বর্তিত আলোর দুটি ছটা তৈরি হয়। এখন যদি সমবর্তক এমনভাবে ঘোরানো হয় যাতে বর্তিত আলোর তল নিকেল প্রিজমের আলোক অক্ষের সঙ্গে θ কোণ উৎপন্ন করে, তাহলে বর্তিত আলোক তল দুটি পরস্পরের সঙ্গে 2θ কোণে নত থাকবে। একেই

বলা হয় 'অর্ধ ছায়া কোণ' এখন বিশ্লেষক জারকে ঘুরিয়ে এমন এক অবস্থান পাওয়া যায় যখন দৃশ্যমান আলোক তলের অর্ধেক অন্ধকার এবং অর্ধেক আলোকিত হয়। (ছবিতে M_1 অবস্থান ন্যায়)। বিশ্লেষককে এখন 2θ কোণে ঘোরালে পূর্বের অর্ধেক অন্ধকার তল আলোক তলে এবং আলোক তল অন্ধকার তলে পরিণত হয় (চিত্রে M_2 অবস্থান)। এখন বিশ্লেষককে এমনভাবে মধ্যবর্তী স্থানে ঘোরাতে হবে যাতে আলোক তলের দু'টি অর্ধেক অংশই সমভাবে আলোকিত হবে। এই সময় অংশাঙ্কিত বর্তুল থেকে স্কেলের পাঠ লওয়া হয়।



(চিত্র 6.3)

রসায়নাগারে সোডিয়াম বাষ্প বাতি হলুদ একবর্ণ আলোকের উৎস হিসাবে ব্যবহার করা হয়। আলোক উৎসকে পোলারিমিটার থেকে প্রায় 20 cm দূরে রাখা হয় অন্যথা পোলারিমিটার উত্তপ্ত হয়ে যাবে। পোলারিমিটার নলটির দৈর্ঘ্য সাধারণ 2 ডেসিমি নেওয়া হয়।

6.2.2 নীতি : নিকেল প্রিজমের মধ্য দিয়ে যখন সাধারণ আলো পাঠানো হয় তখন প্রিজম থেকে নির্গত আলো একই তলে বর্তিত হয়। প্রথমে নিকেল প্রিজম দ্বারা আলোক বর্তিত হয়, একে সমবর্তক বা পোলারাইজার বলে; দ্বিতীয় নিকেল প্রিজম দ্বারা আলোক বিশ্লেষণ করা হয়, একে বিশ্লেষক বা অ্যানালাইজার বলা হয়।

যে সমস্ত পদার্থের দ্রবণের বর্তিত আলোক তলকে ঘোরাবার ক্ষমতা থাকে তাদের আলোক-সক্রিয় পদার্থ বলে। যেমন চিনির দ্রবণ, গ্লুকোজ দ্রবণ ইত্যাদি। যে সমস্ত পদার্থ বর্তিত আলোক তলকে ডানদিকে ঘোরায়

তাদের ডেক্সট্রোরোটেরি (দক্ষিণাবর্তী) এবং যারা বামদিকে ঘোরায় তাদের লিভোরোটেরি (বামাবর্তী) পদার্থ বলা হয়।

বর্তিত আলোর ঘূর্ণনের মাত্রা নিম্নোক্ত কারণের উপর নির্ভর করে।

1. পদার্থের প্রকৃতি, 2. আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, 3. পদার্থের দ্রবণের গাঢ়ত্ব, 4. পোলারিমিটার নলের দৈর্ঘ্য, 5. তাপমাত্রা, 6. দ্রাবকের প্রকৃতি।

আপেক্ষিক ঘূর্ণন : আলোক সক্রিয় পদার্থের এক গ্রাম 100 ml দ্রবণে দ্রবীভূত আছে, এরূপ দ্রবণকে এক ডেসিমিটার দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট নলে নিয়ে যে পরিমাণ আলোক তলের ঘূর্ণন দেখা যায়, তাকে ঐ পদার্থের আপেক্ষিক ঘূর্ণন বলে। কোনো আলোকসক্রিয় পদার্থের আপেক্ষিক ঘূর্ণন যদি $[\alpha]_{\lambda}^t$ হয় যেখানে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ এবং তাপমাত্রা t হয়।

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{1000 \alpha}{lC} \quad \dots \quad (1)$$

l পোলারিমিটার নলের দৈর্ঘ্য (ডেসিমি.); C দ্রবণের গাঢ়ত্ব (গ্রাম/100 মিলি); α = ঘূর্ণন মাত্রা।

6.2.4 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

(ক) নল ও বাতিসহ পোলারিমিটার, (খ) পিপেট, (গ) ব্যুরেট, (ঘ) ওজনবোতল, (ঙ) আয়তন ফ্লাস্ক, (চ) বঁকার, (ছ) ফানেল, (জ) ধৌতিবোতল।

6.2.4 পদ্ধতি : প্রথমে পোলারিমিটার নলটিকে ভালো করে জল দিয়ে ধুয়ে পরিষ্কার করে নিন এবং ভালো পাতিত জল দিয়ে নলটি ভর্তি করে নিন। মনে রাখবেন যেন নলের জলের মধ্যে যেন কোনো বায়ুর বুদবুদ না থাকে। যদি বায়ুর বুদবুদ থাকে তাহলে সেটিকে পরখ রেখার উপরে রাখুন। নলের দু' প্রান্তে কাচের ঢাকা দু'টি পরিষ্কার রাখুন এবং বাইরের দিকটিতে যেন জল না থাকে, টেলিস্কোপটিকে ঠিক ফোকাস দূরত্বে আনুন। অ্যানালাইজারকে ঘুরিয়ে আলোক তলের দু' অর্ধাংশেই সমান আলোর ঔজ্জ্বল্য আনুন। এখন অংশাক্ত স্কেল থেকে পাঠটি দেখে নিন। এই মানটিকে বলা হয় শূন্য মান। আলোকসক্রিয় পদার্থের দ্রবণের মান থেকে এই শূন্য মান বাদ দিলে, ঐ পদার্থের প্রকৃত ঘূর্ণন পাওয়া যাবে।

6.2.5 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক : সুক্রোজ

সুক্রোজ বা ইকু শর্করার (Sucrose or cane sugar, সাধারণ চিনি) 10% দ্রবণ তৈরি করুন। পোলারিমিটার নলটিকে এই দ্রবণ দিয়ে ধুয়ে নিন। এখন নলটি এই দ্রবণ দিয়ে ভর্তি করে নিন। তারপর ঠিক আগের মতন করে ঘূর্ণন কোণটি স্কেল থেকে দেখে নিন। এখন সমীকরণ (1) থেকে আপেক্ষিক ঘূর্ণন বের করুন।

এই যন্ত্রের সাহায্যে কী কী পরীক্ষা করা যায় :—

1. কোনো অজ্ঞাত আলোক-সক্রিয় পদার্থের দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করা যায়।

এই পরীক্ষার জন্য প্রথমে ঐ পদার্থের যেমন শর্করার জলে একটি 12% দ্রবণ তৈরি করুন। এই দ্রবণ থেকে 10%, 8%, 6%, 4%, 2% এবং 1% দ্রবণ তৈরি করে নিন (সারণি I দেখুন)।

সারণী—I

সঠিক 10% সুক্রোজ দ্রবণ প্রস্তুতি :

প্রথমে 10%-এর চেয়ে একটু বেশি মাত্রায় দ্রবণ প্রস্তুত করে নিতে হবে

প্রাথমিক ওজন (গ্রাম)	অন্তিম ওজন (গ্রাম)	যে পরিমাণ পদার্থ ঢালা হল (গ্রাম)	সুক্রোজ দ্রবণের মাত্রা (S)

∴ সঠিক 10% দ্রবণ তৈরি করতে $\left(\frac{100 \times 10}{S}\right)$ মিলি দ্রবণকে একটি 100 মিলি আয়তনমাত্রিক

ফ্লাস্কে 100 মিলি-এ লঘুকরণ করতে হবে।

এবার এই দ্রবণগুলির প্রত্যেকটি নিয়ে আলাদা-আলাদাভাবে এদের আলোক ঘূর্ণন (α) মেপে নিন। এখন লেখচিত্রের x-অক্ষ বরাবর দ্রবণের গাঢ়তা (%) এবং y-অক্ষ বরাবর α -মান বসান। অজ্ঞাত দ্রবণটি পোলারিমিটার নলে নিয়ে এই দ্রবণের ঘূর্ণন (α) দেখে নিন এবং এই ঘূর্ণনের মান লেখচিত্রে বসিয়ে x-অক্ষ থেকে গাঢ়তা বার করা হয় (সারণি—II)।

সারণী II.

