# পরিবেশ রসায়ন

## Environmental Chemistry

ইউনিট ৬

### ভূমিকা (Introduction)

জীব জগতের সঙ্গে পরিবেশের সম্পর্ক অত্যন্ত ঘনিষ্ট। এ কারণে দূষণ মুক্ত পরিবেশে জীব জগত সুস্থ থাকে এবং পরিবেশে দুষন ঘটলে জীব জগতের মারাত্মক ক্ষতি হয়। মানুষ ও অন্যান্য জীব তার চার পাশে যা কিছু নিয়ে বাস করে তাকে পরিবেশ বলে। পরিবেশের উপাদান হলো চারটি। যথা ১) বায়ুমন্ডল বা বায়ু, ২) বারিমন্ডল বা পানি, ৩) শিলামন্ডল বা মৃত্তিকা ও ৪) জীব মন্ডল। এখন প্রশ্ন হল, পরিবেশ রসায়ন কী? পরিবেশ রসায়ন বলতে পরিবেশে সংঘটিত সকল রাসায়নিক ঘটনা সম্বলিত বিজ্ঞানকে বুঝায়। এটি একটি বহু শাখায়িত বিজ্ঞান যার মধ্যে রসায়ন, পদার্থবিদ্যা, জীববিজ্ঞান, জনস্বাস্থ্য, চিকিৎসাবিজ্ঞান, প্রকৌশল, উদ্ভিদবিদ্যা প্রভৃতি রয়েছে।

ব্যাপকঅর্থে পরিবেশ রসায়ন বলতে রসায়নের সেই শাখাকে বুঝায় যেখানে মাটি, পানি ও বাতাসে সংঘটিত যাবতীয় রাসায়নিক ঘটনাবলি, তার উৎস, যোগযোগ তার প্রক্রিয়া, কৌশল, মানুষসহ অন্যান্য জৈব উপাদানের উপর তার প্রভাব ও ফলাফল নিয়ে আলোচনা করে, অধ্যয়ন করে এবং গবেষণা করে।

| | |
|---|---|
| **ইউনিট সমাপ্তির সময়** | **ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৫ সপ্তাহ** |

### এই ইউনিটের পাঠসমূহ

# পাঠ-৬.১ মিঠা পানি ও পানির খরতা

## উদ্দেশ্য

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- মিঠা পানির উৎস উল্লেখ ও গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবেন।
- পানির খরতা ও পানি খরতার প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবেন।
- পানির অম্লত্ব ও ক্ষারকত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | খর পানি, মৃদু পানি, মিঠা পানি, পানির খরতা, পানির অম্লত্ব, পানির ক্ষারকত্ব |

**পানির ইতিহাস (History of water)**

পূর্বে পানিকে একটি মৌলিক পদার্থ মনে করা হত। ১৭৮১ খ্রিষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী ক্যাভেন্ডিস (Cavendish) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে অগ্নি স্ফুলিংগের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটিয়ে পানি উৎপন্ন করেন এবং প্রমাণ করেন যে, পানি একটি যৌগিক পদার্থ। ১৭৮৩ খ্রিষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ে (Lavoisier) একটি লোহিত তপ্ত বন্দুকের নলের মধ্য দিয়ে জলীয় বাষ্প চালনা করে "ম্যাগনেটিক অক্সাইড অব আয়রন" (magnetic oxide of iron) ও হাইড্রোজেন গ্যাস পান। এরূপে প্রমাণ করেন যে, পানি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে গঠিত একটি দ্বি-মৌল যৌগ।

**মিঠা পানি (Fresh water)**

যে পানিতে সামান্য পরিমাণ ভেজাল পদার্থ যেমন বিভিন্ন ধাতব আয়ন মিশ্রিত থাকে অথচ পানযোগ্য (যেমন ঝরনার পানিতে সামান্য উপকারী খনিজপদার্থ থাকে এবং তা পানযোগ্য) তাকে মিঠা পানি হিসাবে গন্য করা যায়। মিঠা পানির বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ :

১। মিঠা পানি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বচ্ছ হতে হবে।
২। এ পানি বিস্বাদ হবে না।
৩। এ পানি জীবাণুমুক্ত হবে।
৪। এতে স্বাস্থ্যসম্মত মাত্রার চেয়ে কম বা বেশি পরিমানে খনিজ পদার্থ থাকে।

**মিঠা পানির উৎস :** মিঠা পানির একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস হলো বৃষ্টিপাত। স্থলভূমি ও সমুদ্র উভয় স্থান থেকে সৌর বিকিরণের কারণে পর্যাপ্ত পরিমাণ পানি বাষ্পে পরিণত হয়ে বায়ুমন্ডলে আসে। বায়ুমন্ডলে জলীয় বাষ্প ঘণীভূত হয় এবং বৃষ্টি, শিশির বা তুষার আকারে ভূপৃষ্টে ফিরে আসে। ভূপৃষ্টের উপর বৃষ্টিপাতের পরিমাণ, সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে বাষ্পীভবন, ভূপৃষ্ঠ হতে বাষ্পীভবন, সমুদ্রপৃষ্ঠের উপর বৃষ্টিপাতের একটি সারণি দেওয়া হলো।

সারণি ৬.১: বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট পানির পরিমাণ

| প্রক্রিয়া | পানির পরিমাণ ($km^3$) |
|---|---|
| সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে বাষ্পীভবন | 4,52,600 |
| ভূপৃষ্ঠ থেকে বাষ্পীভবন | 72,500 |
| সমুদ্র পৃষ্ঠের উপর বৃষ্টিপাত | 4,11,600 |
| ভূপৃষ্ঠের উপর বৃষ্টিপাত | 1,13,500 |
| ভূপৃষ্ঠ ও সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে মোট বাষ্পীভবন | 72,500+4,52,600=5,25,100 |
| ভূপৃষ্ঠ ও সমুদ্রপৃষ্ঠ হতে মোট বৃষ্টিপাত | 1,13,500+4,11,600=5,25,100 |

সারণি থেকে দেখা যায় যে,

১। প্রতি বছর সমুদ্রপৃষ্ঠ হতে 4,52,600 $km^3$ পানি বাষ্পকারে বায়ুমন্ডলে ফিরে আসে।

২। প্রতি বছর বৃষ্টিপাতের মাধ্যমে 4,11,600 $km^3$ পানি সাগরে চলে যায়।

সুতরাং ঘাটতি মিঠা পানির পরিমাণ = (4,52,600-4,11,600) = 41,000 $km^3$ অন্যদিকে, ভূপৃষ্ঠ প্রায় 72,500 $km^3$ (ঘন কিলো মিটার) পানি বায়ুমন্ডলে প্রদান করে এবং বৃষ্টিপাত হিসাবে 1,13,500 $km^3$ পানি গ্রহণ করে। বাষ্পীভবনে অতিরিক্ত পানি অর্থ্যাৎ (1,13,500-72,500) = 41,000 $km^3$ পানি বিভিন্ন নদীনালা, খালবিল, প্রভৃতির মাধ্যমে সাগরে ফিরে আসে। এ কারণে সমুদ্রে, ভূপৃষ্ঠে, ভূ-গর্ভে, জলীয় বাষ্প হিসাবে বায়ুমন্ডলে বিদ্যামান পানি ইত্যাদির মাধ্যমে গতিশীল সাম্যবস্থা বজায় রাখে।

**মানুষের ব্যবহার্য মিঠা পানি সরবরাহের উৎস (Sources of Fresh Water Supply for Human uses)**

মানুষের ব্যবহার্য মিঠা পানির উৎস, দুই ধরনের হতে পারে: যেমন:- ১। ভূ-পৃষ্ঠের পানি, ২। ভূ-গর্ভের পানি।

**ভূ-পৃষ্ঠের পানির উৎস (Sources of surface water)**

১। নদী, হ্রদ ও হিমবাহের পানি
২। ঝর্নার পানি
৩। কৃত্রিম পানি প্রণালী ও খাল বিলের পানি
৪। আর্বজনাযুক্ত পানিকে পুনরায় বিশোধনের পর প্রাপ্ত পানি
৫। বাঁধ ও খাদে সঞ্চিত পানি।

**ভূগর্ভের পানির উৎস (Sources of ground water)**

১। অগভীর কূপের মাধ্যমে বেডরক (bed rock) থেকে নির্গত পানি
২। অগভীর কূপের মাধ্যমে আর্টেসিয়ান বেসিন থেকে নির্গত পানি
৩। অগভীর কূপের মাধ্যমে পাললিক ও বালু শিলার সঞ্চারন ভান্ডার থেকে নির্গত পানি,
৪। কৃত্রিম উপায়ে অ্যাকুইফার থেকে নির্গত পানি।

**পৃথিবীতে মিঠা পানির বন্টন (Global distribution of fresh water)**

পৃথিবীতে মিঠা পানির বন্টনের একটি সারণি নিচে দেওয়া হলো ঃ-

**সারণি ৬.২ : পৃথিবীতে মিঠা পানির বন্টন**

| পানির উৎস | আয়তন হিসেবে ($mile^3$) | শতকরা পরিমাণ |
|---|---|---|
| হ্রদের পানি | 30,000 | 0.009 |
| নদীর পানি | 3,000 | 0.001 |
| উত্তর মেরুর বরফ | 65,00,000 | 1.992 |
| দক্ষিন মেরুর বরফ | 5,00,000 | 0.154 |
| জলীয় বাষ্প | 3,100 | 0.001 |
| ভূগর্ভের পানি | 20,16,000 | 0.635 |
| মোট মিঠা পানির পরিমাণ | 32,60,74,400 | 2.792 |

অন্যদিকে, মোট লবণাক্ত পানির পরিমাণ হলো 31,70,25,000 $mile^3$ বা মোট পানির 97,208%।

শিক্ষাথীর কাজ: আপনি আপনার ব্যক্তিগত বিভিন্ন কাজে প্রতিদিন কী পরিমাণ পানি ব্যবহার করেন তা নিচের টেবিলে তালিকাভূক্ত করুন। টেবিলের পরিমাণ থেকে আপনার পরিবার এবং দেশের সকল মানুষের জন্য প্রয়োজনীয় বিশুদ্ধ পানির পরিমাণ কি হতে পারে লিখুন।

| পানির ব্যবহারের বিভিন্ন ক্ষেত্র | ব্যবহৃত পানির পরিমাণ (লিটার) |
|---|---|
| গোসল (পুকুরের পরিবর্তে গোসল খানা ব্যবহার করলে) | |
| টয়লেটে ব্যবহার | |
| খাবার পানি | |
| হাত ধৌত করা | |
| দাঁত ব্রাশ | |
| সেভ করা | |
| ঘর-বাড়ী ধৌত করা | |
| খাবার রান্না | |
| রান্না ও খাওয়ার পর হাত ধৌত করা | |
| কাপড় ধৌত করা | |
| গাড়ি ধৌত করা | |
| অন্যান্য | |

**মিঠা পানির গুরুত্ব (Importance of fresh water)**

ক) উদ্ভিদের জীবনে মিঠা পানির গুরুত্ব (Importance of fresh water for plants)

১। প্রোটোপ্লাজমের সত্ত্বা রক্ষায় ব্যবহৃত হয়।
২। খাদ্য তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
৩। উদ্ভিদাঙ্গের বর্ধনে ব্যবহৃত হয়।
৪। কোষের স্বাভাবিক বৃদ্ধিতে ভূমিকা রাখে।
৫। জনন প্রক্রিয়া স্বাভাবিক রাখতে ভূমিকা রাখে।
৬। স্বতঃস্ফূর্তভাবে প্রস্বেদন ক্রিয়া চালনা করার ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।
৭। সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।
৮। বিক্রিয়ার মাধ্যম হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
৯। বিষক্রিয়া ধ্বংস করতে ব্যবহৃত হয়।
১০। পরাগায়নে ব্যবহৃত হয়।
১১। বিক্রিয়ার উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
১২। দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
১৩। ফল ও বীজের বিস্তারে ব্যবহৃত হয়।

খ) মানুষ ও অন্যান্য প্রাণির জীবনে মিঠা পানির গুরুত্ব
(Importance of fresh water for human and other animals)

১। প্রাণির খাদ্য ও জীবন ধারণের বাহক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
২। প্রাণির খাদ্য তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
৩। কোষের স্বাভাবিক বৃদ্ধিতে ব্যবহৃত হয়।
৪। জনন প্রক্রিয়া স্বাভাবিক রাখতে এবং স্বাভাবিক বংশ বিস্তারে ব্যবহৃত হয়।
৫। বিভিন্ন বায়োলজিক্যাল বিক্রিয়ার মাধ্যম উপাদান ও দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
৬। বিভিন্ন বিষক্রিয়া ধ্বংস করতে ব্যবহৃত হয়।
৭। প্রাণিদেহের তাপের স্থিতিশীলতা রক্ষায় ভূমিকা রাখে।

তাছাড়া রান্নার কাজে খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ ও স্বাদযুক্ত হওয়ার জন্য মিঠা পানি ব্যবহার করা হয়। কৃষিকাজে ব্যবহার্য পানি অবশ্যই মিঠা পানি হওয়া উচিত। মৎস্য চাষের জন্য মিঠা পানির গুরুত্ব অধিক। কারণ মিঠা পানিতে যেসব মাছ জীবন ধারণ করে লবণাক্ত পানিতে এদের জীবন ধারন করা একেবারেই কষ্টদায়ক। এমন কি এদের মৃতুও ঘটে। শিল্প

কলকারখানায় মিঠা পানি ব্যবহারের কারণে বয়লারের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। তাপের অপচয় কম হয়। কাপড়ের উপর যেন কোন দাগ সৃষ্টি না হয় এবং কাপড় উত্তমরুপে পরিষ্কার হয় এজন্য লন্ড্রীতে মিঠা পানি ব্যবহার করা হয়।

**পানির খরতা(Hardness of water)**

যে পানিতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও আয়রনের বাইকার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে তাকে খর পানি বলে। খর পানিতে সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন হয় না। ঝর্নার পানি, নদীর পানি, সমুদ্রের পানি ইত্যাদি খর পানি। খর পানিতে খাদ্য দ্রব্য ও সহজে রান্না হয় না। যে পানিতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও আয়রনের বাইসালফেট, কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে না তাকে মৃদু পানি বলে। মৃদু পানিতে সাবান সহজে ফেনা উৎপন্ন করে। যেমন, বৃষ্টির পানি, পতিত পানি ইত্যাদি। পানির খরতা দুই প্রকার। যেমন,

১। অস্থায়ী খরতা (Temporary hardness) ও

২। স্থায়ী খরতা (Permanent hardness)

১। **অস্থায়ী খরতা :** পানিতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম ও আয়রনের বাইকার্বনেট দ্রবীভূত থাকলে পানির যে খরতা হয় তাকে অস্থায়ী খরতা বলে। এ খরতাকে অস্থায়ী বলার কারণ এই যে, পানির স্ফুটন দ্বারা এই খরতা সহজেই দূর করা যায় না।

২। **স্থায়ী খরতা :** ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির ক্লোরাইড বা সালফেট লবণ পানিতে দ্রবীভূত থাকলে পানির যে খরতা হয় তাকে স্থায়ী খরতা বলে। স্থায়ী খরতা সাধারণত সহজ পদ্ধতি যেমন পানির স্ফুটন দ্বারা দূর করা যায় না। পানির বিশুদ্ধতার অন্যতম মানদন্ড হলো পানির খরতা। অতিরিক্ত খর পানি বিশুদ্ধ হয় না এবং তা পানযোগ্য থাকে না। পানির খরতা $Ca^{2+}$ ও $Mg^{2+}$ আয়নের mg/L বা ppmএককে প্রকাশ করা হয়। পানিতে $Ca^{2+}$ ও $Mg^{2+}$ আয়নের পরিমাণ 150 ppm বা 150 mg/L বা এর উর্ধে হলে এ পানি খর পানির পর্যায়ে পড়ে। খর পানি স্বাস্থ্যের ক্ষেত্রে কোন সমস্যা সৃষ্টি করে না। বিশুদ্ধ পানযোগ্য পানিতে মোট দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ 500 ppm এর কম থাকে এবং pH এর মান 6-9 পরিসরে থাকে, বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) কর্তৃক পানযোগ্য পানির খরতার নির্ধারিত মান হলো 500 ppm বা 500 mg/L এবং বাংলাদেশ কর্তৃক নির্ধারিত মান 250 ppm বা 250 mg/L ।

**পানির খরতা দূরীকরণ ঃ**

**মূলনীতিঃ** যেহেতু পানিতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম ও আয়রন প্রভৃতির বাইকার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট জাতীয় লবণ দ্রবীভূত থাকার জন্যই পানির খরতার সৃষ্টি হয়, সুতরাং ঐ সমস্ত দ্রবীভূত লবণকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অদ্রবীভূত লবনে পরিণত করে তাকে পানি হতে পৃথক করলে পানির খরতা দূর হয়। পানির খরতা দূরীকরণের প্রধান প্রণালীগুলো হলো–

**১। অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ (Removal of temporary hardness)** : সাধারণত দুই প্রকারে অস্থায়ী ক্ষরতা দূর করা যায়। যথা : ১। স্ফুটন প্রণালী ও ২। ক্লার্ক প্রণালী।

**১। স্ফুটন প্রণালী (Boiling process)** : অস্থায়ী খর পানিকে উত্তম রূপে ফুটালে পানির খরতা দূর হয়। এ ক্ষেত্রে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম বাইকার্বনেট বিয়োজিত হয়ে অদ্রবণীয় কার্বনেট হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$Ca(HCO_3)_2$ = $CaCO_3 + H_2O + CO_2$

ক্যালশিয়াম বাইকার্বনেট (দ্রবণীয়) ক্যালসিয়াম কার্বনেট (অদ্রবণীয়)

$Mg(HCO_3)_2$ = $MgCO_3 + H_2O + CO_2$

ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেট (দ্রবণীয়) ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেট (অদ্রবণীয়)

আর খর পানিতে ফেরাস বাইকার্বনেট $[Fe(HCO_3)_2]$ থাকলে ঐ খর পানিকে ফুটালে বা বায়ুতে রেখে দিলে তা সহজেই বায়ুর অক্সিজেন যোগে জারিত হয়ে অদ্রবণীয় বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইড ও কার্বন ডাইঅক্সাইডে পরিণত হয়।