ঘূর্ণন কোণ নির্ণয় :

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	গাঢ়ত্ব	ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘূর্ণন	ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘূর্ণন	গড় কোণ (°)	সংশোধিত কোণ (°)
1	0 (অর্থাৎ জল)				
2	1%				
3	2%				
4	4%				
5	6%				
6	8%				
7	10%				

2. কোনো বিক্রিয়ার গতি (যেমন শর্করার দ্রবণের ইনভারসান) পোলারিমিটারের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

ECH12 পাঠোপকরণের একক 7.2 অংশে এই পরীক্ষা বর্ণিত।

ভার্নিয়ার ধ্রুবক ও যান্ত্রিক ত্রুটি ভার্নিয়ার স্কেলের ঘর = মূল স্কেলের ঘর

ভার্নিয়ার ধ্রুবক = $(1 - \dots\dots)$ =

যান্ত্রিক ত্রুটি (শূন্য মান থেকে) =

পোলারিমিটার নলের দৈর্ঘ্য = ডেসিমিটার

আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্য = সোডিয়াম D লাইন

6.3 pH মিত্রি (pH metry)

6.3.1 pH মিটারের ব্যবহার :

pH মিটারের সাহায্যে সরাসরি কোনো একটি দ্রবণের pH নির্ণয় করা যায়। pH মিটারের আকার বিভিন্ন রকমের হয়। সাধারণত গ্লাস ইলেকট্রোডের সঙ্গে একটি নির্দেশক তড়িৎদ্বার (reference electrode) ক্যালোমেল ইলেকট্রোড ব্যবহার করে pH মিটার তৈরি করা হয়। pH মিটারকে জ্ঞাত pH দ্রবণের সাহায্যে মাঝে মাঝে উপযোজিত (অর্থাৎ pH স্কেল ঠিক) করে নিতে হয়।

6.3.2 নীতি :

জলীয় দ্রবণের pH মাপার জন্য যে তড়িত রাসায়নিক কোষ ব্যবহার করা হয় সেটি হল :

লবণ সেতু (salt bridge)

(+)

(-)

Pt / Hg(l) / KCl(aq) / আগর / glass
সম্পৃক্ত KCl(সম্পৃক্ত) electrode

বী-হাতি তড়িদ্বার সম্পৃক্ত ক্যালোমেল তড়িদ্বার (CE) এবং ডান-হাতিটি গ্লাস তড়িদ্বার। 25°C তাপমাত্রায় গ্লাস-তড়িদ্বারের বিভব (E_g) নির্ধারিত হয় এভাবে :

$$E_g = E_g^0 + 0.059 \log a_{H^+} = E_g^0 - 0.059 \text{ pH}$$

pH-এর প্রকৃত পরিমাপের জন্য গ্লাস-তড়িদ্বারকে জ্ঞাত pH-এর বিভিন্ন বাফার (buffer) দ্রবণে প্রামাণ্য করে নেওয়া হয়। একাজে সাধারণত পটাশিয়াম হাইড্রোজেন থ্যালাটে (Ph 4), ফসফেট (pH-7) ও সোহাগা (বোরাক্স, pH 9.2) দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

গ্লাস-ক্যালোমেল কোষের তড়িচ্চালক বল (e.m.f) এভাবে পাওয়া যায় :

$$E_{\text{cell}} = E_g - E_{\text{CE}} = E_g^0 - 0.059 \text{ pH} - E_{\text{CE}}$$

$$\therefore \text{pH} = (E_g^0 - E_{\text{CE}} - E_{\text{cell}}) / 0.059$$

প্রমাণ বাফার দ্রবণ দিয়ে ক্রমাঙ্কিত সাংখ্যিক (Calibrated) pH-মিটার থেকে সরাসরি pH-এর পাঠ নেওয়া যাবে।

6.3.3 পরীক্ষা-I. 0.1 (N) অ্যাসিটিক অ্যাসিডের pH নির্ণয় :

6.3.3.1 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : pH মিটার, তড়িদ্বারদ্বয়, ওজন বোতল, আয়তন ফ্লাস্ক, ব্যুরেট, পিপেট, বীকার, ফানেল, ধোতি বোতল, বোতল।

6.3.3.2 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক :

অম্লালিক অ্যাসিড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, ফিনল থ্যালাইন সূচক pH-4 ও 7-এর ট্যাবলেট।

6.3.3.3 পদ্ধতি :

(ক) (i) ওজন করে 250 মিলি. প্রমাণ $\sim \frac{N}{20}$ অম্লালিক অ্যাসিড দ্রবণ বানান।

(ii) 50 মিলি কস্টিক সোডার $\sim \frac{N}{2}$ (গৌণ প্রমাণ) দ্রবণ প্রস্তুত করুন। পিপেটের সাহায্যে 10 মিলি নিয়ে 100 মিলি আয়তন ফ্লাস্কে দাগ পর্যন্ত লঘু করে ভালো করে মিশিয়ে $\sim \frac{N}{20}$ দ্রবণ বানান।

(iii) 100 মিলি $\sim \frac{N}{10}$ অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণ বানান (গৌণ প্রমাণ দ্রবণ)।

(খ) (i) ফিনলপথ্যালাইন সূচক ব্যবহার করে মুখ্য প্রমাণ অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ দিয়ে NaOH দ্রবণের প্রামাণ্যিকরণ সম্পাদন করুন।

(ii) এই প্রমাণ NaOH দ্রবণের দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রামাণ্যিকরণ ঘটান।

প্রামাণ্যিকরণ—Standardisation সম্মিবেশিত—set/set up

(গ) pH মিটারকে সম্মিবেশিত করুন। পরীক্ষার $\sim \frac{1}{2}$ ঘণ্টা আগে থেকে গ্লাস-তড়িদ্বার ও ক্যালোমেল তড়িদ্বার পাতিত জলে ডুবিয়ে রাখতে হবে।

(ঘ) উপযুক্ত বটিকা (ট্যাবলেট) পাতিত জলে গুলে pH = 4 ও pH = 7 বাফার এর প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করুন।

(ঙ) গ্লাস ও ক্যালোমেল তড়িদ্বার সমবায়কে পর্যায়ক্রমে pH = 4 ও pH = 7 বাফার দ্রবণে ডুবিয়ে স্কেল মিলিয়ে পরীক্ষাধীন, তাপমাত্রায় pH মিটারকে প্রামাণ্যিকৃত করুন।

(চ) 100 মিলি বীকারে এমন পরিমাণ $\sim \frac{N}{20}$ অ্যাসিটিক অ্যাসিড নিন যাতে তড়িদ্বার ঠিকমত ডুবে থাকে। সাম্যাবস্থা সম্মিবেশিত হবার জন্য সময় দিয়ে pH মিটার থেকে pH-এর পাঠ নিন।

(ছ) (i) এবার অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণে উপযুক্ত আয়তন জল মিশিয়ে সঠিক $\frac{N}{10}$ মাত্রার দ্রবণ তৈরি করুন। (মনে রাখবেন, এজন্য অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা $\frac{N}{10}$ -এর সামান্য বেশি হওয়া উচিত)। আগের মতো এই দ্রবণের pH পাঠ নিন।