$4Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_2 + 8CO_2$

এই ফুটন্ত পানিকে শীতল করে ছেঁকে বা থিতিয়ে নিলেই মৃদু পানি পাওয়া যায়। এই প্রণালী সাধারণত গৃহ কর্মের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।

**২। ক্লার্ক প্রণালী (Clarkes Process)** : শিল্প কর্মের প্রয়োজনে প্রচুর পরিমাণ পানিকে মৃদু পানিতে পরিণত করতে এই প্রণালী প্রয়োগ করতে হয়। এই প্রণালীতে প্রাকৃতিক পানির মধ্যে প্রয়োজনীয় পরিমাণ চুনের পানি বা মিল্ক অব লাইম যোগ করলে অদ্রবণীয় অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। পরে একে পরিস্রাবণ করে পৃথক করলে মৃদু পানি পাওয়া যায়। এখানে স্মরনীয় যে, ম্যাগনেশিয়াম বাইকার্বনেট থাকলে দ্বিগুন পরিমাণ চুনের প্রয়োজন হয়। কারণ এক্ষেত্রে অদ্রাব্য $CaCO_3$এর সঙ্গে প্রায় অদ্রাব্য ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রক্সাইডও [ $Mg(OH)_2$ ] উৎপন্ন হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2\,CaCO_3 + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2\,CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O$$

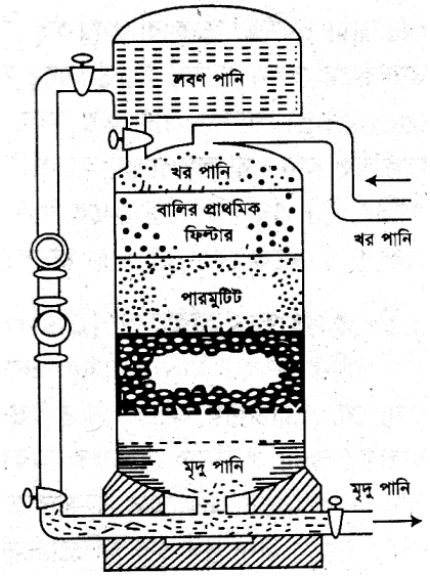
**খ) স্থায়ী খরতা দূরীকরণ (Removal of permanent hardness) :** উপরোক্ত প্রণালীর সাহায্যে পানির স্থায়ী খরতা দূর করা যায় না। এক্ষেত্রে খরতা দূরীকরণের জন্য নিম্নলিখিত প্রণালীসমূহ ব্যবহৃত হয়।

**১। সোডা প্রণালী (Soda process)** : স্থায়ী খরতা দূর করতে পানিকে সোডিয়াম কার্বনেট যোগে ফুটানো হয়, $CaCO_3$ বা $MgCO_3$ বা উভয়েই অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতঃপর পরিস্রাবণ বা আস্রাবণ দ্বারা মৃদু পানি পৃথক করা হয়।

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CaCO_3$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + MgCO_3$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = 2\,NaCl + CaCO_3$$
$$MgCl_2 + Na_2CO_3 = 2\,NaCl + MgCO_3$$

**২। পারমুটি প্রণালী (Permutit process) :**

এই প্রণালীই বর্তমানে অধিক প্রচলিত। এর সাহায্যে পানির অস্থায়ী ও স্থায়ী উভয় খরতাই দূর করা যায়। বিজ্ঞানী গ্যান (Gun) এই প্রণালীর আবিষ্কারক বলে একে গ্যানের প্রণালীও (Gan's Process) বলা হয়। এতে আর্দ্র সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম অর্থোসিলিকেট ($NaAlSiO_4.3H_2O$) বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। একেই পারমুটিট বলে। ল্যাটিন Permutit = Exchange = বিনিময়, পারমুটিটের ক্ষারীয় অংশ অর্থাৎ Na এর সাথে খর পানিতে দ্রবীভূত লবণের ক্ষারীয় অংশের বিনিময় ঘটে বলে এর এইরূপ নামকরণ করা হয়। ইহা প্রকৃতিতে জিওলাইট (Zeolites) নামক খনিজ হিসেবে পাওয়া যায় এবং পরীক্ষাগারে কৃত্রিম উপায়েও প্রস্তুত করা যায়।




চিত্র: ৬: পারমুটিট প্রণালিতে খর পানি মৃদুকরণ।

খর পানিকে পারমুটিটের ভিতর দিয়ে চালনা করলে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম পারমুটিট উৎপন্ন হয়, ফলে মৃদু পানি পাওয়া যায়।

Na- পারমুটিট + Ca-লবণ $\rightleftharpoons$ ca- পারমুটিট + Na-লবণ

$[2NaAlSiO_4 + CaCl_2 \rightleftharpoons Ca(AlSiO_4)_2 + 2NaCl$

Na- পারমুটিট + Mgলবণ $\rightleftharpoons$ Mg-পারমুটিট + Na-লবণ

দীর্ঘ সময় ব্যবহারে পারমুটিটের শক্তি হ্রাস পায় একে পুনরায় ক্রিয়াশীল করতে এর ভেতর দিয়ে সোডিয়াম ক্লোরাইডের তীব্র দ্রবণ চালনা করা হয়।

Ca- পারমুটিট + 2NaCl = 2Na – পরমুটিট + $CaCl_2$

Mg-পারমুটিট + 2NaCl = 2Na – পারমুটিট + $MgCl_2$

এই প্রণালীতে একটি খাড়া পাত্রের মধ্যে চিত্রের ন্যায় পারমুটিটকে অন্যান্য প্রয়োজনীয় দ্রব্যের সংগে রাখা হয় এবং উপর হতে নিম্নদিকে খর পানি চালনা করা হয়।

**মৃদু পানির সুবিধা**

১) বয়লারে ব্যবহার করলে তাতে খর পানির ন্যায় কোন কঠিন পদার্থের আস্তরন সৃষ্টি হয় না।

২) ধৌত কার্যে খর পানির তুলনায় মৃদু পানি ব্যবহার করলে সাবানের অপচয় হয় না।

৩) রন্ধন কার্যে খর পানির তুলনায় মৃদু পানি ব্যবহার করলে খাদ্যদ্রব্য সহজে সিদ্ধ হয় না।

**খর পানির সুবিধা**

১। শক্ত হাড় ও দাঁত গঠনের জন্য ক্যালসিয়াম লবণ অত্যাবশ্যক বলে শিশুর দেহ গঠনে খর পানি বিশেষ উপযোগী।

২। খর পানিতে যে সকল ধাতব লবণ (Ca-লবণ) দ্রবীভূত থাকে তা স্বাস্থ্যের জন্য উপকারী বলে খাবার পানি হিসাবে সামান্য খর পানির ব্যবহার বাঞ্ছনীয়।

৩। খর পানি আপেক্ষা মৃদু পানিতে সীসা অধিক পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। তাই খাবার পানি সামান্য খর হলে সীসক নির্মিত নলের মধ্যে দিয়ে সরবরাহ করা নিরাপদ। কারণ তাতে সীসক বিষ ক্রিয়ার ভয় কম থাকে।

**খর পানি ব্যবহারের অসুবিধা** (Disadvantages of use of hard water)

১। কাপড় ধোয়া বা লন্ড্রীর কাজে খর পানি ব্যবহার করলে সাবানের অপচয় ঘটে।

২। বয়লারে খর পানি ব্যবহার করলে এর ভিতরে অদ্রবণীয় কঠিন ধাতব লবণের আস্তরণ সৃষ্টি হয়। এরূপ আস্তরণ তাপ কুপরিবাহী বলে জ্বালানির খরচ বেড়ে যায়।

৩। কাগজ, কৃত্রিম সিল্ক ও রঞ্জনশিল্পে খর পানি ব্যবহার করা যায় না। খর পানিতে দ্রবণীয় ফেরাস লবণ থাকলে কাগজ ও কৃত্রিম সিল্কের ওপর বাদামি বর্ণের দাগ পড়ে, কাপড় বা সুতার রঙের কাজে ব্যবহৃত রঙের সাথে খর পানির বিক্রিয়ার ফলে অদ্রবণীয় পদার্থ সৃষ্টি হয়। ফলে রঙের অপচয় ঘটে।

৪। খর পানিতে চাল, ডাল প্রভৃতি সহজে সিদ্ধ হয় না এবং তরকারীর স্বাদও কম হয়ে থাকে। তরকারির রং কালচে হয়ে যায়। গ্লাস ও বাসনপত্রে বাদামি রংয়ের দাগ পড়ে।

**পানির খরতা (স্থায়ী ও অস্থায়ী) নির্ণয়**

**Determination of hardness (permanent and temporary) of water**

**মূলনীতি (principle)** : (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড + অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) বাফার দ্রবণ এবং ইরিওক্রোম ব্লাক টি নির্দেশকের উপস্থিতিতে EDTA (ইথিলিন ডাইঅ্যামিন টেট্রাঅ্যাসিটিক অ্যাসিড) দ্বারা টাইট্রেট করে পানির খরতা (স্থায়ী ও অস্থায়ী) নির্ণয় করা হয়। সমাপ্তি বিন্দুতে দ্রবণের বর্ণ মদ লাল (Wine-red) থেকে পরিবর্তিত হয়ে নীল বর্ণের হয়।

**হিসাব (Calculation) :**

$1\ mL\ 0.01\ M\ EDTA = 1 mg\ CaCO_3$

ধরা যাক, $V\,mL$ পানির নমুনাকে টাইট্রেট করতে $0.01\ M$ EDTA দ্রবণের $y\,mL$ প্রয়োজন।

সুতরাং পানির খরতা = $\frac{y \times 1000}{V} = mg\ CaCO_3/L$

| | |
|---|---|
| **শিক্ষার্থীর কাজ** | গৃহস্থালীর কাজে ব্যবহার্য পানির 'ক' নমুনার 10 mL পানি নিয়ে টাইট্রেশন করতে 8.9 mL এবং 'খ' নমুনার পানি নিয়ে টাইট্রেশন করতে 4.8 mL EDTA এর প্রয়োজন হয়। EDTAএর ঘনমাত্রা 0.01M হলে কোন নমুনার পানিটি ব্যবহার উপযোগী বলে আমনি মনে করেন। |

**পানির অম্লত্ব ও ক্ষারকত্ব**

পানির অম্লত্ব এবং ক্ষারকত্বের পরিমাপক হলো pH। সাধারণত লিটমাস পেপারের রঙের পরিবর্তনের মাধ্যমে এই পরীক্ষা করা হয়। পানির অম্লত্ব এবং ক্ষারকত্বের পরিবর্তনের সাথে সাথে লিটমাস পেপারের রঙের পরিবর্তন ঘটে। জলাধারের pH পরিবর্তন হয় মূলত উদ্ভিদের সালোক সংশ্লেষণের কারণে। pH হলো $H^+$ এর ঘনমাত্রার ঋণাত্মক লগারিদম। অর্থাৎ $pH = - \log [H^+]$। পানির pH নিয়ন্ত্রণ থাকা অত্যন্ত জরুরী, পানির pH এর মান কমে গেলে পানির অম্লত্ব বেড়ে যায়, এতে জলজ প্রাণি ও উদ্ভিদ ধ্বংস হয়ে যায়, জলজ জীব ও পান যোগ্য পানির pH এর মান 6.5 থেকে 8.5 হওয়া উচিত। এটি বিশ্বস্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) কর্তৃক নির্ধারিত মান। বাংলাদেশের আদর্শমান হলো 6.5 থেকে 9.2। মাছসহ বিভিন্ন জলজ প্রাণির বসবাসের উপযোগী পানির pH এর মান 6.5 থেকে 8.5 এর চেয়ে সামান্য কম বা বেশি অর্থাৎ পানির pH এর মান 4.5 থেকে কম এবং 9.5 থেকে বেশি হলে তা জীবের জন্য প্রাণঘাতী হয়।

**পানির অম্লমান (Acidic values of water)**

১। ভূ-স্তর এর মাটি পানির pH কে প্রভাবিত করে। অম্লীয় মাটি এবং প্রস্তর যেমন-ব্যাসাল্ট, গ্রানাইট এবং বেলে পাথর পানির pH মান কমিয়ে দেয়। অ্যাসিড সালফেট মাটি নদীর মোহনায় বা জলাশয়ের একটি বিরাট সমস্যা। এই মাটি মোহনায় পানির নিচে সালফারের অবায়বীয় পরিবেশ তৈরি করে। এই মাটি যদি অবায়বীয় অবস্থায় থাকে তাহলে কোন সমস্যার সৃষ্টি করে না। কিন্তু এই মাটি জারিত হবার সুযোগ পেলে এটি $H_2SO_4$ নির্গত করে।

৩। ঝোপঝাড় বিধৌত এলাকার পানি সাধারণত কিছুটা অম্লীয় হয়ে থাকে। এটা সাধারণত ট্যানিক এসিডের কারনে হয়ে থাকে। ট্যানিক অ্যাসিড প্রাকৃতিকভাবে পাতায় থাকে।

**পানির ক্ষারীয় মান (Alkaline values of water)**

ক্ষারধর্মী শিল্প যেমন চুনাপাথর (Lime stone) পানির pH বাড়িয়ে দেয়। সার এবং ডিটারজেন্ট মিশ্রিত বর্জ্য পানি সাধারণত পানির ক্ষারত্বকে বাড়িয়ে দেয়। pH এর মান বেড়ে গেলে ঐ এলাকার প্রানিকূল খুব বিপদগ্রস্ত হয়ে পড়ে। যেমন মাছের চামড়ায় ক্ষত হতে পারে। আলসার হতে পারে। মাছের শ্বাসযন্ত্র অকার্যকর হতে পারে। ক্ষারকত্ব বা অম্লত্ব চরম মাত্রায় পৌঁছে গেলে জলজ প্রাণি সব মরে যেতে পারে।

অম্লত্ব এবং ক্ষারকত্ব নির্দেশক pH মান নিম্নরুপ:
অম্লীয় pH মান 0 থেকে 6.9
ফ্রেশ পানির pHএর মান 6.5-8
প্রশম পনির pH এর মান 20-27ºC তাপমাত্রায় 7
ক্ষারীয় পানির pH মান 7.1 থেকে 14
নদীর মোহনায় পানির pH 8-9

**সার-সংক্ষেপ :**

- যে পানিতে সামান্য পরিমাণ ভেজাল পদার্থ যেমন বিভিন্ন ধাতব আয়ন মিশ্রিত থাকে অথচ পান যোগ্য তাকে মিঠা পানি বলে।
- মিঠা পানির একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস হল বৃষ্টিপাত।
- মানুষের ব্যবহার্য মিঠা পানির উৎস হল ভূ-পৃষ্ঠের পানি, ভূ-গর্ভের পানি
- পৃথিবীতে মোট লবণাক্ত পানির পরিমাণ হলো মোট পানির 97.208%।

- যে পানিতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও আয়রনের বাইকার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে তাকে খর পানি বলে।
- খর পানিতে সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন হয় না।
- পানির খরতা দুই প্রকার যেমন, অস্থায়ী খরতা ও স্থায়ী খরতা।
- পানির অম্লত্ব ও ক্ষারকত্বের পরিমাপক হলো পানির pH।
- অম্লীয় পানির pH এর মান 0 থেকে 6.9 ক্ষারীয় পানির pH এর মান 7.1 থেকে 14 এবং প্রশম পানির pH এর মান 7।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১

### সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। কোন বিজ্ঞানী প্রমাণ করেন যে, পানি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে গঠিত একটি দ্বি-মৌল যৌগ।
ক) ল্যাভয়সিয়ে খ) ডালটন
গ) হুন্ড ঘ) রাদারফোর্ড

২। পৃথিবীতে মোট লবণাক্ত পানির পরিমাণ হল মোট পানির–
ক) 90.305% খ) 97.208%
গ) 92.308% ঘ) 87.206%

৩। পারমুটিট প্রণালীর সাহায্যে পানির দূর করা হয়–
ক) স্থায়ী খরতা খ) অস্থায়ী খরতা
গ) স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতা ঘ) স্থায়ী এবং অস্থায়ী কোন খরতাই নয়

৪। ল্যাটিন পারমুটিট শব্দের অর্থ–
ক) বিনিময় খ) আদান প্রদান
গ) প্রতিস্থাপন ঘ) বিয়োজন

৫। pH এর সমীকরণ নিচের কোনটি?
ক) $pH = + \log[H^+]$ খ) $pH = - \log[H^+]$
গ) $pH = - \log[OH^-]$ ঘ) $pH = + \log[OH^-]$

৬। পানির pH এর মান কমে গেলে পানির অম্লত্ব
ক) কমে যায় খ) বেড়ে যায়
গ) স্থির থাকে ঘ) শূন্য হয়

৭। বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) কর্তৃক নির্ধারিত জলজজীব ও পানযোগ্য পানির pH এর মান
ক) 6.5 – 8.5 খ) 6.0 – 8.0
গ) 6.2 – 8.2 ঘ) 7.0 – 8.5

৮। প্রশম পানির pH এর মান
ক) 5 খ) 6
গ) 7 ঘ) 8

# পাঠ-৬.২ পানির বিশুদ্ধতার মানদন্ড

## উদ্দেশ্য

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- সারফেস ওয়াটারের বিশুদ্ধতার মানদন্ড (DO, BOD, COD, TDS) বর্ণনা করতে পারবেন।
- রাসায়নিক অক্সিজেনের চাহিদা (COD) এবং প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (BOD) এর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করতে পারবেন।
- TDS পরিমাপের প্রয়োজনীয়তা এবং TDS কমানোর উপায় বর্ণনা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | দ্রবীভূত অক্সিজেন, প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা, রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা, মোট দ্রবীভূতকঠিন। |