(ii) আপনার পাওয়া মানের সঙ্গে সঠিক মানের তুলনা করুন। $pH = \frac{1}{2} pK_a + \frac{1}{2} \log C$ [C = আণব গাঢ়ত্ব, $K_a =$ অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিয়োজন ধ্রুবক = 1.8×10^{-5} ($25^\circ C$ -এ); $pK_a = 4.74$]

একক 7 □ ভৌত রাসায়নিক পরীক্ষাসমূহ

গঠন

7.1 তরলের পৃষ্ঠটান

7.2 তরলের সান্দ্রতা

7.3 জল এবং কার্বন টেট্রা ক্লোরাইডের মধ্যে আয়োডিনের বন্টন ধ্রুবক

7.1 তরলের পৃষ্ঠটান (Surface Tension of Liquids)

7.1.1 কোনো তরল পদার্থের মধ্যের অণুগুলি তাদের চারপাশের অণুগুলি দ্বারা সমানভাবে আকর্ষিত হয়, ফলে ঐ অণুগুলির উপর লব্ধ বল শূন্য হয়। কিন্তু তরল পদার্থের পৃষ্ঠের অণুগুলি পৃষ্ঠের নিচের অণুগুলি দ্বারা বেশি আকর্ষিত হয়। কারণ পৃষ্ঠের উপরিভাগে তরলের বাষ্প থাকায় অণুর ঘনত্ব কম হয় এবং উপরিভাগের অণুগুলির দ্বারা আকর্ষণ বলও অনেক কম হয়। যেহেতু পৃষ্ঠের অণুগুলির আকর্ষণ পৃষ্ঠের তলদেশের অণুগুলি দ্বারা বেশি হওয়ায়, তরলের পৃষ্ঠদেশ একটি অতিরিক্ত শক্তি বহন করে। এর ফলে তরলের পৃষ্ঠদেশ স্থিতিস্থাপক তলের ন্যায় আচরণ করে। এই অতিরিক্ত শক্তিকে পৃষ্ঠশক্তি বলে এবং এর মান তলের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে। প্রতি একক দৈর্ঘ্যে প্রযুক্ত বলকে পৃষ্ঠটান বলে। এর একক ডাইন-সেমি।

তরলের পৃষ্ঠটান সাধারণত দু'টি পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয়।

1. তরলের বর্তুল সংখ্যা পদ্ধতি (Liquid drop number method)।
2. কৈশিক নলে তরলের আরোহ পদ্ধতি (Capillary rise method)।

7.1.2 তরলের বর্তুল সংখ্যা নির্ণয় পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে স্ট্যালাগমোমিটার (stalagmometre) যন্ত্র (চিত্র 7.1) ব্যবহার করা হয়।

7.1.2.1 যন্ত্র বিবরণ : স্ট্যালাগমোমিটার যন্ত্রে এক কৈশিক নল থাকে, যার শেষ প্রান্তটি চ্যাপ্টা করা থাকে এবং তলদেশটি মসৃণ রাখা হয়। কৈশিক নলের উপরে একটি মোটা কাচের তৈরি কুণ্ড থাকে। কুণ্ডের উপরের এবং নিচের প্রান্তের কাচের দেওয়ালে অংশাঙ্কন করা থাকে। কুণ্ডের উপরে এবং নিচে দু'টি স্পষ্ট দাগ কাটা থাকে। কোনো কোনো স্ট্যালাগমোমিটার যন্ত্রের নিচের অংশটি সোজা থাকে আবার কোনো কোনো যন্ত্রের সমকোণে বাঁকানো অবস্থায় থাকে। যে যন্ত্রই ব্যবহার করা হোক না কেন, পৃষ্ঠটানের মান একই হবে।

7.1.2.2 বর্তুল সংখ্যা নির্ণয় পদ্ধতির নীতি :

এই পদ্ধতিতে নির্দিষ্ট আয়তনের তরল (কুণ্ডের উপরের দাগ থেকে নিচের দাগ পর্যন্ত) যখন কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করে আস্তে আস্তে বের হয় তখন তরল পদার্থকে বর্তুল আকারে পড়তে দেওয়া হয় এবং বর্তুল সংখ্যা গণনা করা হয়।

যদি কোনো তরল পদার্থের V আয়তনের জন্য n_1 সংখ্যক বর্তুল তৈরি হয় এবং প্রত্যেকটি বর্তুলের ওজন w_1 হয় এবং অন্য তরল পদার্থের ঐ একই আয়তনের জন্য n_2 সংখ্যক বর্তুল তৈরি হয় এবং প্রত্যেকটি বর্তুলের ওজন w_2 হয়, তাহলে $\frac{w_1}{w_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \dots \dots (1)$

এখানে γ_1 এবং γ_2 তরল পদার্থ দুটির পৃষ্ঠটান।

$$w_1 = \frac{V\rho_1}{n_1} \text{ এবং } w_2 = \frac{V\rho_2}{n_2}$$

ρ_1 এবং ρ_2 তরল পদার্থ দুটির ঘনত্ব।

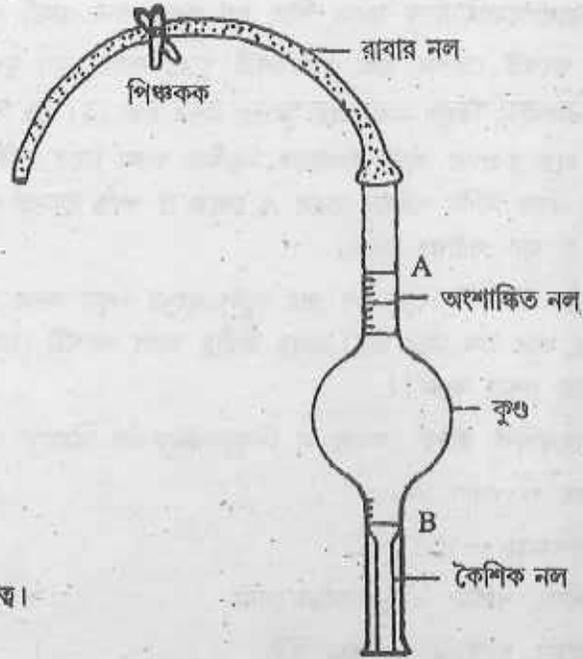
$$\therefore \frac{\frac{V\rho_1}{n_1}}{\frac{V\rho_2}{n_2}} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$$

$$\text{বা, } \frac{\rho_1 n_2}{n_1 \rho_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$$

$$\therefore \gamma_1 = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \gamma_2 \dots \dots (2)$$

সুতরাং তরল পদার্থ দুটির ঘনত্ব, বর্তুল সংখ্যা এবং কোনো একটি তরলের পৃষ্ঠটান জানা থাকলে, অন্য তরল পদার্থটির পৃষ্ঠটান সমীকরণ (2) থেকে পাওয়া যাবে।

7.1.2.3 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : স্টালাগ্যোমিটার (রাবার নল ও চাপ (pinch) কর্ক সংযুক্ত), বন্ধনী (clamp) সহ ব্যুরেট-মানি (burette stand), ব্যুরেট, পিপেট, বীকার, আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল, ধোঁতি বোতল।



(চিত্র 7.1)

7.1.2.4 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক : পরীক্ষাধীন তরল (যেমন কোহল), পাতিত জল।

7.1.2.5 পদ্ধতি : স্ট্যালাগমোমিটার যন্ত্রটিকে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে ধুয়ে ভালো করে জল দিয়ে পরিষ্কার করে নিন। পিঙ্ককক লাগানো একটি রাবার নল পরিষ্কার করে স্ট্যালাগমোমিটার যন্ত্রের উপরের প্রান্তে লাগান। বর্তুল সংখ্যাকে নিয়মিত করার জন্য রাবার নলে পিঙ্ককক লাগানো থাকে।

স্ট্যালাগমোমিটারকে তরল দিয়ে পূর্ণ করার জন্য একটি পাত্রে নেওয়া তরল পদার্থের মধ্যে যন্ত্রটির নিচের অংশটি ডোবান এবং পিঙ্কককটি খুলে রাবার নলে মুখ লাগিয়ে ভিতরের বায়ু টেনে নিন যাতে তরল পদার্থটির কিছুটা নল বেয়ে কুণ্ডের উপর দাগ (A) এর কিছুটা উপর পর্যন্ত তুলুন। এরপর পিঙ্কককটি চেপে ধরে তরলের বর্তুল সংখ্যাকে নিয়মিত করুন যাতে প্রতি মিনিটে অন্তত 10-15টি বর্তুল বের হয়ে আসে। এবার নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল A থেকে B পর্যন্ত নামতে কতগুলি বর্তুল তৈরি হয় শুধে নিন। এভাবে 4 বা 5 বার পরীক্ষা করুন।

তরল পদার্থটি দিয়ে 4/5 বার বর্তুল সংখ্যা গণনা করার পর স্ট্যালাগমোমিটার যন্ত্রটিকে ভালো করে পরিষ্কার করে শুষ্ক করে নিন। এবার দ্বিতীয় তরল পদার্থটি (সাধারণত জল) দিয়ে একইভাবে বর্তুল সংখ্যা 4/5 বার গণনা করুন।

আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল বা পিকনোমিটার-এর সাহায্যে তরল পদার্থটির ঘনত্ব নির্ণয় করুন।

ফল ও গণনা :—

তাপমাত্রা = $t^{\circ}\text{C}$

জলের পৃষ্ঠটান = γ_2 ডাইন/সেমি

জলের ঘনত্ব = ρ_2 গ্রাম/মিলি

তরলের ঘনত্ব = ρ_1 গ্রাম/মিলি

সারণি—I

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	বর্তুল সংখ্যা		তরলের পৃষ্ঠটান ρ_1 ডাইন/সেমি
	জল (n_1)	তরল (n_2)	
1			
2			
3			
4			
5			

সতর্কতা : লক্ষ রাখুন যেন স্ট্যালাগমোমিটার সোজা খাড়া থাকে।

7.1.3 কৈশিক নলে উত্তোলন পদ্ধতি (চিত্র 7.2)

7.1.3.1 নীতি : যখন কোনো কৈশিক নলের এক প্রান্ত কোনো তরলে ডুবানো হয় (যে তরল পদার্থ নলকে ভিজিয়ে দিতে পারে) তখন ঐ তরল পদার্থ কৈশিক নল বরাবর একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা (h) পর্যন্ত ওপরে ওঠে। তরলের পৃষ্ঠটানের জন্য তরল এই নির্দিষ্ট উচ্চতা পর্যন্ত উঠে। এই পৃষ্ঠটানের মান $2\pi r\gamma$, যেখানে r নলের ব্যাসার্ধ এবং γ তরলের পৃষ্ঠটান। পৃষ্ঠটান জনিত এই বল তরলের নিচের ওজন দ্বারা প্রশমিত হয়। তরলের ওজন = $\pi r^2 h d g$ যেখানে d তরল পদার্থের ঘনত্ব।

$$\text{সুতরাং } 2\pi r\gamma = \pi r^2 h d g$$

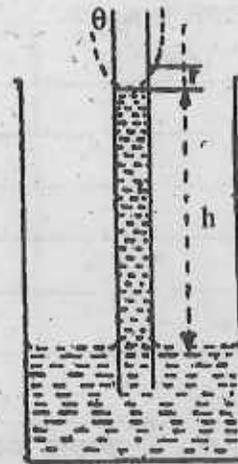
$$\therefore \gamma = \frac{1}{2} r h d g$$

7.1.3.2 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : একটি ক্যাথিটোমিটার, একটি চওড়া শক্ত কাচের পরখ নল—কৈশিক নল আটকাবার বন্ধনী, পরখ নল আটকাবার বন্ধনী, লোহার স্ট্যান্ড, আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল, ধৌতিবোতল ইত্যাদি।

7.1.3.3 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক : পরীক্ষাধীন তরল, পাতিত জল, পারদ।

7.1.3.4 পদ্ধতি : কৈশিক নলটি ত্রেনমিক অ্যাসিড দিয়ে পরিষ্কার করে ভালো করে পাতিত জল দিয়ে ধুয়ে নিন।

একটি বড় চওড়া কাচনলের মধ্যে প্রদত্ত তরল পদার্থটি নিন এবং এর মধ্যে কৈশিক নলটিকে ডোবান (7.2 ছবিতে যেমনটি দেখানো হয়েছে) এবং খাড়াভাবে লোহার স্ট্যান্ডে আটকান।



(চিত্র 7.2)

কৈশিক নলটিকে সামান্য উপর-নিচ করুন এবং দেখুন যে তরল পদার্থটি নলটিকে ভিজিয়ে দেয় এবং একটি উচ্চতা পর্যন্ত তরলটি নল বরাবর ওঠে।

একটি ক্যাথিটোমিটারের সাহায্যে কৈশিক নলের মধ্যে তরলের উপরের স্তর এবং নিচের স্তর অর্থাৎ বাইরের বড় চওড়া নলের উপরিতলের উচ্চতা মাপুন। এই দু' তরলের উচ্চতার পার্থক্যই তরল যে উচ্চতায় উঠেছে তার পরিমাণ অর্থাৎ, এইভাবে কৈশিক নলকে বিভিন্ন গভীরতায় তরলের মধ্যে ডুবিয়ে 5 বার উচ্চতার পার্থক্য মাপুন এবং গড় নিন।

এখন কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ মাপবার জন্য কৈশিক নলটি ভালো করে পরিষ্কার করে ধুয়ে শুকিয়ে নিন। কৈশিক নলের কিছুটা পারদ দিয়ে ভর্তি করুন এবং পারদের এই দৈর্ঘ্যটি মাপুন। তারপর এই পারদটি আগে ওজন করা একটি ওজনমাপক বোতলে ঢালুন এবং ওজন করুন। এই ওজন থেকে পারদের ওজন পাওয়া যাবে। যদি পারদের ওজন m হয় এবং কৈশিক নলে পারদের দৈর্ঘ্য l হয় তবে যেহেতু r কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ।

$$\therefore \pi r^2 l \rho = m$$

ρ = পরীক্ষণীয় তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব।

$$\therefore r = \left(\frac{m}{\pi l \rho} \right)^{1/2}$$

আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা তরল পদার্থটির ঘনত্ব নির্ণয় করুন।

7.1.3.5 ফল ও গণনা :

সারণি—I.

h-এর পরিমাপ

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	বাইরের চওড়া নলে তরলের স্তরের পাঠ (সেমি) (A)	কৈশিক নলের মধ্যে তরলের স্তরের পাঠ (সেমি) (B)	তরলের উচ্চতা (h) = (B - A) সেমি	গড় উচ্চতা h সেমি
1				
2				
3				
4				
5				

সারণি—II.