### দ্রবীভূত অক্সিজেন (Dissolved oxygen, DO)

সাধারণভাবে আমরা মনে করি পানিতে কঠিন পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। আমরা কোমল পানীয় বোতল খোলা পর্যবেক্ষন করলে লক্ষ্য করা যায় হুস করে একটি শব্দ হয়। একই সাথে বোতল থেকে বুদবুদ আকারে গ্যাস নির্গত হয়। ইহা কার্বন ডাইঅক্সাইড ব্যতীত অন্য কিছু নয়। কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উচ্চ চাপে পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় ছিল। প্রতিটি প্রানীর বেঁচে থাকার জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন। কোনো প্রাণি বায়ু থেকে শ্বাস প্রশ্বাসের সাথে অক্সিজেন গ্রহণ করে। আবার কোনো প্রাণি পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন থেকে তা শোষণ করে। পানির উপরিভাগে বায়ু থেকে অক্সিজেন পানিতে দ্রবীভূত হয়। যে অক্সিজেন পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তাকে দ্রবীভূত অক্সিজেন বলে। একে সংক্ষেপে DO দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল। সকল জলজ প্রাণির জীবন ধারণের জন্য পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় অক্সিজেনের উপস্থিতি অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। দ্রবীভূত অবস্থায় নুন্যতম পরিমাণ পানিতে অক্সিজেন না থাকলে পানিতে কোন প্রাণি বা উদ্ভিদের পক্ষে বেঁচে থাকা সম্ভব নয়। দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণকে পিপিএম (ppm) এককে প্রকাশ করা হয়। সাধারণত পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন এর পরিমাণ 4.0-6.0 পিপিএম (ppm)।

| | |
|---|---|
| **শিক্ষার্থীর কাজ** | একটি বিকারে বিশুদ্ধ পানি নিন। পানিসহ বিকারটিকে ত্রিপদীর উপর তারজালিতে বসিয়ে বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্প দিয়ে তাপ দিন। পানি বাষ্পীভূত হওয়ার পূর্বে বিকারের নিচ থেকে বুদবুদ আকারে গ্যাস উপরের দিকে স্থানান্তরিত হয়। পরীক্ষায় তাপ প্রয়োগে নির্গত গ্যাস পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন। এই পরীক্ষা থেকে তাপমাত্রার সাথে অক্সিজেনের দ্রাব্যতার সম্পর্ক স্থাপন করুন। |

এক বায়ুমন্ডলীয় চাপে বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানিতে অক্সিজেনের দ্রাব্যতা নিচের তালিকায় দেখানো হলো :

| তাপমাত্রা (°C) | দ্রাব্যতা (ppm) |
|---|---|
| 10 | 11.25 |
| 20 | 9.08 |
| 30 | 7.57 |
| 40 | 6.47 |

কিছু অক্সিজেন পানির সাথে মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। পানির সাথে অক্সিজেনের মিশ্রিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে এয়ারেশন (aeration) বলে। জলজ উদ্ভিদ যখন সালোকসংশ্লেষন প্রক্রিয়ায় সূর্যালোকের উপস্থিতিতে পানি ও কার্বন ডাইঅক্সাইড থেকে খাদ্য (গ্লুকোজ) প্রস্তুত করে তখন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অক্সিজেন পানিতে দ্রবীভূত হয়।

## DO কমে যাওয়ার কারণ (Causes for Decrease of DO)

১. বিভিন্ন কারণে পানিতে বর্জ্যরূপে স্তূপীকৃত জৈব দূষক পদার্থ থাকে। এদের জারণের মাধ্যমে বিনষ্ট করার কাজেও প্রচুর দ্রবীভূত অক্সিজেনের প্রয়োজন এবং তার ব্যবহার হয়। পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কমে গেলে এরূপ জারণে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি হয়। ফলে পানির দূষণ মাত্রা ক্রমাগত বাড়ে।

২. পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে পানিতে $O_2$ এর দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়। ফলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কমে যায় তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে জলজ উদ্ভিদের বিপাকীয় সক্রিয়তা বেড়ে যাওয়ায় অক্সিজেন চাহিদা বৃদ্ধি পায়। ফলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়।

৩. সূর্যালোকের অভাবে (পানির তাপমাত্রা কমার সাথে) জলজ উদ্ভিদগুলি ক্ষয় প্রাপ্ত হয় এবং যতটা অক্সিজেন ছেড়ে দেয় তার চেয়ে বেশি অক্সিজেন পানি থেকে গ্রহন করে। ফলে পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়।

### পানিতে দ্রবণীয় অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয়

জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন পদ্ধতিতে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। একে উইনকলার (Winkler) পদ্ধতি বলে। সদ্য প্রস্তুত ম্যাঙ্গানিজ(II) অক্সাইড (MnO) পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে ম্যাঙ্গানিজ(IV) অক্সাইডে ($MnO_2$) এ পরিণত হয়।

$$MnO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow MnO_2$$

এসিডের উপস্থিতিতে ম্যাঙ্গানিজ(IV) অক্সাইড পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করে আয়োডিন এবং ম্যাঙ্গানিজ(IV) অক্সাইড বিজারিত হয়ে ম্যাঙ্গানিজ(II) অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$MnO_2 + 2KI + 4H^+ \rightarrow MnO + I_2 + 2H_2O + 2K^+$$

উৎপন্ন আয়োডিনকে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্বারা মাত্রিকভাবে বিজারিত করে আয়োডাইড আয়নে পরিণত করা হয়।

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

নিদির্ষ্ট পরিমাণ পানিতেম্যাঙ্গানিজ(II) অক্সাইড (MnO) যোগ করে উপরের বিক্রিয়াসমূহ সম্পন্ন করা হয়। দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়োডিনের সাথে বিক্রিয়া সম্পন্ন করতে প্রয়োজনীয় সোডিয়াম থায়োসালফেটেরপরিমাণ হিসাব করা হয়। অতঃপর নিচের সমীকরন ব্যবহার করে পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

1 মোল সোডিয়াম থায়োসালফেট $= 0.25$ মোল দ্রবীভূত অক্সিজেন (দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হিসাব করে মি. গ্রাম প্রতি লিটার বা পিপিএম এককে প্রকাশ করা হয়)।

পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ (Electroehemical cell) (PH মিটারের অনুরূপ) ব্যবহার করে নির্ণয় করা যায়।

চিত্র: ডিজলভড্ অক্সিজেন মিটার।

## প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা, BOD

**(Biological Oxygen Demand or Biochemical Oxygen Demand)**

নদী, পুকুর বা ডোবার পানিতে ব্যাকটেরিয়া ভাইরাস ও অন্যান্য অনুজীব থাকে। এরা নিজেরা এক ধরনের দূষক। আবার এই দূষক পানিতে বিদ্যমান জৈব রাসায়নিক দূষক পদার্থকে বিয়োজিত করে। জীবাণুসমূহ পানির প্রাকৃতিক জৈব পদার্থকে (মৃত জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণি) বিয়োজিত করে। ব্যাকটেরিয়া কর্তৃক জৈব পদার্থকে বিয়োজিত করতে অক্সিজেনের প্রয়োজন। অনুজীবের বেঁচে থাকার জন্য এবং জৈব পদার্থকে বিয়োজিত করতে যে অক্সিজেনের প্রয়োজন তা পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন থেকে ব্যবহৃত হয়। এতে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ ক্রমে হ্রাস পায়।

পানিতে উপস্থিত অনুজীব কর্তৃক জৈব ও অজৈব পদার্থকে বিয়োজিত করতে প্রয়োজনীয় দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণকে প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা বায়োলজিক্যাল অক্সিজেন ডিমান্ড BOD বলে। পানির BOD মান তাপমাত্রা, পানির $P^H$, অনুজীব ও দূষক পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। জীবাণুসমুহ জারণ প্রক্রিয়ায় জৈব পদার্থকে বিয়োজিত করে। পানির তাপমাত্রা বেশি হলে বিয়োজনের পরিমাণ বেশি হয়। এতে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণও বেশি হয়। আবার অণুজীবসমূহ পানিতে অধিক সময়ে অবস্থান করলে অধিক পরিমাণে জৈব পদার্থ বিয়োজিত হয়। এর ফলে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণও বেশি হয়। সাধারণত $20°C$ তাপমাত্রা 5 দিন সময়ে পানির অনুজীব কর্তৃক জৈব পদার্থকে বিয়োজিত করতে যে পরিমাণ দ্রবীভূত অক্সিজেন প্রয়োজন তাকে বায়োলজিক্যাল অক্সিজেন ডিমান্ড (BOD) বলে। যেহেতু 5 দিনের বেশি সময় অনুজীব অবস্থান করলে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণ আরোও বেশি হবে, তাই 5 দিনের জন্য প্রাপ্ত BOD কে আপাত BOD বলে। ভালোমান সম্পন্ন পানির BOD এর মান $6\ mgL^{-1}$ এর বেশি হওয়া উচিত নয়। তবে বিশুদ্ধ ও পানীয় জল হিসাবে ব্যবহৃত নিরাপদ পানির BOD এর মান $1-2\ mgL^{-1}$ হওয়া উচিত।
WHO কর্তৃক পানীয় পানিতে অনুমোদিত BOD এর মান $6\ ppm$

$$\text{জৈব বস্তু} + O_2 \xrightarrow[5\ days,\ 20\,°C]{\text{ব্যাকটেরিয়া}} CO_2 + H_2O$$

কোনো পানির নমুনায় BOD -এর মান $6\ mgL^{-1}$ বলতে বোঝায় যে, ঐ পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত জৈব পদার্থের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য $6\ mg$ অক্সিজেনের প্রয়োজন। পানির নমুনায় BOD কে $ppm$ এককে প্রকাশ করলেও একই মান পাওয়া যায়। যেমন উল্লেখিত পানির নমুনায় প্রতি $100\ g$ পানিতে উপস্থিত জৈব দূষকের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণ $6\ mg$ কোনো পানির BOD এর মান যত বেশি ঐ পানির দূষকের মাত্রা ততো বেশি। কারণ পানিতে বেশি পরিমানে জৈব দূষক উপস্থিত থাকলে ঐ দূষকের জৈব রাসায়নিক বিয়োজনের জন্য বেশি পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। BOD এর মান থেকে জানা যায়, পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন কতটা কমেছে এবং কতটা কমলে ঐ পানির মাছ বাঁচবে না। পানির উৎকর্ষতা নির্ধারনে BOD নির্দেশক রূপে কাজ করে। নিচের সারণিতে তা দেখানো হলো।

**সারণি ৬.২ ঃ BOD এর মানের প্রেক্ষিতে পানির উৎকর্ষতা**

| BOD এর মান (নদী) (mg/L) | পানির উৎকর্ষতা |
|---|---|
| 1 | খুব ভালো |
| 2 | ভালো |
| 3 | মোটামুটি ভালো |
| 10 | খারাপ |
| 20 | খুব খারাপ |

অর্থাৎ পরিষ্কার বিশুদ্ধ ও নিরাপদ পানির জন্যে BOD এর মান $1-2\ mg/L$

**BOD পরিমাপের কার্যপদ্ধতি (Procedure of biochemical oxygen demand or BOD analysis)**

প্রথমে দূষিত পানিকে নমুনা পানি হিসাবে নেওয়া হয় অতঃপর নিম্নোক্ত ধাপে অগ্রসর হয়ে পানির BOD নির্ণয় করা হয়।

**১ম ধাপ :** একটি নির্দিষ্ট আয়তন পতিত পানি একটি বোতলে নিয়ে এতে নিম্নরূপ রাসায়নিক দ্রব্যাদি যোগ করি।

(১) 1 mL ফসফেট বাফার (pH = 7.2);

(২) 1 mL $MgSO_4$ দ্রবণ (22.5 g/L);

(৩) 1 mL $CaCl_2$ দ্রবণ (27.5 g/L); এবং

(৪) 1 mL $FeCl_3$ দ্রবণ (0 − 25 g/L);

**২য় ধাপ :** (নমুনা পানি লঘুকরণ ধাপ) : এই ধাপে দূষিত পানির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে উহাকে লঘু করা হয়। যেমন শিল্পের বর্জ্য পানির জন্য 0.1 − 1%, সুয়েজ (নর্দমার বর্জ্য পানি) এর জন্য 1 − 5%, নদীর দূষিত পানির জন্য 25 − 100% পর্যন্ত পাতলা বা লঘু করা হয়।

**৩য় ধাপ :** নমুনা পানির মধ্যে নল দ্বারা 5 মিনিট বায়ুর বুদবুদ চালনা করা হয় যাতে DO এর মাত্রা 7 ppm । BOD এর মান যদি DO এর মানের চেয়ে বেশি হয় তবে dilution water দিয়ে পানিকে লঘু করা হয়। এই দ্রবণের 50% দিয়ে DO পরিমাপ করা হয়। মনে করি এই DO এর মান $D_1$।

অতঃপর অবশিষ্ট নমুনাকে একটি ছিপিযুক্ত বোতলে (250 − 300 mL) নিয়ে বোতলের মুখ ভালোভাবে বন্ধ করে 20°C তাপমাত্রায় পাঁচ দিন রেখে দেয়া হয়। এরপর নমুনার DO পরিমাপ করা হয়। মনে করি, এই DO এর মান $D_2$।

**৪র্থ ধাপ :** লঘু পানিতে সীড যোগ করে (নমুনা ছাড়া) ইহাকে দুই অংশে ভাগ করা হয়। এক অংশের DO এর পরিমাণ মনে করি $B_1$। অতঃপর অপর অংশকে পূর্বের ন্যায় ইনকিউবেশন করার পর DO পরিমাপ করা হয়। মনে করি এই ক্ষেত্রে DO এর মান $B_2$।

অতঃপর নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে DO নির্ণয় করা হয়।

$$BOD = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times f}{P} \text{ mg/L}$$

এখানে $D_1$ = নমুনার DO

$D_2$ = নমুনার Incubation এর পর DO

$B_1$ = লঘু পানির DO

$B_2$ = লঘু পানির Incubation এর পর DO

f = নমুনা পানির সাথে নিয়ন্ত্রিত পানির অনুপাত

p = ব্যবহৃত নমুনার দশমিক ভগ্নাংশ

উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে BOD নির্ণয় করা হয়। এই BOD এর পরিমাণকে mg/L দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

**রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা (Chemical Oxygen Demand, COD) :** পানির মধ্যে কিছু অপচনশীল বা জৈব বিয়োজনের অযোগ্য (nonbiodegradable) বস্তু থাকে যাদের বিয়োজন ব্যাকটেরিয়া বা জীবণু দ্বারা সম্পন্ন হয় না। এগুলিকে বিয়োজনের জন্য শক্তিশালী জারক পদার্থ যেমন $K_2Cr_2O_7$ (যা অক্সিজেন সরবরাহ করে) প্রয়োজন হয়। এরা দূষক পদার্থকে জারিত করে। পানিতে উপস্থিত বিয়োজন যোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য দূষক পদার্থসমূহকে জারণের জন্যে প্রয়োজনীয় মোট অক্সিজেনের চাহিদাকে রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বলে। উল্লেখ্য যে, কোন নমুনার COD এর মান BOD এর মান অপেক্ষা বেশি হয়। কেননা COD নির্ণয়ের ক্ষেত্রে জৈব ভাঙ্গনযোগ্য বা বিয়োজন যোগ্য এবং বিয়োজন অযোগ্য এই উভয় প্রকার জৈব বস্তুই জারিত হয়। পানিতে COD এর মান বৃদ্ধির অর্থ হলো দূষণের হার বৃদ্ধি।

**রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা COD পরীক্ষার কার্যপদ্ধতি**

## procedure of chemical oxygen demand or COD analysis

প্রথমে নমুনা পানি (বর্জ্য পানি) সংগ্রহ করা হয়। উক্ত নমুনা পানি হতে $5-50$ mL পানি একটি $250$ mL কনিক্যাল ফ্লাক্সে নিই। অতঃপর এর মধ্যে $18$ N $H_2SO_4$ এবং $0.25$ N $K_2Cr_207$ এর $10-20$ mL মিশ্রিত দ্রবণ যোগ করা হয়। অতঃপর উক্ত দ্রবণের মধ্যে $1$ g $Ag_2SO_4$(সিলভার সালফেট) এবং $1$g $H_2SO_4$ যোগ করি এবং $6$ ঘন্টা রিফ্লাক্স করি। এতে জারন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। এক্ষেত্রে $Ag_2\ SO_4$ প্রভাবক হিসাবে কাজ করে এবং $HgSO_4$ প্রভাবক দূর করার কাজে ব্যবহৃত হয়)।

অতঃপর দ্রবণকে শীতল করা হয় এবং বিক্রিয়ায় অব্যবহৃত $K_2Cr_2O_7$ কে $8-10$ ফোঁটা ফেরোইন নির্দেশকের উপস্থিতিতে $H_2SO_4$ এ দ্রবীভূত মোর লবণের দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়।

অতঃপর নিম্নের সমীকরণ দ্বারা COD নির্ণয় করা হয়। COD এর পরিমাণকে mg/L এককে প্রকাশ করা হয়।

$$\text{COD} = \frac{(V_1 - V_2) \times \text{N} \times 8 \times 100}{\text{x}}\ \text{mg/L}$$

এখানে $V_1 =$ মোর লবণের দ্রবণের আয়তন (Blank test)
$V_2 =$ মোর লবণের দ্রবণের আয়তন (Sample test)
$\text{N} =$ মোর লবণের দ্রবণের ঘনমাত্রা এবং
$\text{X} =$ পরীক্ষার জন্যে গৃহীত নমুনার আয়তন।

**প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা BOD পরীক্ষার এবং রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা COD পরীক্ষার মধ্যে তুলনা (Comparison between biochemical oxyzen demand or BOT test and chemical oxyzen demand or COD test)**

বিক্রিয়া এবং প্রক্রিয়াগত দিক থেকে BOD এবং COD এর মধ্যে অনেক পার্থক্য রয়েছে। এদেরকে নিম্নোক্ত ছকে বর্ণনা করা হলো-

| **প্রান রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা** (BOD) | **রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা** (COD) |
|---|---|
| ১. নমুনায় শুধুমাত্র জৈব পদার্থকে জারিত করতে প্রয়োজনীয় $O_2$ এর পরিমাপ করে।<br>২. জারক হিসাবে জৈব অণু বা ক্ষুদ্র জীবাণু যেমন ব্যাকটেরিয়া ব্যবহৃত হয়।<br>৩. BOD এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার ধরণ হলো<br>জৈব পদার্থ $+ O_2 \xrightarrow{\text{ব্যাকটেরিয়া}} CO_2 + H_2O$<br>৪. পরীক্ষা সম্পন্ন হতে ৫ দিন সময়ের প্রয়োজন হয়।<br>৫. সঠিক ফলাফলের জন্যে অত্যন্ত সূক্ষ্মভাবে পরীক্ষা করার প্রয়োজন।<br>৬. BOD পরীক্ষা তুলনামূলক ভাবে কষ্টসাধ্য পরীক্ষা। | ১. নমুনায় জৈব এবং অজৈব সব ধরনের পদার্থকে জারিত করতে প্রয়োজনীয় $O_2$ এর পরিমাপ করে।<br>২. জারক হিসাবে রাসায়নিক পদার্থ যেমন $K_2Cr_2O_7$ ব্যবহৃত হয়।<br>৩. COD এর ক্ষেত্রে বিক্রিয়া হলো<br>(জৈব+অজৈব পদার্থ) $+ O_2 \xrightarrow{K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4} CO_2 + H_2O$<br>৪. উপযুক্ত যন্ত্রপাতির সাহায্যে ২ ঘন্টায় সম্পন্ন করা যায়।<br>৫. তুলনামূলক ভাবে সহজেই সঠিক ফলাফল পাওয়া যায়।<br>৬. COD পরীক্ষা তুলনামূলক ভাবে সহজ পরীক্ষা। |

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. আশুলিয়ার পানির COD 125 mg/L এবং BOD 145 mg/L উক্তিটি বিশ্লেষণ করুন।
২. কোনো শিল্পকারখানার পানির নমুনা সংগ্রহ করে প্রতি লিটারে জৈব দূষক বিয়োজনের জন্যে $5$ mg $O_2$ প্রয়োজন। ঐ পানির BOD কত ppm ?