কৈশিক নলে তরলের উচ্চতা (h) সেমি	তরলের ঘনত্ব (d) গ্রাম/মিলি	কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ (r) সেমি	তরলের পৃষ্ঠটান γ ডাইন/সেমি

7.1.3.6 সতর্কতা : 1. লক্ষ্য রাখুন যেন কৈশিক নল এবং বাইরের চওড়া নল সোজা খাড়া থাকে।

2. কৈশিক নল যেন পরিষ্কার এবং শুষ্ক থাকে।

3. পারদ ভর্তি করার সময় সাবধানে নেবেন।

7.1.4 বর্তুল সংখ্যা পদ্ধতিতে পৃষ্ঠটান নির্ণয় করে অজ্ঞাত গাঢ়ত্বের দ্রবণের গাঢ়ত্ব নির্ণয় :

এক্ষেত্রে 7.1.2 পরীক্ষার পদ্ধতিকে নিচের বর্ণনানুযায়ী পরিবর্তিত করুন।

(i) পাতিত জল সহযোগে—12% (V/V) কোহল দ্রবণ প্রস্তুত করুন।

(ii) এ থেকে 3%, 6%, 7.2%, 8%, 9% দ্রবণ প্রস্তুত করুন।

(iii) প্রথমে জলের তারপর ক্রমবর্ধমান গাঢ়ত্বের ক্রমে অ্যালকোহল দ্রবণগুলির ক্ষেত্রে বর্তুল সংখ্যা গুণে নিন।

(iv) এবার সারণি III অনুযায়ী পৃষ্ঠটান বের করে, গাঢ়ত্ব পৃষ্ঠটান লেখচিত্র আঁকুন। তা থেকে অজ্ঞাত দ্রবণের গাঢ়ত্ব (x)-র গাঢ়ত্ব বের করুন।

সারণি—III

গাঢ়ত্ব	পর্ববেক্ষণ সংখ্যা	বর্তুল সংখ্যা	গড়	পৃষ্ঠটান ডাইন/সেমি
0.0	1	...		
(জল)	2	...	n_0	γ_0 (তালিকা থেকে পাওয়া)
	3	...		
3%	...	...	n_3	γ_3
6%	...	...	n_6	γ_6
7.2%	...	...	$n_{7.2}$	$\gamma_{7.2}$
8%	...	...	n_8	γ_8
9%	...	...	n_9	γ_9
x	...	...	n_x	γ_x

লেখচিত্র থেকে প্রাপ্ত গাঢ়ত্ব।

7.2 তরলের পৃষ্ঠটান (Viscosity)

7.2.1 নীতি :

কোনো কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে V আয়তনের তরল প্রবাহিত হলে পয়সেলির সূত্র অনুযায়ী সমীকরণ (1) পাওয়া যায় :

$$\eta = \frac{\pi Pr^4 t}{8Vl} = \frac{\pi n^4 t (hd_g)}{8Vl}$$

η তরলের সান্দ্রতা গুণক (এর একক ডাইন-সেকেন্ড/বর্গ সেমি (পয়); r কৈশিক নলের ব্যাসার্ধ; l কৈশিক নলের দৈর্ঘ্য। t সময় লাগে তরলের কৈশিক নলের মধ্য দিয়ে তা l দৈর্ঘ্য প্রবাহিত হতে P হল চালক (driving) চাপ এবং d ঘনত্ব। এই সমীকরণের সাহায্যে কোন তরলের η -র প্রকৃত মান পাওয়া যায়। কিন্তু কোনো প্রমাণ তরল (যেমন জল)-এর সাপেক্ষে পরীক্ষণীয় তরলকে η -র আপেক্ষিক মান অর্থাৎ প্রদত্ত তরলের এবং প্রমাণ তরলের (জলের) η -র মানের অনুপাত নির্ণয় করা অপেক্ষাকৃত সহজ কাজ। প্রমাণ তরলের η -র প্রকৃত মান জানা গেলে এই অনুপাত থেকে প্রদত্ত তরলের η -র প্রকৃত মান পাওয়া যাবে।

ওসওয়াল্ড (Ostwald) ভিস্কোমিটারের সাহায্যে তরলের η -র মান নির্ণয় করা হয়। একই ভিস্কোমিটার ব্যবহার করে একই তাপমাত্রায় একই আয়তনের দু'টি তরল পদার্থ নিলে চাপ তরলের ঘনত্বের সমানুপাতিক হবে। যদি d_1 এবং d_2 তরল পদার্থ দু'টির ঘনত্ব হয়, এবং ভিস্কোমিটারের কৈশিক নলের নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্য প্রবাহিত হতে তরল দু'টির t_1 এবং t_2 সময় লাগে তবে তরল পদার্থ দু'টির η -এর মানের অনুপাত হবে :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 \cdot t_1}{d_2 \cdot t_2} \quad \therefore \eta_2 = \frac{\eta_1 d_2 t_2}{d_1 t_1}$$

সময় মাপবার সময় ভিস্কোমিটারকে একই তাপমাত্রার গাছে রাখা হয়। তাপমাত্রা সাধারণত 30°C বা 35°C রাখা হয়।

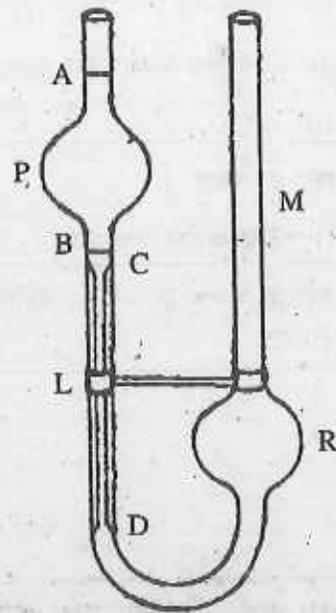
7.2.2 যন্ত্র বিবরণ : চিত্র 7.3-এর ওসওয়াল্ড ভিস্কোমিটার দেখানো হয়েছে। এটি U আকৃতির। M প্রান্তে একটি কুণ্ড R থাকে। L প্রান্তের P একটি কুণ্ড (চিত্র 7.3)। এই কুণ্ডের উপরে A এবং নিচে B দাগ কাটা থাকে। তরলের A দাগ থেকে B দাগ প্রবাহিত হতে কত সময় লাগে তা স্টপওয়াচ দিয়ে নির্ণয় করতে হয়। CD কৈশিক নল।

7.2.3 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (i) রাবারের নল ও পিচ্ছকক সংযুক্ত ভিস্কোমিটার, (ii) স্টপওয়াচ (iii) ধারক সমেত ব্যুরেট, (iv) পিপেট, (v) বীকার।

7.2.4 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক : (i) পরীক্ষণীয় তরল (যেমন গ্লিসারিন), (ii) পাতিত জল।

(i) ~ 30 গ্রা. (সামান্য বেশি) গ্লিসারিন ওজন করে একটি 250 মিলি. আয়তন ফ্লাস্কে ঢালুন; দাগ পর্যন্ত জল ঢালুন—তাহলে ~ 12% দ্রবণ তৈরি করা হল। এবার হিসেবমত জল মিশিয়ে 250 মিলি সঠিক 12% দ্রবণ তৈরি করুন। এ থেকে ক্রমাগত সঠিক 1%, 7.2%, 6%, 3% মাত্রার দ্রবণ তৈরি করুন।

7.2.5 পদ্ধতি : (i) প্রথমে ভিস্কোমিটারটিকে ক্রোমিক অ্যাসিড দিয়ে পরিষ্কার করে পাতিত জল দিয়ে কয়েকবার ভালো করে ধুয়ে নিন। ভিস্কোমিটারটিকে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে খাড়াভাবে স্থির তাপমাত্রা গাছে আটকান। এখন অংশাঙ্কিত পিপেট দিয়ে একটি নির্দিষ্ট আয়তন 3% তরল M প্রাপ্ত পথে ভিস্কোমিটার ঢালুন। লক্ষ্য রাখবেন এমন আয়তন তরল দিতে হবে, যাবে নলের বাঁকানো অংশ এবং R কুণ্ডের অর্ধেক তরলে ভর্তি হয়। L প্রান্তের নলে একটি পরিষ্কার রাবার নল লাগান। কিছু সময় অপেক্ষা করুন যাতে ভিস্কোমিটারের ভিতরের তরল গাছের তাপমাত্রা পায়। এখন ভিস্কোমিটারের L প্রান্তের নলে লাগানো রাবার নলে মুখ লাগিয়ে বায়ু টেনে তরল A দাগের উপর পর্যন্ত তুলে ছেড়ে দিন এবং তরল A দাগ থেকে B দাগ পর্যন্ত পড়তে যে সময় লাগে তা লিখুন। এভাবে 5/6 বার পরীক্ষাটি করুন এবং সময় দেখুন।