৩. গাজীপুরের টেক্সাইল মিলের বর্জ্য পানির COD1500 ppm। ঐ পানির প্রতি লিটারে উপস্থিত বিয়োজনযোগ্য ও অযোগ্য জৈব দূষকের জন্য কত গ্রাম $O_2$ দরকার?

৪. iv. কেরানীগঞ্জে বুড়িগঙ্গার পানি BOD 300 ppm। প্রতি লিটার পানিতে উপস্থিত জৈব ও অজৈব রাসায়নিক বিয়োজনের ক্ষেত্রে কত গ্রাম $O_2$ দরকার।

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. একজন রসায়নবিদ কোনো নমুনা পানির COD $125\ mgL^{-1}$ এবং BOD এর মান $145\ mgL^{-1}$ বলে উল্লেখ করলেন পরীক্ষার ফলাফলের উক্তিটির যথার্থতা মূল্যায়ন করুন।

২. যে কোনো বর্জ্য পানির COD এর মান BOD আপেক্ষা বড়ো হয় কেন?

৩. মাছের বেচেঁ থাকার জন্যে DO এর মান কম বা একেবারে না থাকা হুমকিস্বরূপ কেন?

৪. COD এর পরিমাণ যত বেশি "পানি তত উৎকৃষ্ট" উক্তিটি বুঝিয়ে লিখুন।

৫. বিশুদ্ধ পানির অপর নাম জীবন অথচ BOD এর মান সর্বনিম্ন ব্যাখ্যা করুন।

৬. vi. মিল এলাকায় পানির BOD এর মান $20, 10, 3, 1$ হলে পানির প্রকৃতির ব্যাখ্যা দিন।

**পানিতে দ্রবীভূত ভৌত উপাদান, TDS**

পানিতে কিছু কিছু মৌল এমন সূক্ষ্ম পরিমানে দ্রবীভূত থাকে যে বিশ্লেষণের মাধ্যমে এদের উপস্থিতি শনাক্ত করা গেলেও পরিমাণ নির্ণয় করা যায় না, তাদেরকে ঐ পানির নমুনায় দ্রবীভূত ভৌত উপাদান বলা হয়ে থাকে। পানিতে বিদ্যমান ভৌত উপাদানগুলো হলো Pb, Cd, As ও Hg এগুলো ছাড়াও $Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, {PO_4}^{3-}, Cl^{-}$, ও ${NO_3}^{-}$ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। এ ধরণের মৌল সাধারণভাবে জীবের জন্য শুধু ক্ষতিকারকই নয় বরং বিষ হিসাবে পরিচিত। পানিতে উপস্থিত ভৌত উপাদানের একটি ছক নিচে দেখানো হলো :

| পানিতে বিদ্যমান ভৌত উপাদানের নাম | পরিমাণ |
|---|---|
| ১. লেড (Pb) | $0.1\ mgL^{-1}$ |
| ২. ক্যাডমিয়াম (Cd) | $0.01\ mgL^{-1}$ |
| ৩. মারকারি (Hg) | $0.001\ mgL^{-1}$ |
| ৪. আর্সেনিক (As) | $0.05\ mgL^{-1}$ |

কোন নির্দিষ্ট আয়তনের পানিতে বিভিন্ন খনিজ পদার্থ, লবণ অথবা ধাতব আয়নের মোট দ্রবীভূত পরিমাণকে পানির মোট দ্রবীভূত কঠিন (TDS) (Total Dissolved solid) বলে। TDS পানির বিশুদ্ধতার অন্যতম মানদন্ড। অর্থাৎ TDS এর মান দ্বারা পানির বিশুদ্ধতা (purity) জানা যায়। TDS এর একক mg/L বা ppm (parts per million)।

**TDS এর উৎস (source of TDS)**

যে কোন পানিতে দ্রবীভূত পদার্থ থাকে। বিভিন্ন উৎস থেকে এটি পানিতে যুক্ত হয়। উৎসগুলো হলো-

**১. জৈব উৎস :** পাতা, প্ল্যাংকটন (ভাসমান অণুবীক্ষনিক জীবাণু বিশেষ), স্রোতবাহিত কাদামাটি/পলি এবং শিল্প বর্জ্য ও পয়ঃবর্জ্য।

**২. অজৈব উৎস :** শিলা ও বাতাসে বিদ্যমান বাইকার্বনেট, নাইট্রোজেন, লৌহ, ফসফরাস, সালফার এবং অন্যান্য খনিজ পদার্থ।

**৩. দ্রবণীয় ধাতু :** পানি পরিবহনে ব্যবহৃত লৌহের পাইপ বা কপার পাইপ হতে লেড বা কপার আয়ন পানিতে মিশ্রিত হতে পারে। এখানে বিশেষ গুরুত্ব পূর্ণ বিষয় হলো এই যে, পানির বিশোধন প্রক্রিয়ায় ফিল্টারকরণ একটি অপরিহার্য ধাপ। এর দক্ষতা নির্ভর করে TDS অপসারনের মানের উপর।

**TDS পরিমাপ :** (১) উচ্চ TDS সম্পন্ন দূষিত পানিকে বাষ্পীভূত করে ভর মাত্রিক (gravimetric) পদ্ধতিতে TDS গণনা করা যায়। (২) নিম্ন TDS সম্পন্ন দূষিত পানির ক্ষেত্রে পরিমাপ যন্ত্রের সাহায্যে পরিবাহিতা ও TDS এর মান জানা যায়। সংস্থা EPA (Environment Protection Agency) এর মতে আদর্শ TDS এর মান হলো 500 ppm সার্বিকভাবে TDS এর মান 1000 ppm এর মধ্যে হলে ভালো, কিন্তু তা 1000 ppm এর বেশি হলে সে পানি ব্যাবহার অযোগ্য হয়।

**TDS পরিমাপের প্রয়োজনীয়তা (Necessity of measurement of TDS)**

TDS এর গ্রহণযোগ্য মান হলো 500 mg/L বা ppm। অনেক পানিতে এ মান এর চেয়ে উচ্চ থাকে। সাধারণত TDS এর মান 1000 ppm এর উপরে হলে এ অবস্থায় এ পানি মানুষের ব্যবহারের অনুপযোগী হয়। উচ্চ মাত্রায় TDS পানিতে থাকলে বুঝতে হবে যে, পানি মারাত্মক ভাবে দূষিত হচ্ছে এবং তা প্রতিকারে যথা শ্রীঘ্র ব্যবস্থা নেওয়া আবশ্যক। পটাসিয়াম, ক্লোরাইড এবং সোডিয়ামের উপস্থিতির দরুন এটি ঘটে। তাই সর্বদাই TDS পরিমাপ করে পানিকে মানুষের স্বাস্থোপযোগী করতে হয়। TDS পরিমাপের প্রয়োজনীয়তাগুলো হলো–

**১.স্বাদ/স্বাস্থ্য :** উচ্চ TDS এর দরুন পানির স্বাদ নষ্ট হয়। নোনতা, তিক্ত বা ধাতব আয়নযুক্ত হয়। তাছাড়া বিষাক্ত খনিজ এতে থাকতে পারে। 500 ppm এর উপর TDS থাকা অনুমোদনযোগ্য নয়।

**২. পানির খরতা :** উচ্চ TDS মানের পানিতে খরতা বেশি হয়। ফলে পাইপ বা কেটলির অভ্যন্তরে শক্ত আস্তরণ তৈরি হয়। ফলে বয়লার বা পাইপের কর্মক্ষমতা হ্রাস পায়।

**৩. জল জীবন :** পানিতে জীবন ধারণের জন্য নির্দিষ্ট মানের TDS থাকতে হয়। নির্দিষ্ট TDS মানের দরুন পানির pH ও নির্দিষ্ট হয়। pH উপযুক্ত পরিমানে থাকলেই পানিতে জীবন ধারণ সম্ভব হয়।

**৪. বানিজ্যিক/শিল্পে :** শিল্পে বা বানিজ্যিকভাবে ব্যবহৃত পানিতে নির্দিষ্ট মানের TDS থাকতে হয়। নতুবা বিভিন্ন যন্ত্রের দক্ষতা অল্প দিনেই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

**৫. কফি/খাদ্য সেবা :** খাবার পানিতে, পানীয় প্রস্তুতিতে, কফি তৈরিতে ভাল মানের পানি ব্যবহৃত হয়। তাতে অনুমোদনযোগ্য TDS মাত্রা থাকা আবশ্যক।

**TDS কমানোর উপায় (Methods of Reducing TDS)**

সাধারণ ফিল্টার পদ্ধতি ব্যবহার করে পানি বিশোধন করলে TDS দূর হয়। এছাড়া আরও কতিপয় পদ্ধতি নিচে দেওয়া হলো–

**১. কার্বন ছাঁকন :** চারকোল ব্যবহার করলে ছাঁকন প্রক্রিয়ায় TDS ও অন্যান্য বিষাক্ত পদার্থ দূর করা সম্ভব হয়।

**২. বিপরীত অভিস্রবণ :** এ পদ্ধতিতে চাপে পানিতে একটি অর্ধভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে চালনা করা হয়। পানি অর্ধভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে চলে যায় কিন্তু দূষক পদার্থসমূহ আটকা পড়ে। এভাবে TDS এর মান হ্রাস করা যায়।

**৩. পাতন :** পাতন প্রক্রিয়ায় পানিকে বিশোধন করলে TDS হ্রাস পায়। পানি বাষ্পীভূত হয় বলে এতে দূষক পদার্থ থাকেনা বললেই চলে।

**আয়ন বিমুক্তকরণ :** এ পদ্ধতিতে পানিকে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ইলেকট্রোডের মধ্যে প্রবাহিত করা হয়। আয়ন নির্বাচনকারী (selective) পর্দা ধণাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নকে যথাক্রমে ঋণাত্মক ও ধনাত্মক ইলেকট্রোডে গমন করতে দিয়ে তাদেরকে পৃথক করে। ফলে প্রাপ্ত পানি TDS মুক্ত হয়।

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. আপনার এলাকার পুকুর/লেক/খাল/নদীর পানি যথাসম্ভব কম নাড়াচাড়া করে একটি বালতিতে সংগ্রহ করে আনুন।
২. সংগৃহীত পানির বর্ণ ও গন্ধ লক্ষ্য করুন এবং নিচের ছকে লিপিবদ্ধ করুন।
৩. পর্যায়ক্রমে সংগৃহীত নমুনা থেকে পানি নিয়ে পানির DO, BOD, COD Ges TDS মান নির্ণয় করুন।
৪. ধাপ ২ ও ধাপ ৩ এ প্রাপ্ত ডাটা নিচের ছকে লিপিবদ্ধ করুন।

| নং | বর্ণ | গন্ধ | DO ppm | গড় DO ppm | BOD ppm | গড় BOD ppm | COD ppm | গড় COD ppm | TDS ppm | গড় TDS ppm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ১. | | | | | | | | | | |
| ২. | | | | | | | | | | |
| ৩. | | | | | | | | | | |

৫. প্রতিটি পরীক্ষার আদর্শমান যথাস্থানে লিপিবদ্ধ করুন।
৬. হিসাব করে অবশিষ্ট ঘরসমূহ পূর্ণ করুন।
৭. প্রাপ্ত ডাটা বিশ্লেষণ করে পানি দূষণের প্রকৃতি/কারণ নির্ণয় করুন।
৮. যুক্তিসহ পানি দূষণের প্রতিকার বর্ণনা করুন।
৯. সমগ্র কাজটি সম্পন্ন করার পরে একটি প্রতিবেদন রচনা করুন।

**প্রতিবেদনের নমুনা**

১. পানি দূষণ সম্পর্কে একটি সূচনা বক্তব্য উপস্থাপন করুন।
২. পরীক্ষাগুলোর গুরুত্ব সম্পর্কে একটি প্যারা রচনা করুন।
৩. প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও রাসায়নিক দ্রব্যাদির তালিকা উপস্থাপন করুন।
৪. পরীক্ষা পদ্ধতিগুলো বর্ণনা করুন।
৫. ডাটা ছকটি উপস্থাপন করুন।
৬. প্রদত্ত ডাটা বিশ্লেষণ করে পানি দূষণের প্রকৃতি/কারণ বর্ণনা করুন।

**সার-সংক্ষেপ :**

যে অক্সিজেন পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তাকে দ্রবীভূত অক্সিজেন বলে। একে সংক্ষেপে DO দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ তাপমাত্রা ও চাপের উপর নির্ভরশীল।
পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে পানিতে $O_2$ এর দ্রবণীয়তা হ্রাস পায় ফলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কমে যায়।
জারন বিজারন টাইট্রেশন পদ্ধতিতে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।
পানিতে উপস্থিত অনুজীব কর্তৃক জৈব ও অজৈব পদার্থকে বিয়োজিত করতে প্রয়োজনীয় দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণকে প্রাণ রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বা BOD বলে।
পানিতে উপস্থিত বিয়োজন যোগ্য ও বিয়োজন অযোগ্য দূষক পদার্থসমূহকে জারণের জন্য প্রয়োজনীয় মোট অক্সিজেনের চাহিদাকে রাসায়নিক অক্সিজেন চাহিদা বলে।
কোন নির্দিষ্ট আয়তনের পানিতে বিভিন্ন খনিজ পদার্থ, লবণ, অথবা ধাতব আয়নের মোট দ্রবীভূত পরিমাণকে পানির মোট দ্রবীভূত কঠিন বলে।

**পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.২**

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন**

১. আমরা মাঝে মধ্যে পুকুরের মাছকে পানির উপরের অংশে হা করে শ্বাস নিতে দেখি। এ অবস্থার কারণ কী?
ক. পানির pH এর মান 7 এর বেশি
খ. পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন খুব কম।
গ. পানির TDS এর মান কম
ঘ. পানির খরতার মাত্রা বেশি।

২. কোন ধরনের দূষক পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) এর পরিমাণ হ্রাস করে।
ক. অজৈব দূষক
খ. জৈব দূষক
গ. তেজস্ক্রিয় দূষক
ঘ. কনা জাতীয় দূষক

৩. বাংলাদেশের পানীয় জলে আর্সেনিকের গ্রহণযোগ্য মাত্রা কত?
ক. 0.10 ppm
খ. 0.05 mg/L
গ. 0.05 g/L
ঘ. 0. 01 ppm

৪. পানির স্থায়ী খরতার জন্য দায়ী আয়ন হলো
i) $Mg^{2+}$ ii) $Ca^{2+}$ iii) $Fe^{2+}$
নিচের কোনটি সঠিক?
ক) iও ii
খ) i ও iii
গ) ii ও iii
ঘ) i,ii ও iii

৫. EPA এর মানদন্ডে পানিতে আদর্শ $TDS$ কত?
ক) 100ppm
খ) 200ppm
গ) 300ppm
ঘ) 500ppm

৬. পান করার উপযোগী পানিতে BOD এর গ্রহণযোগ্য মাত্রা কত?
ক) 1-2
খ) 3-5
গ) 6-9
ঘ) 12-16

৭. TDSএর প্রধান উৎস-
ক) শিল্প কারখানার বর্জ্য
খ) অ্যাসিড
গ) মোটরযানের ধোঁয়া
ঘ) C.F.C

# পাঠ-৬.৩ পানি দূষণ

## উদ্দেশ্য

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- শিল্প বর্জ্য ও পানি দূষণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- কোনো এলাকার পানি বিশ্লেষণ করে প্রতিকার বর্ণনা করতে পারবেন।
- পানির প্রাকৃতিক দূষণ, আর্সেনিক দূষণ ও এর প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | শিল্প বর্জ্য, পানির প্রাকৃতিক দূষণ, আর্সেনিক দূষণ। |

## পানি দূষণ (Water Pollution)

পানির যে কোন ভৌত বা রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য যখন এটি জীবনের উপর ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে তখন তাকে পানি দূষণ বলে। বিভিন্ন জনসংস্থা বিভিন্ন ভাবে পানি দূষণকে সংজ্ঞায়িত করেছেন। যেমন-

১। পানির যে কোন ধরণের ভৌত রাসায়নিক এবং জৈব বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তনের কারণে যখন মানুষ এবং জলজ প্রাণির উপর ক্ষতিকর প্রভাব পড়ে তখন তাকে পানি দূষণ বলে।

২। পানির মধ্যে অ-অনুমোদিত, অনাকাঙ্খিত, অবাঞ্চিত, খারাপ এবং অপ্রিতিকর কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় ক্ষতিকর বস্তুর মিশ্রনকে পানি দূষণ বলে।