(চিত্র 7.3)

(iii) একইভাবে পর্যায়ক্রমে গাঢ় করতে উর্ধ্ব ক্রমানুসারে তরল দ্রবণ কটির ক্ষেত্রে পরীক্ষা চালান। প্রত্যেকবার পরীক্ষার আগে ভিস্কোমিটারটিকে সংশ্লিষ্ট তরল দিয়ে ধুয়ে নেবেন। (iv) এবার ভিস্কোমিটারটিকে গাছ থেকে বার করে আনুন এবং জল ও অ্যাসিটোন দিয়ে পরিষ্কার করে শুকিয়ে নিন। আবার ভিস্কোমিটারকে আগের মতন গাছের মধ্যে রেখে ক্ল্যাম্প দিয়ে আটকান। আগের আয়তনের সমান আয়তন জল পিপেটের সাহায্যে M প্রান্তের মধ্যে ঢালুন। একই পরীক্ষা 5/6 বার করুন।

প্রাপ্ত ফল ছকানুযায়ী (সারণী—I) উপস্থাপিত করুন

(v) ঘনত্ব নির্ণয় : একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল নিয়ে ভালো করে পরিষ্কার করে শুকিয়ে নিন এবং বোতলের মধ্যে জল ভরে বোতলটিকে গাছের মধ্যে রেখে দিন। কিছুক্ষণ পর যখন বোতলের ভিতরকার

জল গাছের তাপমাত্রা পায়, জল ভর্তি বোতলটিকে গাছ থেকে বার করুন এবং বোতলের বাইরের দেওয়াল ভালো করে মুছে নিয়ে ওজন করুন। মনে করুন এই ওজনটি হল w_1 । একই পদ্ধতিতে বোতলটি শুষ্ক করে তরল পদার্থটি ভরে ওজন করুন। এর ওজন ধরুন w_2 । খালি বোতলটি ওজন করুন। এর ওজন মনে করুন w_0 । সুতরাং প্রদত্ত তরলের আপেক্ষিক ঘনত্ব $\frac{d_2}{d_1} = \frac{w_2 - w_0}{w_1 - w_0}$ ।

এখানে d_1 = জলের ঘনত্ব এবং তরল পদার্থটির ঘনত্ব = d_2

(সারণি (II) দেখুন)

7.2.6 ফল ও গণনা :

সারণি (I) পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রা :

পরীক্ষার আগের তাপমাত্রা (0°C)	পরীক্ষার পরের তাপমাত্রা (0°C)	গড় তাপমাত্রা ($^\circ\text{C}$)

সারণি (II) 12% গ্লিসারিন দ্রবণ প্রস্তুতি :

প্রারম্ভিক ওজন (গ্রাম)	অন্তিম ওজন (গ্রাম)	যে পরিমাণ ঢালা হল (গ্রাম)	দ্রবণের গাঢ়ত্ব

সারণি III : 9%, 7.2%, 6% ও 3% দ্রবণ প্রস্তুতি :

ইঙ্গিত গাঢ়ত্ব	গৃহীত 12% দ্রবণের আয়তন	মোট আয়তন
9%		50
7.2%		50
6.1%		50
3%		50

সারণি IV : ঘনত্ব নির্ণয় :

পদার্থ	শূন্যগর্ত বোতলের ওজন (w_0 গ্রাম)	বোতল + পদার্থের ওজন w_2 গ্রাম	জলভর্তি বোতলের ওজন w_1 গ্রাম	আঃ ঘনত্ব
জল	w_0		w_1	1.0
3%	"	w_2	w_1	
6%				
∴				

আঃ ঘনত্ব—গাঢ়ত্ব লেখচিত্র থেকেও এই আঃ ঘনত্ব নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে জল ও 12% দ্রবণের ঘনত্ব দিয়ে লেখ আঁকা হয়।

সারণি V : সান্দ্রতা সম্পর্কিত উপাত্ত (date) জলের সান্দ্রতা (η_w)

দ্রবণের গাঢ়ত্ব	পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	প্রবহনের সময় (সেকেন্ড)	গড় (সেকেন্ড)	ঘনত্ব ছকটি থেকে	সান্দ্রতা (পয়)
0% (জল)	1				
	2				
	3				
3%					
6%					
7.2%					
9.1%					
12%					

7.2.7 সতর্কতা : 1. অস্টওয়ার্ড ডিস্কোমিটার ঠিক খাড়াভাবে গাছে বসাতে হবে।

2. ডিস্কোমিটারকে ভালোভাবে পরিষ্কার করতে হবে।

7.2.8 অনেক সময় সান্দ্রতার পরিমাপ মেনে গাঢ়ত্ব বের করতে বলা হয়।

এক্ষেত্রে x-অক্ষ বরাবর গাঢ়ত্ব ও y-অক্ষ বরাবর সাম্প্রতা উপস্থাপিত করে একটি লেখচিত্র আঁকা হয়। এর পরে অজ্ঞাত দ্রবণের সাম্প্র বের করে লেখ থেকে সংশ্লিষ্ট গাঢ়ত্ব বের করা যায়।

7.3 জল এবং কার্বনটেট্রাক্লোরাইডের মধ্যে আয়োডিনের বণ্টন ধ্রুবক (Distribution or partition co-efficient) নির্ণয়

7.3.1 $I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক (equilibrium constant) নির্ণয়।

1. যদি দুটি অমিশ্রণযোগ্য তরলের উভয় তরলে দ্রবণীয় দ্রাব্য যোগ করা হয় তবে, ঐ দ্রাব্য নির্দিষ্ট পদ্ধতিতে উভয় তরলের মধ্যে নিজেকে বণ্টন করে নেবে। যদি উভয় তরলে দ্রাব্যের প্রকৃতি একই রকম হয়, তবে স্থির তাপমাত্রায় দুই তরলের মধ্যে দ্রাব্যের গাঢ়ত্বের অনুপাত প্রযুক্ত দ্রাব্যের মোট পরিমাণ নিরপেক্ষ একটি ধ্রুবক হবে, অর্থাৎ

$$\frac{C_I}{C_{II}} = K_D \text{ (ধ্রুবক)}$$

C_I ও C_{II} যথাক্রমে তরল I ও II-এ দ্রাব্যের গাঢ়ত্ব এই K_D -কে ঐ দুই তরলে ঐ দ্রাব্যের বণ্টন (distribution) বা বিভাজন (partition) ধ্রুবক বলা হয়।

নীতি : জল এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের মধ্যে আয়োডিনের বণ্টন সরল বণ্টন সূত্র মেনে চলে।

এই সূত্র অনুযায়ী স্থির তাপমাত্রায় বণ্টন ধ্রুবক $K_D = \frac{C_{\text{organic}}}{C_{\text{aqueous}}}$ যেখানে C_{organic} এবং C_{aqueous} হচ্ছে

কার্বনটেট্রাক্লোরাইড এবং জলীয় দ্রবণে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব।

যদি আয়োডিনকে কার্বনটেট্রাক্লোরাইড এবং পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে বণ্টন করা হয় সেক্ষেত্রে এই সূত্র প্রযোজ্য হয় না কারণ আয়োডিন পটাশিয়াম আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। এইক্ষেত্রে জলীয় দ্রবণে মুক্ত আয়োডিনের গাঢ়ত্ব নির্ণয় করে সূত্র প্রয়োগ করা যায়।

KI-এর জলীয় দ্রবণে I_2 যোগ করলে KI_3 জটিল গঠিত হয়।



নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক হবে—

$$K = \frac{a_{KI_3}}{a_{I_2} \cdot a_{KI}} = \frac{C_{KI_3}}{C_{I_2} C_{KI}} \cdot \frac{f_{KI_3}}{f_{I_2} f_{KI}}$$