৩। পানির মধ্যে বিষাক্ত বস্তুর উপস্থিতির কারণে যখন এটির উপকার, উৎকর্ষতা এবং প্রয়োজনীয়তা হারায় তখন তাকে পানি দূষণ বলে। উপরোক্ত সংজ্ঞাগুলো পর্যালোচনা করে সহজে বলা যায় যে অবস্থায় পানি তার স্বাভাবিক ব্যবহার উপযোগিতা হারায় সেই অবস্থাকে পানি দূষণ বলে।

### পানি দূষণের কারণ

সমগ্র পৃথিবীর প্রায় শতকরা ৭১ ভাগ রয়েছে সমুদ্র। ১২৫ টি বড় বড় নদী ৬৬টি সাগরে পড়েছে এবং ৬৬টি সাগর মিলে ৫টি মহাসাগর। পৃথিবীর প্রায় ৬০% পানি দূষিত। পানি দূষণের কারণ দুই ধরনের। যথা– ক) মানুষ দ্বারা সৃষ্টি কারণ ও খ) প্রাকৃতিক কারণ।

### ক) মানুষ দ্বারা সৃষ্ট কারণ

১। নর্দমার ময়লা ২। শিল্পের আবর্জনা ৩। তেজস্ক্রিয় পদার্থ ৪। পেস্টিসাইড ব্যবহার ৫। তাপ ৬। তেল ৭। অ্যাসিডসমূহ ৮। ক্ষতিকর ধাতু

### খ) প্রাকৃতিক কারণ

১। প্রাকৃতিক দুর্যোগ ২। বদ্ধ পানির দূষণ ৩। প্লাবন পানির দূষণ। নিচে এগুলো সংক্ষেপে আলোচনা করা হলো।

**১। নর্দমার ময়লা:** গৃহস্থালীর ব্যবহৃত পানি ও শিল্প কারখানার বর্জ্য পানি সাধারণত নর্দমার মাধ্যমে নদীতে গিয়ে পড়ে। এই নদীর পানিই শহরাঞ্চলে খাবার পানি হিসাবে ব্যবহার করার জন্য বিশুদ্ধ করা হয়। নর্দমার ময়লাতে তিন ধরনের অপদ্রব্য থাকে।

(১) অজৈব পদার্থ (ধাতু) যেমন Cu, Cr, Zn, Mn, Pb ও Ni ইত্যাদি পানিকে দূষিত করে।

(২) জৈব পদার্থ, যেমন ফ্যাটি অ্যাসিড, এস্টার, অ্যামাইনো অ্যামাইড, অ্যামাইনো সুগার ইত্যাদি পানির অক্সিজেন দ্বারা ভেঙ্গে যায়, ফলে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন কমে যায়।

(৩) পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন জৈব পদার্থকে ভেঙ্গে ফেলে এবং পানি দূষিত হয়।

**শিল্পের আবর্জনা:** শিল্পের বর্জ্য হিসাবে ধাতব বর্জ্য, ফেনল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যামিন, উত্তপ্ত বর্জ্য, সায়ানাইড, ক্ষার, ক্ষতিকর অ্যাসিড, তেল, রং, তেজস্ক্রিয় পদার্থ, কাগজ ও কাগজ মন্ড, ভাসমান কঠিন পদার্থ ইত্যাদি শিল্প কারখানা হতে সরাসরি নদীর পানিতে মিশে যায়। নদীর পানিতে মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণি ও উদ্ভিদ এসব রাসায়নিক পদার্থ দ্বারা আক্রান্ত হয়। খাদ্য হিসাবে প্রাণি বিশেষ করে মাছ গ্রহণ করলে মানবদেহে খাদ্যশৃংখল পদ্ধতিতে এই ক্ষতিকর পদার্থ প্রবেশ করে। অনেক সময় কারখানা হতে নির্গত ময়লায় যদি প্রচুর পরিমাণে জৈব রাসায়নিক পদার্থ থাকে তবে পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কমে যায়। ফলে পানি দূষিত হয়।

**৩। তেজস্ক্রিয় পদার্থ:** তেজস্ক্রিয় পদার্থ অত্যন্ত ক্ষতিকর। যেমন- Pu, Np, Am, Cm, Bk, Cs, Zr, Rn ইত্যাদি। মানুষ তার আধুনিক জীবন যাপনের জন্য খাদ্য সংরক্ষণ, গাড়ির জ্বালানি, বিভিন্ন ধরনের পরমাণু ও তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ, পারমাণবিক চুল্লী ইত্যাদি ব্যবহার করে থাকে। খাদ্য শৃংখলের মাধ্যমে আইসোটোপগুলো উদ্ভিদ ও প্রাণি গ্রহণ করে। এগুলি মানুষের শরীর এবং জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণি দেহের ব্যাপক ক্ষতি সাধন করে।

**৪। কীটনাশক বা বালাইনাশক দ্বারা দূষণ (Pollution by Pesticides)** : পোকামাকড় ধ্বংসের জন্য জমিতে যে পরিমাণ পেষ্টিসাইড ব্যবহার করা হয় তার খুব সামান্য পরিমাণ পোকামাকড় গ্রহণ করে এবং রেশিরভাগই অব্যবহৃত অবস্থায় জমিতে পড়ে থাকে অথবা ফসল কর্তৃক গৃহীত হয়। জমিতে পড়ে থাকা পেষ্টিসাইড বৃষ্টির পানির দ্বারা ধৌত হয়ে নদীতে গিয়ে পড়ে এবং পানি দূষিত হয়।

**৫। তাপমাত্রা:** জীবের বৃদ্ধির জন্য পানিতে নিদিষ্ট তাপমাত্রা থাকা প্রয়োজন। পানিকে সাধারণতঃ শিল্প কারখানার উত্তপ্ত যন্ত্র শীতল করার কাজে ব্যবহার করা হয়। কারখানা থেকে নির্গত উত্তপ্ত পানি নদীতে যুক্ত হলে নদীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

**৬। তৈল:** পানিতে তেলের বিস্তার বা তেল মিশ্রণ জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণির অনেক ক্ষতিসাধন করে। তেল পানিতে ভাসমান থাকার কারণে পানিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্রবীভূত হবার সুযোগ পায়না। ফলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কমে যায়।

**৭। অ্যাসিড:** শিল্প কারখানা হতে বর্জ্য অ্যাসিড নদীতে পড়ার ফলে পানি দূষিত হয়। অ্যাসিড বৃষ্টির কারণেও ব্যাপক ফসলহানি ঘটে।

**৮। ক্ষতিকর ধাতু:** লেড, মারকারি, ম্যাঙ্গানিজ, আর্সেনিক ইত্যাদি পানিতে থাকলে জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণি কর্তৃক শোষিত হয়। ফলে প্রাণি রোগাক্রান্ত হয়ে পড়ে। খাদ্যচক্রের মাধ্যমে মানুষের দেহে যখন এগুলো প্রবেশ করে তখন ক্যান্সারের মত অনেক দুরারোগ্য ব্যাধিতে মানুষের মৃত্যু ঘটতে পারে।

### পানির প্রাকৃতিক দূষণ :

**১। প্রাকৃতিক দূর্যোগ** : পৃথিবীতে জলবায়ুর কারণে টর্নেডো, ঘূর্ণিঝড়, হারিকেন, টাইফুন, ইত্যাদির ফলে পৃথিবীর উপকূল এলাকাসমূহের গাছপালা, প্রণিকূলের উপর আঘাত হানে এবং এদের মৃত্যু ঘটায়। বন্যা ব্যাপক এলাকা প্লাবিত করে এবং প্রচুর জলজ উদ্ভিদ ও প্রাণিকে নিমজ্জিত করে। উদ্ভিদ ও মৃত প্রাণি পচনের ফলে পানির বিশুদ্ধতা নষ্ট হয়।

**২। বদ্ধ পানির দূষণ** : হাওড় বাওড়, ডোবা-পুকুর, বিল, কূপ ইত্যাদিতে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন এর পরিমাণ কমে যায় এবং পানি জীবাণু যুক্ত হয়। এভাবে পানি দূষিত হয়।

**৩। প্লাবন দ্বারা দূষণ** : প্লাবনের কারণে দূষিত পদার্থ প্লাবিত হয়ে জলাধারে পড়ে। বন্যায় টিউবওয়েল বা কাঁচা কূপ ভরে যায়। ফলে পানি দূষণের সম্ভাবনা বাড়ে।

**৪। ভূমি ধ্বস, পাহাড় ধ্বস ও পাহাড়ের ক্ষয়জনিত পদার্থ :** ভূমি ধ্বস, পাহাড় ধ্বস ও পাহাড়ের ক্ষয় প্রতিনিয়ত ঘটছে, এটি প্রকৃতির সাধারণ নিয়মের মধ্যেই ধরে নেওয়া হয়েছে। এসব কারণে পানির দূষণ ঘটে মারাত্মকভাবে। প্রকৃতির মিঠা পানির উৎসগুলো দূষিত হয়ে মাটিতে উৎপাদিত বিভিন্ন জৈব ও অজৈব দূষকসমূহ সরাসরি পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়। বৃষ্টিপাতের ফলে পাহাড়ের মারাত্মক ক্ষয় হয়। এ সময় মাটিতে উৎপাদিত বিভিন্ন দ্রবণীয় লবণসমূহ এবং বেশ কিছু ক্ষতিকর ট্রেস মৌল যেমন, A1, Sb, Cr, Hg, Cd, As, Ti, Pb, Ag এর যৌগ সমূহ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে ভূ-পৃষ্টে নেমে আসে এবং পানির দূষণ ঘটায়।

**৫। আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতে নির্গত পদার্থ :** আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের সময় নির্গত ভস্ম, সূক্ষ্মকণিকা, বিষাক্ত উপাদান পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়।

## পানির আর্সেনিক দূষণ (Arsenic pollution of water)

আর্সেনিক একটি অজীব উপাদান। মূলত বিভিন্ন শিলা ও আকরিকে আর্সেনিক যৌগ অবস্থায় থাকে। প্রাকৃতিক পরিবেশ থেকে খাদ্য দ্রব্যের মাধ্যমে আর্সেনিক মানবদেহে প্রবেশ করে। তবে অধিকাংশ আর্সেনিক মানুষের শরীরে প্রবেশ করে পানির, বিশেষ করে ভূ-গর্ভস্থ পানির মাধ্যমে। আর্সেনিক একটি বিষাক্ত পদার্থ। অতি মাত্রায় গ্রহণ করলে মানুষের মৃত্যু ঘটে। স্বল্প মাত্রার আর্সেনিক দীর্ঘদিন গ্রহণ করলে স্বাস্থ্যের মারাত্মক ক্ষতি হয়। আর্সেনিক সংক্রমণে মানুষও পরিবেশের অনাকাঙ্খিত পরিবর্তনকে আর্সেনিক দূষণ বলে।

**আর্সেনিকের উৎস:** বিভিন্ন শিলা দ্বারা পৃথিবীর ভূ-পৃষ্টের বিভিন্ন স্তর গঠিত। পাললিক শিলায় আর্সেনিকের পরিমাণ বেশি থাকে। পরিবেশের মোট আর্সেনিকের প্রায় 75-80 ভাগ বিভিন্ন শিলায় উপস্থিত থাকে। শিলার উপর দিয়ে পানি প্রবাহিত হওয়ার সময় আর্সেনিক পানিতে দ্রবীভূত হয়। পরিবেশে আর্সেনিক জৈব ও অজৈব উভয় রূপেই থাকে। আর্সেনিকযুক্ত বিভিন্ন খনিজ যেমন আর্সেনোলাইট ($As_2O_3$), আর্সেনোপাইরাইটস (FeAsS), নিকোলাইট (NiAs) ইত্যাদি পরিবেশে রয়েছে। অধিকাংশ আর্সেনিকের অবস্থান অজৈব যৌগ হিসাবে। মানুষের বিভিন্ন কর্মকান্ডের ফলেও কিছু আর্সেনিক পরিবেশে তথা পানিতে প্রবেশ করে। আর্সেনিকের যৌগযুক্ত পেষ্টিসাইড কৃষি জমিতে ব্যবহার, আর্সেনিক যুক্ত আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন, আর্সেনিক যুক্ত কয়লার দহনে পরিবেশে আর্সেনিক প্রবেশ করে। বাংলাদেশের জনসংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ায় ভূ-গর্ভস্থ পানির উত্তোলন অত্যধিক পরিমানে বৃদ্ধি পেয়েছে। এতে ভূ-গর্ভস্থ পানির স্তর নিচে নেমে গেছে এবং পানিতে আর্সেনিকের মাত্রা বৃদ্ধি পেয়েছে। বিভিন্ন কীটনাশক উৎপাদন কেন্দ্র ও শিল্প বর্জ্যের মধ্যে আর্সেনিকের যৌগ থাকে। এসব বর্জ্য পানিতে মিশে আর্সেনিক দূষণ ঘটায়। পৌর বর্জ্যের মধ্যেও ক্ষতিকর আর্সেনিক যৌগ থাকে। এসব যৌগ পানিতে মিশে গিয়ে মাটির অভ্যন্তরে প্রবেশ করে ভূ-গর্ভস্থ পানির দূষণ ঘটায়।

বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) এর দিক নির্দেশনা অনুযায়ী পানিতে আর্সেনিকের নিরাপদ মাত্রা $0.01\ mgL^{-1}$ গবেষণায় দেখা যায়। মানব দেহে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ সহনসীমা $0.05\ mgL^{-1}$ কিন্তু বাংলাদেশের বেশ কয়েকটি জেলায় নলকূপের পানিতে আর্সেনিকের পরিমাণ $0.25\ mgL^{-1}$। বিষয়টি খুবই ভয়াবহ ও উদ্বেগজনক। এমন পানি নির্বিচারে পান করার ফলে বাংলাদেশে আর্সেনিক দূষণের আক্রান্ত রোগীর সংখ্যা দাঁড়িয়েছে প্রায় ৬ থেকে ৭ লক্ষ। এদের মধ্যে অন্তত ১ লক্ষ মানুষ মারাত্মক চর্মরোগ ও কিডনী রোগে ভূগছেন। পৃথিবীর বিভিন্ন দেশ যেমন, মেক্সিকো, আর্জেন্টিনা, চিলি, তাইওয়ান, ভারতের পশ্চিম বঙ্গ প্রভৃতি ভূখন্ডে আর্সেনিক দূষণের ঘটনা ক্রমাগত বেড়েই চলছে। মনুষ্য সৃষ্ট কারণে বছরে বিশ্বে প্রায় $28\times10^6\ kg$ আর্সেনিকের দূষণ ঘটে।

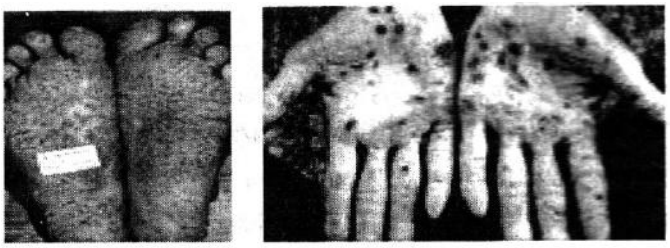
### পানির আর্সেনিক দূষণের সংজ্ঞা:

জীবদেহে আর্সেনিক সহ্য সীমার (অর্থাৎ পানিতে 0.05 mg/L) বেশি আর্সেনিক ভূগর্ভস্থ পানিতে মিশ্রিত থাকলে ঐ পানির মাধ্যমে অধিক পরিমাণ আর্সেনিক জীবদেহে সঞ্চিত হতে থাকে এবং এর বিষক্রিয়ায় নানা রোগের সৃষ্টি হয়। এরূপ পানির মাধ্যমে আর্সেনিক সংক্রমণ দ্বারা মানুষ তথা জীব পরিবেশের ক্ষতিকর পরিবর্তনকে আর্সেনিক দূষণ বলা হয়।

### মানুষের দেহের উপর আর্সেনিকের বিভিন্ন প্রভাবসমূহ:

আর্সেনিক দূষণযুক্ত পানি পান করার মাধ্যমে এবং এই পানি কৃষি জমিতে প্রয়োগ করলে উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত খাদ্যের মাধ্যমে বিষাক্ত ধাতব আয়ন মানুষের শরীরে প্রবেশ করে। দূষিত পানি ব্যবহারের কারণে দেহের বিভিন্ন অঙ্গের গঠন ও কার্যকারিতার উপর তাৎক্ষনিক ও দীর্ঘমেয়াদি প্রভাব পড়ে। আর্সেনিক আক্রান্ত মানুষের দেহের উপর বিভিন্ন প্রভাবসমূহ নিম্নরূপ–

১. মানুষের শ্বাদ-প্রশ্বাস বাধাগ্রস্থ হয় এবং নিউমোনিয়ায় আক্রান্ত হয়।
২. গলার কণ্ঠস্বর কর্কশ হয় এবং দীর্ঘস্থায়ী কাঁশি দেখা দেয়।
৩. ফুসফুসের প্রদাহ ও অ্যাজমা রোগে আক্রান্ত হয়।
৪. আর্সেনিকের প্রভাবে ডায়রিয়ার প্রকোপ দেখা দেয়া ও পাকস্থলিতে প্রদাহের সৃষ্টি হয়।
৫. যকৃত (লিভার) এর কার্যকারিতার উপর প্রভাব পড়ে ও জন্ডিসে আক্রান্ত হয়।
৬. ক্ষুধা হ্রাস পায় ও দেহের ওজন কমে যায়।
৭. দেহের ত্বকে ঘা দেখা দেয় ও ত্বকের বিভিন্ন স্থানে যন্ত্রনার সৃষ্টি হয়।
৮. শরীরের বিভিন্ন অংশের চুল পড়ে যায়।



চিত্র : আর্সেনিক দূষণের প্রভাব

৯. আর্সেনিক আক্রান্ত মানুষের শরীরে রক্ত স্বল্পতা দেখা দেয়, রক্তে অক্সিজেন পরিবহন ক্ষমতা হ্রাস পায় এবং রক্তের লোহিত কণিকা ও অনুচক্রিকা হ্রাস পায়।

১০. লিভারের আকৃতি বেড়ে যায়, এতে রক্তক্ষরন ঘটে এবং লিভার সিরোসিস ত্বরান্বিত হয়।

১১. আর্সেনিকের প্রভাবে প্রজনন প্রক্রিয়া বাধাগ্রস্থ হয় ও জন্মত্রুটি ও অপরিণত ভ্রূনের গর্ভপাত ঘটে।

১২. আর্সেনিকের প্রভাবে সর্বোপরি ক্যান্সারে আক্রান্ত হয়। দীর্ঘদিন স্বল্প মাত্রায় আর্সেনিক গ্রহণ করলে স্বাস্থ্যের মারাত্মক ক্ষতি হয়। অতিমাত্রায় আর্সেনিক গ্রহণে মানুষের মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে।

### আর্সেনিক দূষণ হতে মুক্তির উপায়ঃ

আর্সেনিক দূষণের কবল হতে রক্ষা পেতে যেসব উদ্যেগ গ্রহণ করতে হবে :

১. আর্সেনিক দূষিত পানি পান করা থেকে বিরত থাকতে হবে।

২. পানির বিকল্প উৎস ব্যবহার করতে হবে এবং পানি ফিল্টার করে খেতে হবে।

৩. সস্তা ও সহজলভ্য প্রযুক্তি আবিস্কার করে আর্সেনিকমুক্ত পানি সরবরাহ নিশ্চিত করতে হবে।

৪. হ্যান্ড টিউবওয়েলের পরিবর্তে গভীর টিউবওয়েলের ব্যবহার বাড়াতে হবে। কারণ গভীর টিউবওয়েলের তুলনামূলক আর্সেনিক দূষণ কম।

৫. আর্সেনিকোসিস রোগে আক্রান্ত মানুষকে অবশ্যই আর্সেনিক মুক্ত পানি ও পুষ্টিকর খাবার খেতে হবে।

### পানযোগ্য পানিতে আর্সেনিকের জন্য বিভিন্ন দেশের জাতীয় মানঃ

বিশ্বস্বাস্থ্য সংস্থার (World Health Organisation, WHO) সুপারিশ অনুযায়ী পানিতে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ গ্রহণযোগ্য মাত্রা 0.05 mg/L এবং অন্তবর্তী কালীন নিরাপদ মাত্রা 0.01 mg/L। বিশ্বের বিভিন্ন দেশের পানিতে আর্সেনিকের যে গ্রহনযোগ্য সর্বোচ্চ মাত্রা নির্ধারন করেছে তা নিচের সারণিতে দেখানো হল।

সারণি ৬.১: বিশ্বের বিভিন্ন দেশের পানিতে গ্রহণযোগ্য আর্সেনিকের পরিমাণ।

| দেশ | পানিতে আর্সেনিকের পরিমাণ (mg/L) |
|---|---|
| ইউরোপীয় ইউনিয়ন | 0.01 |
| অস্ট্রেলিয়া | 0.007 |
| জাপান | 0.01 |
| কানাডা | 0.025 |
| U.S.A | 0.05 |
| বাংলাদেশ | 0.05 |
| ভারত | 0.05 |

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. পানি দূষক পদার্থের একটি তালিকা প্রস্তুতকরুন।

২. দূষক পদার্থগুলোর উৎস চিহ্নিত করুন।

৩. মানবদেহে আর্সেনিকের প্রভাব ব্যাখ্যা করুন।
৪. ইন্টারনেট ব্যবহার করে বাংলাদেশের আর্সেনিক দূষণ আক্রান্ত জেলাগুলো চিহ্নিত করে সেখানকার স্বাস্থ্য পরিস্থিতি এবং গৃহীত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন রচনা করুন।
৫. আপনাদের নিজ নিজ এলাকার নলকূপের পানি সংগ্রহ করে আর্সেনিক কীটের সাহায্যে পানিতে আর্সেনিকের মাত্রা নির্ণয় করবেন। আর্সেনিক দূষণ এলাকার জনসাধারণ বিশেষ করে শিশু ও বয়স্ক লোকের মাধ্য কী কী রোগের লক্ষণ দিখা দিয়েছে তার একটি তালিকা প্রণয়ন করুন। এলাকার পানিতে আর্সেনিক উপস্থিতির কারণ অনুসন্ধান করে প্রতিবেদন তৈরি করুন।

**শিল্প বর্জ্য ও পানি দূষণ : (Industrial waste and water pollution)**

পানিতে ভৌত রাসায়নিক ও বায়োলজিক্যাল দূষক থাকে। ভৌত দূষক সমূহ (তেল, পেট্রোলিয়াম, ভাসমান পদার্থ) পানিতে অদ্রবীভূত থাকে। অপরদিকে রাসায়নিক দূষকসমূহ (ধাতব আয়ন, যৌগ, দ্রবীভূত পেট্রোলিয়াম, পেষ্টিসাইড, রাসায়নিক সার) পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। ব্যাকটেরিয়া ও ভাইরাস বায়োলজিক্যাল দূষকের উদাহরণ, শিল্প কারখানায় উৎপাদিত দ্রব্যের সাথে কিছু উপজাতদ্রব্য উৎপন্ন হয় এবং কিছু অতিরিক্ত বিক্রিয়ক থাকে। এছাড়াও শিল্প ক্ষেত্রে জৈব ও অজৈব দ্রাবক, রঞ্জক পদার্থ ব্যবহার করা হয়। শিল্প দ্রব্য সংগ্রহ করার পর যে রাসায়নিক দ্রব্যসহ অন্যান্য দ্রব্য পরিবেশে নিঃসরণ করা হয় তাই শিল্পবর্জ্য। প্রতিটি শিল্প কারখানায় গরম পাইপ ও চুল্লী শীতল করার জন্য নদীর পানি ব্যবহার করা হয়। গরম অবস্থায় এই পানি নদীতে নির্গত হয়। এই পানিও একটি শিল্প বর্জ্য। কিছু রাসায়নিক পদার্থ রয়েছে (রাসায়নিক সার, কোনো কোনো শিল্পবর্জ্য) যা প্রাকৃতিকভাবে বিয়োজিত হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বা ব্যাকটেরিয়ার মাধ্যমে বিয়োজিত হয়ে দূষক পদার্থ অপসারিত হয়।

**পেস্টিসাইড** (DDT: Parapara dichloro diphenyl trichloro ethane) ভারি ধাতু (মারকারি, লেড, ক্যাডমিয়াম) পানিতে বিযোজিত হয় না। বাংলাদেশে প্রতিদিন সর্বমোট প্রায় 47,000 টন বর্জ্য উৎপন্ন হয়। এর মধ্যে বেশিরভাগ শিল্প বর্জ্য, ট্যানারি শিল্প, কাগজ শিল্প, খাদ্য প্রক্রিয়াকরণ শিল্প ও ড্রায়িং শিল্পের বর্জ্য নদীতে নি:সরণ করা হয়। ঢাকার বুড়িগঙ্গা নদীর তীরে অবস্থিত ট্যানারি শিল্প থেকে প্রতিদিন প্রায় 21 হাজার ঘন মিটার অপরিশোধিত বর্জ্য সরাসরি নদীতে ফেলা হয়। এতে ক্রোমিয়াম, লেড এর ন্যায় বিষাক্ত ধাতু ও ক্ষয়কারী সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে। এই শিল্প বর্জ্য থেকে নদীর পানি দূষিত হয়। দূষিত পানির বায়োলজিক্যাল অক্সিজেন ডিমান্ড (BOD) ও কেমিক্যাল অক্সিজেন ডিমান্ড (COD) বৃদ্ধি পায় এবং দ্রবীভূত অক্সিজেনের (DO) পরিমাণ হ্রাস পায়। সাধারণত নদীর পানিতে শীতকালের তুলনায় বর্ষাকালে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ বেশি থাকে। বুড়িগঙ্গা নদীর কোনো কোনো স্থানে বর্ষাকালেও দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ শূন্য বা তার কাছাকাছি থাকে।

শিল্প কারখানা থেকে গরম পানি নির্গত হওয়ার জন্য পানির তাপ দূষণ ঘটে। তাপ শক্তিকে কখনই পুরোপুরি যান্ত্রিক শক্তিতে রুপান্তরিত করা যায় না। বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে, ইস্পাতশিল্প, পেপার মিল, তৈল শোধনাগারসহ বিভিন্ন কারখানায় পানি শীতলকারী হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এই বর্জ্য পানি নদীর পানির সাথে মিশে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পানিতে অক্সিজেনের দ্রাব্যতা হ্রাস পায় ফলে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়। অপরদিকে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পানি অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পানিতে অক্সিজেনের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। অপর দিকে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পানিতে বিদ্যমান জীবের বিপাক ক্রিয়া বৃদ্ধি পায় ফলে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ সরাসরি হ্রাস পায়। বিপাক ক্রিয়া বৃদ্ধির কারণে অধিক অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। ফলে পানিতে পরোক্ষভাবে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়। অধিক তাপমাত্রার ও দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কম হওয়ায় জলজ প্রাণির বসবাস অসম্ভব হয়ে পড়ে।

| **শিক্ষার্থীর কাজ** | শিক্ষার্থীর অনুসন্ধান মূলক কাজ: (নির্দিষ্ট এলাকার পানি দূষণের কারণ নির্ণয় ও প্রতিকার ব্যবস্থা) |
|---|---|

১. শিক্ষক কয়েকজন শিক্ষার্থীর জন্য একটি নির্দিষ্ট এলাকার নির্ধারন করবেন (প্রতিষ্টান থেকে খুব বেশি দূরে নয়)
২. শিক্ষার্থীরা নির্ধারিত এলাকার পানি পর্যবেক্ষণ করবেন এবং দূষণের কারণ নির্ধারন করবেন।
৩. এজন্য শিক্ষার্থীরা প্রয়োজনে ঐ এলাকার লোকজন বা কোনো প্রতিষ্ঠানের লোকজনের মতামত নিবেন।

৪. দূষণের কারণ উল্লেখসহ সম্ভাব্য প্রতিকার ব্যবস্থা সম্পর্কে মতামত দিয়ে প্রতিবেদন প্রণয়ন করবেন।

**পানিদূষণের প্রভাব (Effect of water pollution)**

পানির অপর নাম জীবন। প্রতিদিন আমরা গড়ে $2-2\frac{1}{2}$ লিটার পানি পান করি। এ পানি শুধু তৃষ্ণা মিটায় না, আমাদের শরীরের অনেক বিপাকীয় জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া সম্পাদনের জন্য পানি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় উপাদান। এ পানিই আবার রোগ সৃষ্টিকারী অনুজীবের বসবাস ও বংশবৃদ্ধির জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ মাধ্যম। অনুজীব বাহিত পানি জনস্বাস্থ্যের জন্য মারাত্মক হুমকী স্বরূপ। পানি বাহিত রোগের মাধ্যে টাইফয়েড, প্যারাটাইফয়েড, কলেরা, বসন্ত, জন্ডিস, আমাশয়, কৃমিরোগ, পোলিও ক্ষত জনিত হেপাটাইসিস অন্যতম। এ ধরনের রোগ জীবাণু পানিতে মিশে গিয়ে উল্লেখিত রোগের বিস্তার ঘটায়।

বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানের পানিতে দ্রবীভূত হওয়ার ফলে পানিতে দ্রবণীয় অক্সিজেন (DO) এর পরিমানের হ্রাস ঘটে। পানির গুনাগুন নির্ধারনে (DO) এর মান খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এ মান $4-6\,mg/L$ হওয়া প্রয়োজন, DO মানের হ্রাসের ফলে জলজ প্রাণি ও জলজ উদ্ভিদের জীবন বিপন্ন হয় এবং পানি পানীর জল হিসাবে ব্যবহারের অনুপযোগী হয়। পানি দূষণের ফলে পানির pH সীমা ৬.৫ এর নিচে নেমে এসে পানি পানের আযোগ্য হয়ে পড়ে। পানিতে অনুজীবসমূহের বংশবৃদ্ধির উপযুক্ত অনুকূল মাধ্যম সৃষ্টি হয়।

পানি বিভিন্ন অজৈব উপাদানঘটিত দূষণ, যেমন- সীসা (Pb) জনিত দূষণের ফলে মস্তিস্কের কোষ বিনষ্ট, রক্তচাপ বৃদ্ধি, গর্ভপাত বা মৃত সন্তান প্রসব, শিশুদের আইকিউ হ্রাস ঘটে থাকে। মারকারি (Hg) জনিত দূষণের ফলে মানসিক দুর্বলভাব, হাত ও পা অসাড় হয়ে পড়া, দৃষ্টিহীনতা, বধিরত্ব, ভ্রূন মস্তিষ্কের অসম্পূর্ণ বৃদ্ধি ইত্যাদি ঘটে থাকে। পানি ক্যাডমিয়াম (Cd) দুষণের ফলে রক্তচাপ বৃদ্ধি, বৃক্ক ও ফুসফুসের স্বাভাবিক ক্রিয়া বিঘ্নিত হওয়া, অস্থির ভঙ্গুর হওয়া ও অস্থির সংযোগস্থলে ব্যথা অনুভব করা সহ বিভিন্ন রোগ ও রোগের উপসর্গের সৃষ্টি হয়।

পানিতে আর্সেনিক দূষণের ফলে মানুষের স্বাস্থ্যের উপর আর্সেনিক বিষক্রিয়াজনিত প্রভাব খুবই ভয়াবহ। যেমন (১) পরিপাক তন্ত্রীয় প্রভাব, (২) রক্ত সংক্রান্ত প্রভাব, (৩) ত্বক সংক্রান্ত প্রভাব, (৪) নার্ভ সংক্রান্ত প্রভাব, (৫) হৃদসংবহন তন্ত্র সংক্রান্ত প্রভাব, (৬) শ্বসন সংক্রান্ত প্রভাব, (৭) বক্ক সংক্রান্ত প্রভাব বিশেষ ভাবে উল্লেখযোগ্য।

**সার-সংক্ষেপ :**

- পানির যেকোন ভৌত বা রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে যখন এটি জীবনের উপর ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে তখন তাকে পানি দূষণ বলে।
- পানি দূষণের কারণ দুই ধরণের (ক) মানুষ দ্বারা সৃষ্ট কারণ ও (খ) প্রাকৃতিক কারণ।
- আর্সেনিক সংক্রমণে মানুষ ও পরিবেশের অনাকাঙ্খিত পরিবর্তনকে আর্সেনিক দূষণ বলে।
- বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) এর দিক নির্দেশনা অনুযায়ী পানিতে আর্সেনিকের নিরাপদ মাত্রা $0.1mg/L$, গবেষণায় দেখা যায় মানব দেহে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ সহনসীমা $(40ppm)$
- পানির মাধ্যমে আর্সেনিক সংক্রমণ দ্বারা মানুষ তথা জীব পরিবেশের ক্ষতিকর পরিবর্তনকে "আর্সেনিক দূষণ" বলা হয়।
- শিল্পক্ষেত্রে জৈব ও অজৈব দ্রাবক রঞ্জক পদার্থ বাবহার করা হয়। শিল্পদ্রব্য সংগ্রহ করার পর যে রাসায়নিক দ্রব্যসহ অন্যান্য দ্রব্য পরিবেশে নি:সরণ করা হয় তাই শিল্পবর্জ্য।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৩

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন**

১। বাংলাদেশে খাবার পানিতে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ মাত্রা কত?

ক) 0.01 ppm খ) 0.02 ppm গ) 0.03 ppm ঘ) 0.05 ppm

২। আন্তজার্তিক ভাবে বায়ুর শিল্প দূষণের জন্য যায়ী-

ক) $SO_2$ খ) $CO_2$ গ) $NH_3$ ঘ) $H_2S$

৩। আর্সেনিকের স্থায়ী বিষক্রিয়ার ফলে কোনটির মিউটেশন ঘটে?

ক) RNA খ) DNA গ) ATP ঘ) NADATP

৪। কোন ধরণের দূষক পানিতে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস করে?

ক) অজৈব দূষক খ) জৈব দূষক গ) তেজস্ক্রিয় দূষক ঘ) কনা জাতীয় দূষক

৫। কোন দুষকটি প্রাথমিক বায়ু দূষকের তুলনায় অধিক ক্ষতিকারক?

ক) $H_2S$ খ) $NH_3$ গ) CO ঘ) $H_2S0_4$

নিচের উদ্দীপকটি পড়ুন এবং ৬ ও ৭ নং প্রশ্নের উত্তর দিন–

কোনো এক স্থানের বায়ুতে বায়ু দূষক হিসাবে বর্তমান

(i) $CO_2$ (ii) $CH_4$ (iii) মারক্যাপটান (iv) $PbCl_2$

৬। এর মধ্যে কোন সাধারণ দূষকটি পেট্রোলিয়াম শোধনাগার, চামড়া শিল্প, কাগজ শিল্প ও পেট্রোকেমিক্যাল শিল্প হইতে নিগত হয় ?

ক) (i) খ) (ii) গ) (iii) ঘ) (iv)

৭। বজ্রপাতের সময় ক্রিয়াশীল হয়

(i) $N_2$ গ্যাস (ii) $O_4$ গ্যাস (iii) $CO_2$ গ্যাস

নিচের কোনটি সঠিক?