এখানে a মানগুলি সংশ্লিষ্ট পদার্থের সক্রিয়তা (activity), C -মানগুলি আণব গাঢ়ত্ব এবং f সক্রিয়তা সহগ। লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে সক্রিয়তা সহগর মান একক; সেক্ষেত্রে

$$K = \frac{C_{KI_3}}{C_{I_2} \cdot C_{KI}}$$

যদি কার্বনটেট্রাক্লোরাইড এবং পটাশিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে আয়োডিন দ্রবীভূত করা হয়, জলীয় দ্রবণে আয়োডিনের মোট গাঢ়ত্ব হবে, $[C_{I_2} \text{ (মুক্ত)} C_{I_3}]$

C_{I_3} জলীয় দ্রবণে $KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$ বিক্রিয়ার ফলে KI_3 জটিলের গাঢ়ত্ব। C_{I_3} এর মান সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্বারা প্রশমন বিক্রিয়ার সাহায্যে পাওয়া যায়। কার্বনটেট্রাক্লোরাইড দ্রবণে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্বারা প্রশমন বিক্রিয়ার সাহায্যে পাওয়া যায়। কার্বনটেট্রাক্লোরাইড এবং জলের মধ্যে আয়োডিনের বণ্টনের বণ্টন ধ্রুবক জানা হলে, এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে আয়োডিনের জল গাঢ়ত্বের সাহায্যে জলীয় দ্রবণে মুক্ত আয়োডিনের গাঢ়ত্ব নির্ণয় করা যাবে। KI -এর প্রারম্ভিক গাঢ়ত্ব জানা থাকলে সাম্যাবস্থায় C_{I_1} এবং C_{I_3} জানা যাবে।

সুতরাং সাম্যাবস্থায় C_{I_3} , C_{I_1} এবং C_{I_2} জানা আছে বলে $KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$ বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবক,

$$K = \frac{C_{I_3}}{C_{I_2} \times C_{I_1}} \text{ নির্ণয় করা যাবে।}$$

ধরুন কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব = C_1 মোল/লিটার জলীয় KI দ্রবণে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব = C_2 মোল/লিটার, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড এবং জলের মধ্যে আয়োডিনের বণ্টন ধ্রুবক K_D .

জলীয় দ্রবণে মুক্ত আয়োডিনের গাঢ়ত্ব = $\frac{C_1}{K_D}$ মোল/লিটার।

I_3 এর গাঢ়ত্ব = জলীয় দ্রবণে I_2 এর মোট গাঢ়ত্ব - মুক্ত আয়োডিনের গাঢ়ত্ব।

$$C_{I_3} = \left(C_2 - \frac{C_1}{K_D} \right) \text{ মোল/লিটার}$$

ধরুন Γ (অর্থাৎ KI)-এর প্রারম্ভিক গাঢ়ত্ব = C_3 মোল/লিটার

যেহেতু 1 মোল I_3 তৈরি হয় 1 মোল Γ থেকে সুতরাং সাম্যাবস্থায় মুক্ত KI -এর গাঢ়ত্ব = C_3

$$- \left(C_2 - \frac{C_1}{K_D} \right) \text{ মোল/লিটার।}$$

$$\therefore K = \frac{\left(C_2 - \frac{C_1}{K_D} \right)}{\frac{C_1}{K_D} \left\{ C_3 - \left(C_2 - \frac{C_1}{K_D} \right) \right\}} \text{ লিটার/মোল}$$

8.2 প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : ছিপি (stopper) যুক্ত জেনা কাচের বোতল, আয়তন ফ্লাস্ক, ফানেল, ব্যুরেট পিপেট, আর্লেনমায়ার (শঙ্কু আকৃতির) ফ্লাস্ক, কাচের গাহ।

8.3 প্রয়োজনীয় রাসায়নিক : CCl_4 , পুনরুর্ধপাতিত (resublimed) আয়োডিন, 0.1 ও 0.02 N মাত্রার সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ 0.1 M KI দ্রবণ, স্টার্চ দ্রবণ, 0.1 $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় দ্রব্য : $\frac{N}{10}$ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ, $\frac{N}{100}$ সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণে আয়োডিনের সম্পৃক্ত দ্রবণ, $\frac{N}{10}$ KI-এর জলীয় দ্রবণ, স্টার্চ দ্রবণ, আনুমানিক 10% KI-এর জলীয় দ্রবণ।

পদ্ধতি A : কার্বনটেট্রাক্লোরাইড এবং জলের মধ্যে আয়োডিনের বণ্টনের ধ্রুবক নির্ণয় :

1. প্রায় 15 গ্রাম আয়োডিন ও আনুমানিক 75 মিলি কার্বন টেট্রাক্লোরাইড নিয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করুন। তিনটি 500 মিলি আয়তনের স্টপার যুক্ত বোতল নিন এবং বোতলগুলিকে ভালো করে পরিষ্কার করে শুকিয়ে নিন। বোতলগুলির গায়ে 1, 2 এবং 3 লিখুন এবং নীচের মিশ্রণগুলি বোতল তিনটিতে তৈরি করুন।

সারণি-I :

বোতল সংখ্যা	কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে সম্পৃক্ত আয়োডিনের দ্রবণ মি.লি.	কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের আয়তন মি.লি.	জলের আয়তন মি.লি.
1	20	0	200
2	15	5	200
3	10	10	200

2. তিনটি বোতলের মুখ ভালো করে আটকান এবং তীব্রভাবে ঝাঁকান। প্রায় দু-ঘণ্টা ঝাঁকান। ঝাঁকানোর পর প্রায় আধঘণ্টা বোতল তিনটিকে স্থিতাবস্থায় রাখুন। ঘরের তাপমাত্রা ছাড়া অন্য তাপমাত্রায় কাজটি করতে হলে বোতল তিনটিতে ঐ তাপমাত্রার তাপগাছে 1 ঘণ্টা রাখবেন। এজন্য মিশ্রণকে একটি ছিপিযুক্ত জেনা বোতলে নিয়ে আধঘণ্টা যত্নে ঝাঁকাতে হবে।

এখন প্রত্যেকটি বোতলের জলীয় দ্রবণ স্তর থেকে পিপেটের সাহায্যে 50 ml দ্রবণ তুলে নিয়ে 250 ml শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কে রাখুন। এই ফ্লাস্কটির মধ্যে 10 ml $\frac{N}{10}$ KI দ্রবণ যোগ করুন। লক্ষ্য রাখবেন যেন CCl_4 স্তর থেকে কোনো দ্রবণ না উঠে আসে। এবার শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কের দ্রবণটিকে স্টার্চ সূচক ব্যবহার করে $\frac{N}{100} Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন (টাইট্রেশন) করুন।

3. অনুরূপভাবে CCl_4 স্তর থেকে 5 ml দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে শঙ্খ আকৃতির ফ্লাস্কে নিন এবং 10 ml $\frac{N}{10}$ KI দ্রবণ যোগ করুন এবং দ্রবণটিকে স্টার্চ সূচক ব্যবহার করে $\frac{N}{100} Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করুন। এভাবে প্রত্যেক স্তরের দ্রবণ নিয়ে কমপক্ষে দু'বার করে অনুমাপন করুন।

এভাবে তিনটি বোতলের দ্রবণ নিয়ে অনুমাপন করুন।

ফল ও গণনা :—

তাপমাত্রা = °C

বোতল সংখ্যা	জলীয় দ্রবণ স্তরের 50 ml টাইট্রেশনের $\frac{N}{100} Na_2S_2O_3$ - এর আয়তন (ml)	জলীয় দ্রবণে I_2 -এর গাঢ়ত্ব Cl_2 (জলীয়) (N)	CCl_4 স্তরের 5 ml টাইট্রেশনের $\frac{N}{10} Na_2S_2O_3$ - এর আয়তন (ml)	CCl_4 স্তরে I_2 এর গাঢ়ত্ব $Cl_2(CCl_4)$ (N)	$K_D =$ $\frac{Cl_2(CCl_4)}{Cl_2(জলীয়)}$
1	(i)				
	(ii)				
2	(i)				
	(ii)				
3	(i)				
	(ii)				