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

# পাঠ-৬.৪ অ্যাসিড ও ক্ষার

**উদ্দেশ্য**

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- অ্যাসিড ক্ষার সংক্রান্ত আরহেনিয়াস তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ব্রনস্টেড-লাউরী তত্ত্ব ব্যাখ্যা ও অনুবন্ধী অ্যাসিড ক্ষারক শনাক্তকরণকরতে পারবেন।
- সমীকরনের সাহায্যে এসিড ও ক্ষারকের মধ্যে সর্ম্পক ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- অ্যাসিড ক্ষার সম্পর্কিত লুইস তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | হাইড্রোক্সিল আয়ন, প্রশমন, অনুবন্ধী অম্ল, অনুবন্ধীক্ষারক |

**অ্যাসিড ক্ষারক সম্পর্কিত আরহেনিয়াস তত্ত্ব (Arrhenius concept about acid and base)**

আরহেনিয়াস সর্ব প্রথম ১৮৮৭ খ্রিস্টাব্দে অ্যাসিড ক্ষারকের সংজ্ঞা দেন।

**অম্ল বা অ্যাসিড :** যে সকল পদার্থের অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণু আছে এবং জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) প্রদান করে তাদেরকে অম্ল বা অ্যাসিড বলে। যেমন- $HCl$, $HNO_3$, $H_2SO_4$, $CH_3 - COOH$ ইত্যাদি।

$$HCl + H_2O \rightarrow H^+ + Cl^-$$

$$HNO_3 + H_2O \rightarrow H^+ + NO_3^-$$

$$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$

$$CH_3COOH + H_2O \rightarrow H^+ + H_3CCOO^-$$

**ক্ষারক :** যে সকল হাইড্রস্কিযৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রস্কিল আয়ন ($OH^-$) প্রদান করে তাদেরকে ক্ষারক বলে। যেমন $NaOH$, $Ca(OH)_2$, $NH_4OH$ ইত্যাদি।

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

$$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$$

$$NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$$

আরহেনিয়াস তত্ত্ব মতে যে সব অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমানে $H^+$ উৎপন্ন করে তারা তীব্র অ্যাসিড। যেমন $HCl$, $HNO_3$, $H_2SO_4$ ইত্যাদি। একইভাবে যেগুলো দ্রবণে অল্প পরিমাণ $H^+$ আয়ন উৎপন্ন করে তা দূর্বল অ্যাসিড। যেমন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড $CH_3COOH$। অন্যাদিকে যে সব ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রচুর পরিমানে $OH^-$ উৎপন্ন করে তারা তীব্র ক্ষারক এবং সেগুলো অল্প পরিমাণে $OH^-$ উৎপন্ন করে তারা দূর্বল ক্ষারক। উল্লেখ্য, তীব্র ক্ষারক জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে এবং দূর্বল ক্ষারক জলীয় দ্রবণে আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়। যেমন $NaOH$, $KOH$ ইত্যাদি তীব্র ক্ষারক এবং $NH_4OH$ দূর্বল ক্ষারক। আরহেনিয়াস মতবাদের প্রধান ত্রুটি হল এটি পানির অনুপস্থিতিতে অ্যাসিড ক্ষারকের ধর্মকে ব্যাখ্যা করতে পারে না।

**আরহেনিয়াস মতবাদের প্রয়োগ :**

১. আরহেনিয়াসের মতবাদের আলোকে টাইট্রেশন পদ্ধতিতে অজানা অম্ল বা ক্ষারকের ঘনমাত্রা নির্ণয় করা যায়।

২. অম্ল ক্ষার প্রশ্নমনের ব্যাখ্যা দেওয়া যায়।

৩. কোনো দ্রবণ অম্লীয় না ক্ষারীয় তা এই মতবাদ অনুযায়ী ব্যাখ্যা করা যায়।

৪. জলীয় দ্রাবকে বস্তুর অম্ল ক্ষারক আচরণ আরহেনিয়াস মতবাদে ব্যাখ্যা করা যায়।

৫. এই মতবাদ শুধু জলীয় দ্রবণে কার্যকরী বিধায় দ্রাবকের উপস্থিতিতে বিভিন্ন যৌগের অম্লত্ব ও ক্ষারকত্ব এই মতবাদের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

**আরহেনিয়াস মতবাদের সীমাবদ্ধতা** (limitations of Arrhenius concept)

এটি আধুনিক মতবাদ হলেও সম্পূর্ণ ত্রুটিমুক্ত নয়। নিচে এই তত্ত্বের কিছু সীমাবদ্ধতা উল্লেখ করা হলো।

১. এ মতবাদ অনুসারে, যে কোন অ্যাসিড যা ক্ষারক শুধুমাত্র জলীয় দ্রবণে ক্রিয়া করে।

২. এ তত্ত্বানুসারে গ্যাসীয় অবস্থায় বা অন্য কোন দ্রাবকে অ্যাসিড-ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব নয়। যেমন তাপ যোগে কঠিন $NH_4Cl$ হতে গ্যাসীয় $NH_3(g)$ ও HCl উৎপন্ন হয়।

$$NH_4Cl(g) \rightleftharpoons NH_3(g) + HCl(g)$$

৩. আরহেনিয়াস এর মতে, অ্যাসিড পানিতে বিয়োজিত হয়ে যে প্রোটন উৎপন্ন হয় তা স্থায়ী নয় এবং $H_2O$ এর সাথে যুক্ত হয়ে $H_3O^+$ গঠন করে।

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H^+ + Cl^- + H_2O,\ H_2O + H^+ + Cl^- \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$$

**আরহেরিয়াস তত্ত্ব মতে অ্যাসিড ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়া**
(**Neutralization reaction of acid – base according to arrhenius theory**)

সমমোল তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক জলীয় দ্রবণে পরস্পরকে প্রশমিত করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। কারণ তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সম্পূর্ণরুপে বিয়োজিত হয়ে যথাক্রমে $H^+$ ও $OH^-$ দান করে এবং এই $H^+$ ও $OH^-$ পরস্পরকে প্রশমিত করে $H_2O$ উৎপন্ন করে। যেমন-

$HCl + NaOH \rightleftharpoons NaCl + H_2O$ ($H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$

| **শিক্ষার্থীর কাজ** | |
|---|---|
| ১। pH এর মান হতে $CH_3COOH$ অ্যাসিডটি মৃদু না তীব্র বোঝা যাবে কি? | |
| ২। $NH_4^+, Na^+, HCOO^-$, এবং $SO_4^{2-}$, আয়ন সমূহের মধ্যে কোনটির জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় এবং কেন? | |
| ৩। পার্থক্য করুন, (i) তীব্র অ্যাসিড, মৃদু অ্যাসিড<br>(ii) তীব্র ক্ষারক, মৃদু ক্ষারক। | |

**ব্রনস্টেড-লাউরী তত্ত্ব** (**Bronsted lowry theory**)

১৯২৩ খ্রীস্টাব্দে ব্রনস্টেড ও লাউরী পৃথক ভাবে অ্যাসিড ও ক্ষারক সংক্রান্ত এ তত্ত্ব প্রকাশ করেন। এই তত্ত্ব ব্রনস্টেড-লাউরী তত্ত্বানামে পরিচিত ইহাকে প্রোটনীয় মতবাদও বলে। নিম্নে এই মতবাদের আলোকে অ্যাসিড ও ক্ষারকের সংজ্ঞা দেওয়া হলো-

**অম্লের সংজ্ঞা :** অম্ল হলো এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য পদার্থকে প্রোটন দান করতে পারে। যেমন– $CH_3COOH$ একটি অ্যাসিড, কারণ এটি প্রোটন দান করতে পারে।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

**ক্ষারকের সংজ্ঞা :** ক্ষারক হলো এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা অম্ল হতে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে। উদাহরণ $NH_3$, $CO_3^{2-}$ প্রভৃতি ক্ষারক কারণ এরা প্রোটন গ্রহণ করতে পারে। যেমন,

$$NH_3 + H^+ \rightleftharpoons NH_4^+,\ \ CO_3^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3$$

অর্থাৎ সংক্ষেপে অম্ল হলো প্রোটন দাতা এবং ক্ষারক হলো প্রোটন গ্রহীতা। এরা আধানবিহীন যৌগ অথবা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান বিশিষ্ট আয়ন হতে পারে।

**অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারক (Conjugate acid and bases)**

ব্রনস্টেড-লাউরী মতে অ্যাসিড ও ক্ষারকের মধ্যে মূল সম্পর্ক হলো একটি প্রোটন ($H^+$) আদান প্রদান। তাই এ মতবাদকে প্রোটন স্থানান্তর মতবাদও বলে। সুতরাং অ্যাসিড ও ক্ষারকের সম্পর্ককে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়। যথা–

$$\text{অ্যাসিড} \overset{-H^+}{\underset{+H^+}{\rightleftharpoons}} \text{ক্ষারক বা } HB \rightleftharpoons H^+ + B^-$$

অ্যাসিড = HB, প্রোটন = $H^+$, ক্ষারক = $B^-$

উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী HB একটি অ্যাসিড। কারণ এটি $H^+$ দান করে এবং ও $B^-$ একটি ক্ষারক কারণ এটি $H^+$ গ্রহণ করে HB যৌগে রূপান্তরিত হয়। HB ও $B^-$ পদার্থ দুটির মধ্যে পার্থক্য হচ্ছে একটি প্রোটনের। এ ক্ষেত্রে HB হলো ক্ষারক $B^-$ এর অনুবন্ধী অ্যাসিড এবং $B^-$ হলো HB অম্লের অনুবন্ধী ক্ষারক

**অনুবন্ধী ক্ষারকের সংজ্ঞা**

কোন অ্যাসিড হতে একটি প্রোটন অপসারণের পর যা পাওয়া যায় তাকে ঐ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক বলে। উদাহরণ :

$H_2SO_4$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক হলো $HSO_4^-$

$H_2CO_3$ এর অনুযায়ী ক্ষারক হলো $HCO_3^-$

$$\underset{\text{অ্যাসিড}}{H_2SO_4} + H_2O \rightarrow \underset{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}{HSO_4^-} + H_3O^+$$

**অনুবন্ধী এসিডের সংজ্ঞা**

কোন ক্ষারকের সাথে একটি প্রোটন সংযোগের ফলে যা পাওয়া যায় তাকে ঐ ক্ষারকের অনুবন্ধী অ্যাসিড বলে।

উদাহরণ : $\underset{\text{ক্ষারক}}{HCO_3^-} + H_2O \rightarrow \underset{\text{অনুবন্ধী অ্যাসিড}}{H_2CO_3} + OH^-$

$HCO_3^-$ এর অনুবন্ধী অ্যাসিড হলো $H_2CO_3$। কারণ $HCO_3^-$ এর সঙ্গে একটি প্রোটন যুক্ত হলে $H_2CO_3$ পাওয়া যায়।

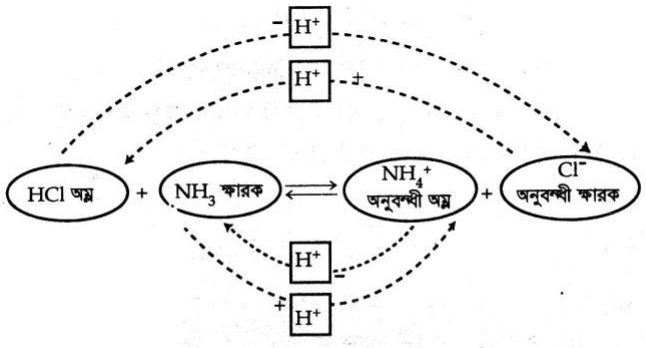
উদাহরণ : HCI ও $INH_3$ এর বিক্রিয়ায় $NH_4Cl$ তথা দ্রবণে $NH_4^+$ ও $Cl^-$ আয়ন গঠিত হয়।

$$NH_3 + HCI \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$

এ বিক্রিয়ায় $HCl^-$ প্রোটন দান করে $Cl^-$ আয়নে পরিণত হয়। তাই প্রোটন দাতা হিসাবে HCl এখানে অ্যাসিড। আবার $NH_3$ ঐ প্রোটন গ্রহণ করে $NH_4^+$ আয়নে পরিনত হয়। সুতরাং $NH_3$ প্রোটন গ্রহণে সক্ষম বলে এটি একটি ক্ষারক। আবার বিপরীতক্রমে $NH_4^+$ আয়ন প্রোটন ত্যাগ করে ও $Cl^-$ আয়ন প্রোটন গ্রহণ করে। তাই $NH_4^+$ আয়ন অ্যাসিড ও $Cl^-$ আয়ন ক্ষারক। সুতরাং ব্রনস্টেড মতবাদ অনুসারে অ্যাসিড ও ক্ষারক নিম্নের সমীকরন অনুসারে সম্পর্কযুক্ত।

$$HB \rightleftharpoons H^+ + B^-$$

অ্যাসিড প্রোটন ক্ষারক




**চিত্র ঃ এসিড ও ক্ষারকের অনুবন্ধী যুগল এসিড প্রোটন দান করে। ক্ষারক প্রোটন গ্রহণ করে।**

**অনুবন্ধী অ্যাসিড ক্ষারক যুগল**

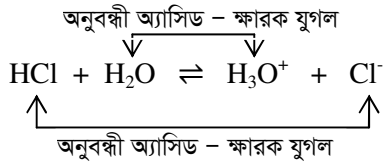
কোন পদার্থ সরাসরি প্রোটন ত্যাগ করে না, তা গ্রহণের জন্য অন্য পদার্থের প্রয়োজন হয়। সুতরাং অ্যাসিড ক্ষারক বিক্রিয়া প্রকৃত পক্ষে নিম্নরূপঃ

অ্যাসিড$_১$ + ক্ষারক$_২$ = অ্যাসিড$_২$ + ক্ষারক$_১$

$H_3O^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O + H_2O$

$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

সুতরাং প্রতিটি অ্যাসিড প্রোটন দান করে অনুবন্ধী ক্ষারকে ও প্রতিটি ক্ষারক প্রোটন গ্রহন করে অনুবন্ধী এসিডে পরিণত হচ্ছে। অতএব দ্রবণে দুটি করে অ্যাসিড ও ক্ষারক সাম্যাবস্থায় থাকে। তাদেরকে পরস্পর অনুবন্ধী অ্যাসিড ক্ষারকের যুগল বা অনবন্ধী যুগল বলে।




**অ্যাসিড ও ক্ষারক হিসাবে পানি (water as acid and base)**

প্রোটনীয় ধারণা মতে কখনও কখনও একই পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয় হিসাবে কাজ করতে পারে। এদের উভধর্মী পদার্থ বলে। যেমন– পানি অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয় হিসাবে কাজ করে। পানি $NH_3$এর সংগে বিক্রিয়ায় $NH_4OH$ গঠন করে। এক্ষেত্রে পানি $NH_3$ কে প্রোটন দিয়ে $NH_4^+$ আয়নে পরিণত হয় বলে এটি একটি অ্যাসিড।

$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + OH^-$

আবার একই $H_2O$ যখন $HCl$ এর সংগে বিক্রিয়া করে তখন হাইড্রোনিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়ন গঠিত হয়। এক্ষেত্রে পানি HCI থেকে প্রোটন গ্রহণ করে হাইড্রোনিয়াম আয়নে $(H_3O^+)$ পরিণত হয় বলে এটি একটি ক্ষারক।

$HCI + H_2O = H_3O^+ + CI^-$

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. নিচের ব্রনস্টেড লাউরীর প্রত্যেকটি ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্লের নাম ও সংকেত লিখুন।

(ক) $HCO_3^-$ (খ) $CO_3^{2-}$ (গ) $OH^-$ (ঘ) $HPO_4^{2-}$

২. উল্লেখিত বিক্রিয়ায় অনুবন্ধী অ্যাসিড ক্ষারক যুগল চিহ্নিত করুন।

(i) $H_2O + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

(ii) $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + SO_4^{2-}$

(iii) $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3 - COO^-$

(iv) $H_2SO_4 + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOH_2^+ + HSO_4^-$

(v) $H_2O + NH_2^- \rightleftharpoons NH_3 + OH^-$

(vi) $H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HPO_4^{2-}$

৩. পানি একটি উভধর্মী পদার্থ কেন ?

৪. $OH^-$, $SO_4^{2-}$, $HCO_3^-$, $H^-$, $NH_3$, $H_2O$ এর অনুবন্ধী অ্যাসিডগুলো কী হবে ?

৫. $NH_3$ , $H_2O$, $HS^-$, $NH_4^+$এর অনুবন্ধী ক্ষারগুলো কী হবে ?

৬. $NH_3$ ও $H_2O$ এর মধ্যে ১টি অম্ল ও ক্ষারক অথচ অপরটি ক্ষারক কেন ?

৭. $NH_4^+$, $HSO_4^-$, $HCO_3^-$ ব্রনস্টেড অ্যাসিড কেন ?

৮. $HCO_3^-$, $OH^-$, $CO_3^{2-}$, $CH_3COO^-$ ব্রনস্টেড ক্ষারক কেন ?

**অ্যাসিড ও ক্ষার সম্পর্কিত লুইস তত্ত্ব (Lewis theory related to acids and bases)**

১৯২৩ খ্রীষ্টাব্দে জি এন লুইস (G.N Lewis) ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের ভিত্তিতে অ্যাসিড ও ক্ষারকের ধারণা প্রদান করেন। তাঁর তত্ত্ব অনুসারে যে সকল যৌগ বা আয়ন অন্য কোন যৌগ বা আয়ন থেকে একজোড়া মুক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন গঠন করে তাদেরকে অ্যাসিড বা লুইস অ্যাসিড এবং যে সকল যৌগ বা আয়ন অন্য কোনো যৌগ বা আয়নকে একজোড়া মুক্ত ইলেকট্রন প্রদান করে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন গঠন করে তাদেরকে ক্ষার বা লুইস ক্ষার বলে। যেমন $BF_3$।

$$BF_3 \quad + \quad :NH_3 \rightarrow \quad H_3N: \rightarrow BF_3$$

লুইস অ্যাসিড লুইসক্ষার প্রশম বিক্রিয়াজাত পদার্থ

সংক্ষেপে বলা যায়, অ্যাসিড হলো ইলেকট্রন যুগল গ্রহীতা এবং ক্ষারক হলো ইলেকট্রন যুগল দাতা।

লুইস এসিডের উদাহরণ: $AlCl_3, BF_3, SO_3, FeCl_3$ প্রভৃতি ক্ষারক। এই সব যৌগ মুক্ত জোড় ইলেকট্রন গ্রহণে সক্ষম। কারণ এ সব যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর অষ্টক পূর্ণ হয়নি।

লুইস ক্ষারকের উদাহরণ : $NH_3, H_2\ddot{O}, R\ddot{O}H, C\ddot{O}, CN^-$ প্রভৃতি লুইস ক্ষারক। কারণ এই সব যৌগ ইলেকট্রন যুগল বা মুক্ত জোড় ইলেকট্রন দানে সক্ষম।

$$H_3\ddot{N} + BF_3 \rightarrow H_3N: \rightarrow BF_3$$

উপর্যুক্ত ক্ষেত্রে, $NH_3$ ইলেকট্রন যুগল দান করায় তা ক্ষারক আর $BF_3$ ইলেকট্রন যুগল গ্রহণ করায় তা অম্ল।

**অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী :** অ্যামোনিয়া অনুর N পরমানুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে। ঐ নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়টি কোনো অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয়। $H^+$ আয়ন দ্বারা গৃহীত হয়ে $NH_4^+$ আয়ন গঠিত হয় এবং $NH_3$ এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় পানির $H^+$ আয়নের সাথে যুক্ত হয়েও $NH_4^+$ আয়ন গঠন করে। লুইস তত্ত্ব অনুসারে এভাবে $NH_3$ অণু তার ইলেকট্রন জোড়টি কোনো ইলেকট্রন জোড় গ্রহীতাকে দান করতে পারায় $NH_3$ ক্ষার ধর্মী হয়।

$$\ddot{N}H_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4^+Cl^-$$

$$\ddot{N}H_3 + H - OH \rightleftharpoons NH_4^+OH^-$$

**লুইস তত্ত্ব অনুসারে অ্যাসিড ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়া**

**(Acid base neutralization reaction according to lewis theory)**

$BF_3$ একটি লুইস অ্যাসিড এবং $NH_3$ একটি লুইস ক্ষারক। এদের মধ্যে নিম্নরূপে প্রশমন বিক্রিয়া ঘটে। যথা-

$$BF_3 + :NH_3 \rightarrow \quad F_3B \leftarrow NH_3$$

লুইস অ্যাসিড লুইস ক্ষারক প্রশমন বিক্রিয়াজাত পদার্থ।

**লুইস তত্ত্বের প্রয়োগ (Applications of lewis theory) :**

১. এতত্ত্ব অনুযায়ী প্রশমন বিক্রিয়ায় প্রোটনের আদান প্রদান ঘটে না।
২. প্রশমন বিক্রিয়া দ্রাবকের অনুপস্থিতিতে ঘটানো যায়।
৩. এ তত্ত্ব দ্বারা ধাতব অক্সাইড গুলির ক্ষারকত্ব ও আধাতব অক্সাইডগুলোর অম্লত্ব ব্যাখ্যা করা যায়।
৪. এ তত্ত্ব অনুযায়ী সন্নিবেশ যৌগ গঠন করা সম্ভব।

**লুইস তত্ত্বের সীমাবদ্ধতা (Limitations of lewis theory) :**

১. অধিকাংশ লুইস অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়া অত্যন্ত ধীর গতি সম্পন্ন
২. বিভিন্ন গ্রুপের তড়িৎ ঋণাত্মকতার উপর প্রশমন বিক্রিয়া নির্ভর করে।
৩. এ তত্ত্ব অনুসারে অ্যাসিড ক্ষারক মিলনে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। কিন্তু তা সাধারণ এডিস ক্ষারক বিক্রিয়ার মত নয়।

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. অ্যামোনিয়া একটি লুইস ক্ষারক কেন ?