গড় বণ্টন ধ্রুবক (K_D) =

এই পরীক্ষা CCl_4 -এর পরিবর্তে অন্য জৈব তরল যেমন ক্লোরোফর্ম দিয়ে করতে পারেন।

পদ্ধতি B : $KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$ (অর্থাৎ $I^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^-$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় :

পদ্ধতি A-র মতন এখানে আরও তিনটি 500 ml বোতল নিয়ে পরিষ্কার করে শুকিয়ে নি। বোতল তিনটির গায়ে 4, 5 এবং 6 লিখুন। এখানে জলের পরিবর্তে $\frac{M}{10}$, $\frac{M}{15}$ এবং $\frac{M}{20}$ KI-এর জলীয় দ্রবণ তৈরি করুন। 4, 5 এবং 6 নং বোতল নিয়ে মিশ্রণগুলি তৈরি করুন।

টেবিল 2 :

বোতল সংখ্যা	CCl_4 দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়োডিন দ্রবণের আয়তন (ml)	CCl_4 এর আয়তন (ml)	KI দ্রবণের আয়তন (ml)
4	20	0	200 ml $\frac{M}{10}$
5	15	5	200 ml $\frac{M}{15}$ (অথবা 133.3 ml $\frac{M}{10}$ KI দ্রবণ + 66.7 ml জল)
6	10	10	200 ml $\frac{M}{20}$ (অথবা 100 ml $\frac{N}{10}$ KI দ্রবণ + 100 ml জল)

এবার পদ্ধতি A-তে যেভাবে 1, 2 এবং 3 বোতলের দুই স্তরের আয়োডিন দ্রবণের অনুমাপন করেছেন সেভাবে এখানে 4, 5 এবং 6 বোতলের দুইটি স্তরের আয়োডিন দ্রবণকে $Na_2S_2O_3$ দ্রবণ দ্বারা অনুমাপন করুন।

7.3.5 ফল ও টেবিল III :

বোতল সংখ্যা	$\frac{N}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ দ্রবণের আয়তন 50 ml জলীয় দ্রবণে টাইট্রেশনের জন্য	জলীয় দ্রবণে I_2 -এর গাঢ়ত্ব (C_2) মোল/ লিটার	$\frac{N}{10} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - এর আয়তন 5 ml CCl_4 -এর টাইট্রেশনের জন্য	CCl_4 স্তরে I_2 -এর গাঢ়ত্ব C_1 (মোল/ লিটার)	জলীয় দ্রবণে মুক্ত আয়োডিনের গাঢ়ত্ব $\left(\frac{C_1}{K_D}\right)$

K_D -র মান আগের পরীক্ষায় পেয়েছেন।

টেবিল IV :-

বোতল সংখ্যা	উৎপন্ন KI_3 -এর গাঢ়ত্ব $\left(C_2 - \frac{C_1}{K_D}\right)$ মোল/লিটার	KI -এর প্রাথমিক গাঢ়ত্ব (C_3) মোল/লিটার	সাম্যাবস্থায় KI -এর গাঢ়ত্ব $C_3 - (C_2 -$ $C_1/K_D)$ মোল/লিটার	সাম্য ধ্রুবক K লিটার/মোল
4				
5				
6				

গড় সাম্য ধ্রুবক K (তাপমাত্রা = $^{\circ}\text{C}$)

7.3.6 গণনা : ধরুন $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -র মাত্রা = $S_1 \left(\frac{N}{10}\right)$

1 মোল $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{1}{2}$ মোল আয়োডিন

যেহেতু $2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 = \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 + 2\text{NaI}$

\therefore 1000 ml $N \text{S}_2\text{O}_3^- \equiv 0.5$ মোল আয়োডিন

$$\therefore 1 \text{ c.c. } \frac{N}{10} \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \equiv 0.5 \times 10^{-4} \text{ মোল আয়োডিন}$$

$$\therefore x \text{ c.c. } f_1 S_1 \frac{N}{10} \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \equiv 0.5 S_1 x \times 10^{-4} \text{ মোল আয়োডিন}$$

$$\text{অনুরূপভাবে, } y \text{ ml } S_1 \frac{N}{100} \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \equiv 0.5 S_1 y \times 10^{-5} \text{ মোল আয়োডিন}$$

CCl_4 স্তরের আয়োডিন দ্রবণের জন্য 5 ml দ্রবণ নিয়েছেন এবং জলীয় দ্রবণের 50 ml নিয়েছেন। সুতরাং 50 ml দ্রবণে $0.5 S_1 y \times 10^{-5}$ মোল আয়োডিন আছে।

$$\begin{aligned} \therefore 1000 \text{ মিলি. জলীয় দ্রবণ স্তরে আয়োডিন আছে} &= \frac{0.5 S_1 y \times 10^{-5}}{50} \times 10^3 \text{ মোল} \\ &= 10^{-4} S_1 y \text{ মোল} \end{aligned}$$

অনুরূপে 1000 মিলি CCl_4 স্তরে আয়োডিন আছে।

$$= \frac{0.5 S_1 x \times 10^{-4}}{5} \times 10^3 \text{ মোল} = 10^{-2} \cdot S_1 x \text{ মোল}$$

$$\therefore C_1 = 10^{-2} S_1 x \text{ মোল এবং } C_2 = 10^{-4} S_1 y \text{ মোল।}$$

এভাবে বিভিন্ন স্তরে আয়োডিনের গাঢ়তা নির্ণয় করা হয়।

দ্রষ্টব্য : 1. $0.1(N)\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ লাগবে থায়োসালফেট দ্রবণের প্রামাণীকরণের জন্য।

2. CCl_4 ও জলের মধ্যে I_2 -এর বণ্টন ধ্রুবকের মান 85.2 (25°C -এ)



মানুষের জ্ঞান ও ভাবকে বইয়ের মধ্যে সঞ্চিত করিবার যে একটা প্রচুর সুবিধা আছে, সে কথা কেহই অস্বীকার করিতে পারে না। কিন্তু সেই সুবিধার দ্বারা মনের স্বাভাবিক শক্তিকে একেবারে আচ্ছন্ন করিয়া ফেলিলে বুদ্ধিকে বাবু করিয়া তোলা হয়।

—রবীন্দ্রনাথ ঠাকুর

ভারতের একটা mission আছে, একটা গৌরবময় ভবিষ্যৎ আছে, সেই ভবিষ্যৎ ভারতের উত্তরাধিকারী আমরাই। নতুন ভারতের মুক্তির ইতিহাস আমরাই রচনা করছি এবং করব। এই বিশ্বাস আছে বলেই আমরা সব দুঃখ কষ্ট সহ্য করতে পারি, অন্ধকারময় বর্তমানকে অগ্রাহ্য করতে পারি, বাস্তবের নিষ্ঠুর সত্যগুলি আদর্শের কঠিন আঘাতে ধূলিসাৎ করতে পারি।

—সুভাষচন্দ্র বসু

Any system of education which ignores Indian conditions, requirements, history and sociology is too unscientific to commend itself to any rational support.

—Subhas Chandra Bose

Price : Rs. 225.00

(NSOU-র ছাত্র-ছাত্রীদের কাছে বিক্রয়ের জন্য নয়)

Published by Netaji Subhas Open University, DD-26, Sector-I, Salt Lake, Kolkata - 700 064 & Printed at Prabaha, 45, Raja Ramnohan Roy Sarani, Kolkata - 700.009.