২. $H^+$ একটি লুইস অ্যাসিড কেন ?

৩. $BF_3$লুইস অ্যাসিড কেন ? ব্যাখ্যা করুন।

৪. $Cl^-$, $H_3O^+$, $PF_3$, $C_2H_5 - OH$-এর মধ্যে কোনটি লুইস অ্যাসিড ব্যাখ্যা করুন।

৫. $CH_3 - NH_2$, $H_3O^+$, $AlCl_3$, $BF_3$এর মধ্যে কোনটি লুইস ক্ষার ব্যাখ্যা করুন।

৬. $PCl_5$ লুইস অ্যাসিড ও লুইস ক্ষার উভয়রূপে ক্রিয়া করে ব্যাখ্যা করুন।

৭. অনুধাবন বিষয়ক প্রশ্ন

ক) $NH_3$লুইস ক্ষারক কেন?

খ) $BF_3$ অম্লধর্মী কেন?

গ) $HSO_4^-$ একটি অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারক কেন?

ঘ) $H_2O$ অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারক কেন?

**সার-সংক্ষেপ :**

- যে সকল পদার্থের অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুর আছে এবং জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন ($H^+$) প্রদান করে তাদেরকে অম্ল বা অ্যাসিড বলে। যেমন $HCl$, $HNO_3$, $H_2SO_4$, $CH_3 - COOH$ ইত্যাদি।
- যে সকল হাইড্রোক্সি যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রক্সিল আয়ন ($OH^-$) প্রদান করে তাদেরকে ক্ষারক বলে। যেমন $NaOH$, $Ca(OH)_2$ , $NH_4OH$ ইত্যাদি।
- আরহেনিয়াস তত্ত্ব মতে যে সব অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে ($H^+$) আয়ন উৎপন্ন করে তারা তীব্র অ্যাসিড। যেমন $HCl$, $HNO_3$ ইত্যাদি।
- আরহেনিয়াস তত্ত্ব মতে যে সব ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রচুর পরিমাণে হাইড্রক্সিল আয়ন ($OH^-$) উৎপন্ন করে তা তীব্র ক্ষারক।
- ব্রনস্টেড ও লাউরীর মতে অম্ল হলো এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা অন্য পদার্থকে প্রোটন দান করতে পারে।
- ক্ষারক হলো এমন একটি যৌগ বা আয়ন যা অম্ল হতে প্রোটন গ্রহণ করতে পারে।
- ব্রনস্টেড লাউরী মতে অ্যাসিড ও ক্ষারকের মধ্যে মূল সম্পর্ক হলো একটি প্রেটিন ($H^+$) আদান প্রদান।
- কোন অ্যাসিড হতে একটি প্রোটন অপসারণের পর যা পাওয়া যায় তাকে ঐ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক বলে।
- কোন ক্ষারকের সাথে একটি প্রোটন সংযোগের ফলে যা পাওয়া যায় তাকে ঐ ক্ষারকের অনুবন্ধী অ্যাসিড বলে।
- প্রোটনীয় ধারনা মতে কখনও কখনও একই পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয় হিসাবে কাজ করতে পারে। এদের উভধর্মী পদার্থ বলে।
- যে সকল যৌগ বা আয়ন অন্য কোন যৌগ বা আয়ন থেকে একজোড়া মুক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন গঠন করে তাদের লুইস অ্যাসিড বলে।
- যে সকল যৌগ বা আয়ন অন্য কোন যৌগ বা আয়ন কে একজোড়া মুক্ত ইলেকট্রন প্রদান করে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন গঠন করে তাদেরকে লুইস ক্ষার বলে।
- $BF_3$ একটি লুইস অ্যাসিড এবং $NH_3$ একটি লুইস ক্ষারক।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৪

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন**

১. ব্রনস্টেড ও লাউরীর মতবাদ অনুসারে একটি ক্ষার-

i. হাইড্রোজেন আয়ন গ্রহণ করে ii. তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ iii. ঋণাত্মক চার্জ বিশিষ্ট হতে পারে।

কোনটি সঠিক?

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

২. $H_2CO_3$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক কোনটি?

ক) $H_2CO_3$ খ) $CO_3^{2-}$ গ) $H_3O^+$ ঘ) $H_3CO_3^+$

নিচের বিক্রিয়াটি লক্ষ করুন এবং ৩ ও ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দিন।

$$H_2O_{(l)} + HCl_{(aq)} \rightleftharpoons H_3O^+ + B$$

৩. B-এর সংকেত কোনটি?

ক) $Cl^-$ ক) Cl গ) $Cl^+$ ঘ) $Cl_2$

৪. উদ্দীপকে $H_3O^+$ হলো-

i. অ্যাসিড ii. $H_2O$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক iii. এটি প্রোটন প্রদানে সক্ষম

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

৫. $H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$বিক্রিয়ায় $H_2O$ এর অনুবন্ধী অ্যাসিড কোনটি?

ক) $HO_3^-$ খ) $H_3O^+$ গ) $H_2CO_3$ ঘ) $SO_4^{2-}$

৬. $H_2SO_4$ এর অনুবন্ধী ক্ষারক কোনটি?

ক) $HSO_4^-$ খ) $SO_4^{2-}$ গ) $H_3O^+$ ঘ) $H_2O$

৭. অম্ল ও ক্ষার উভয় ধর্ম প্রদর্শন করে-

i. $H_2O$ ii. $HSO_4^{2-}$ iii. $HCO_3^-$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক) i খ) ii গ) i ও iii ঘ) i, ii ও iii

৮. কোনটি লুইস ক্ষারক?

ক) $AlCO_3$ ক) $BF_3$ গ) $CH_3OH$ ঘ) $BeCl_2$

৯. $HCO_3^- + H_2O$ = উৎপাদ; এই বিক্রিয়ায় $H_2O$ এর অনুবন্ধী অম্ল কোনটি?

ক) $HCO_3^-$ ক) $H_2CO_3$ গ) $CO_3^{2-}$ ঘ) $H_3O^+$

১০. অম্ল ও ক্ষারক সম্পর্কিত মতবাদ-

i. আরহেনিয়াস মতবাদ ii. পাওলির মতবাদ iii. লুইস মতবাদ

নিচের কোনটি সঠিক?

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

# পাঠ-৬.৫ বায়ু দূষণ

## উদ্দেশ্য

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- শিল্প নিঃসরিত বায়ুদূষকসমূহ বর্ণনা করতে পারবেন।
- কোন এলাকার বায়ুমন্ডলে গ্রিনহাউজ গ্যাসের উপস্থিতি ও গ্রিন হাউজ প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারবেন।
- CFC ব্যবহার ও ওজোন স্তর ক্ষয় ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | প্রাইমারী দূষক, সেকেন্ডারী দূষক, গ্রিন হাউজ, গ্রিন হাউজ গ্যাস, CFC, (ক্লোরো-ফ্লোরো কার্বন), ওজনস্তর , ফ্রিয়ন, স্ট্রাটোস্ফিয়ার, ডবসন (Du). |

### শিল্পের গ্যাসীয় বর্জ্য ও বায়ু দূষণ (Gasious wastes of Industry and Air pollution)

বায়ুমন্ডলের উপাদানগুলো আমাদেরকে বাঁচিয়ে রাখে। যেমন- বায়ুর $O_2$, $N_2$ এবং $CO_2$ ছাড়া জীবন অসম্ভব। কারণ উদ্ভিদ সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে $CO_2$ ব্যবহার করে শর্করা উৎপাদন করে এবং উপজাত হিসেবে $O_2$ বায়ুমন্ডলে ছেড়ে দেয়। আমাদের জীবন ধারণের জন্য প্রয়োজনীয় শর্করা, প্রোটিন ও $O_2$ এর জন্য আমরা উদ্ভিদের উপর নির্ভরশীল। বায়ুমন্ডলে $N_2, O_2$ এবং $CO_2$ এর একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ রয়েছে। তাই এগুলোর পরিমাণে তারতম্য হলে তখনই পরিবেশে বিপর্যয় নেমে আসে। প্রাকৃতিক পরিবেশে কখনও বিশুদ্ধ নির্মল বায়ু পাওয়া সম্ভব নয়। কারণ প্রাকৃতিক ও মনুষ্য সৃষ্ট কারণে প্রতিনিয়ত বায়ু দূষণ ঘটে চলেছে। বায়ু দূষণে দায়ী উপাদানগুলো নিম্নেরূপ:

১। সালফার ডাইঅক্সাইড $(CO_2)$
২। কার্বন মনোক্সাইড $(NO)$
৩। কার্বন ডাইঅক্সাইড $(H_2S)$
৪। নাইট্রিক অক্সাইড $(NH_3)$
৫। হাইড্রোজেন সালফাইড $(H_2S)$
৬। আমোনিয়া $(NH_3)$
৭। বিভিন্ন ধাতব কণা বা ধাতব অক্সাইড
৮। বিভিন্ন জৈব পদার্থ,
৯। ধূলিকণা, ছাই, ধোঁয়া প্রভৃতি।

**দূষক (Pollutant) :** কোনো পদার্থ পরিবেশে তার স্বাভাবিক প্রাকৃতিক প্রাচুর্য অপেক্ষা অধিক পরিমাণে উপস্থিত থেকে মনুষ্যজাতি অথবা অন্যান্য জীবের স্বাভাবিক জীবনযাত্রার ওপর বিরূপ প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করলে ঐ পদার্থটিকে দূষক বলা হয়। বায়ুতে সল্পমাত্রায় $(0.1\,\text{ppm})$ CO থাকে। কিন্তু এর পরিমাণ বেড়ে $(40\,\text{ppm})$ বা তার বেশি হলে এটি দূষক হিসেবে বিবেচিত হয়। দূষক দুই প্রকার - প্রাথমিক (প্রাইমারী) ও গৌণ (সেকেন্ডারী) দূষক।

**প্রাইমারী দূষক :** যেসব দূষক কোনো উৎস হতে নির্গত হয়ে সরাসরি অপরিবর্তিত অবস্থায় পরিবেশে আসে তাদের প্রাইমারী দূষক বলা হয়। যেমন- $SO_2$, CO, $CO_2$, $NO_x$ হাইড্রোকার্বনসমূহ, ছাই, ধূলিকণা ইত্যাদি।

**সেকেন্ডারী দূষক :** এই প্রকারের দূষক কোনো উৎস থেকে সরাসরি পরিবেশে আসে না। পরিবেশেস্থিত দূষকগুলির পারস্পরিক বিক্রিয়ায় বা প্রাথমিক দূষকের সঙ্গে পরিবেশের কোনো একটি উপাদানের বিক্রিয়ায় যেসব ক্ষতিকারক পদার্থ সৃষ্টি হয় তাদের গৌণ দূষক বলে। যেমন- পারঅক্সি অ্যাসাইল নাইট্রেট (PAN), ডাই মিথাইল মার্কারি $[(CH_3)_2Hg]$, $SO_3$, $NO_2$, $O_3$, $H_2SO_4$ ইত্যাদি।

কারিকুলাম অনুযায়ী এখানে শুধু শিল্পবর্জ্য নিয়ে আলোচনা করা হলো:

যে সব শিল্প হতে দূষক পদার্থ বায়ুতে মিশে যায়:

**১। তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র :** তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্র হতে $SO_2, CO, CO_2, NO_x$ এবং উত্তপ্ত ছাই পরিবেশে মিশে বায়ু দূষণ ঘটায়। এছাড়াও বিভিন্ন ধরণের অ্যারোসল কণা যেমন-কয়লা কণা, ধোঁয়া, ভূসা (ফ্লাই অ্যাস) বায়ু দূষণের জন্য দায়ী।

**২। অ্যাসিড উৎপাদনের কারখানা :** এ ধরণের শিল্প কারখানা হতে প্রতিনিয়ত $SO_2, NO_x, HCl, Cl_2$ প্রভৃতি বায়ুতে মিশে বায়ু দূষণ ঘটায়।

**৩। সার কারখানা :** এ ধরণের কারখানা থেকে $NH_3, CO_2, NO_x, SO_x$ প্রভৃতি বায়ুমন্ডলে যুক্ত হয়ে দূষণ ঘটায়।

**৪। ধাতু নিষ্কাশন শিল্প :** বিভিন্ন ধাতু নিষ্কাশন কারখানা হতে আকরিকে বিদ্যমান বিভিন্ন বিষাক্ত পদার্থ গ্যাস হিসাবে $(SO_2, AsO_3, Sb_2O_5, CO)$ এবং ধাতব অক্সাইড ও ধুলিকণা বায়ুতে মিশে বায়ু দূষণ ঘটায়।

**৫। পেট্রোলিয়াম শিল্প :** পেট্রোলিয়াম শোধনাগার হতে $SO_2, CO, NO_2, H_2S$ প্রভৃতি গ্যাস বায়ুতে মিশে বায়ু দূষণ ঘটায়। পেট্রোলিয়ামের বিভিন্ন উদ্বায়ী জৈব উপাদান $CH_4, C_2H_4$ প্রভৃতি বায়ুতে মিশে দূষণ ঘটায়।

**৬। সিমেন্ট ও আসবেষ্টস কারখানা :** এ ধরণের কারখানা থেকে বিভিন্ন সূক্ষ্ম ও স্থূল কণা বায়ু দূষণ ঘটায়।

**৭। খনিজ শিল্প :** খনি এলাকার ধুলাবালি ও বিভিন্ন উদ্বায়ী রাসায়নিক পদার্থ বায়ু দূষণ ঘটায়।

**৮। টেক্সটাইল ও কাগজ শিল্প :** এ ধরণের শিল্প হতে প্রতিনিয়ত $H_2S, SO_2, Cl_2$ এবং অন্যান্য রাসায়নিক দ্রব্য বায়ুতে মিশে বায়ু দূষণ ঘটায়। এসব শিল্পে $SO_2, Cl_2$ বিরঞ্জক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

| **শিক্ষার্থীর কাজ** | |
|---|---|
| শিল্পে গ্যাসীয় বর্জ্য $SO_2, NO_2$ এবং পেট্রোল, ডিজেল, কয়লার দহনে নির্গত $NO, NO_2, SO_2, SO_3$ ও $CO_2$ গ্যাসের ক্ষতিকর প্রভাব সম্পর্কে প্রতিবেদন তৈরি করন। যে বিষয় গুলি বিবেচনা বা পরিমাপ করবেন:<br>i. জলাশয়ে মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণি মরে যাওয়া<br>ii. ইটের ভাটায় কাঠ পোড়ানো<br>iii. ফসল কাটার পর খোলা মাঠে আবর্জনা পোড়ানো<br>iv. কৃষি জমিতে অতিরিক্ত ইউরিয়া, পটাস, টি.এস.পি সারের ব্যবহার<br>v. চামড়া শিল্পে চামড়া প্রক্রিয়াকরণে ব্যবহৃত কেমিক্যালস। | |

### গ্রীন হাউজ গ্যাস (Green house gases)

**গ্রীন হাউজ :** শীত প্রধান দেশে শীতকালে ফুল, ফল ও শাকসবজি উৎপাদনের উদ্দেশ্যে তাপ ও আর্দ্রতা নিয়ন্ত্রিত কাঁচের ঘর তৈরি করা হয়। একে গ্রীন হাউজ বলে। গ্রীন হাউজ আলো আসতে বাধা দেয় না। তবে তার তাপশক্তি খানিকটা কাঁচের আচ্ছাদনের ভিতর ধরে রাখে। এ ছাড়া এঘরে প্রয়োজনমত উত্তাপ ও আলো সরবরাহের ব্যবস্থা থাকে। ফলে প্রতিকূল পরিবেশেও ইচ্ছামত ফুল, ফল এবং সবুজ উদ্ভিদ উৎপাদন করা সম্ভব হয়। বর্তমানে মরুময় দেশে গ্রীন হাউজের সাহায্যে ফল, ফুল, সবজি ও সবুজ উদ্ভিদ উৎপাদিত হছে।

**গ্রিন হাউজ গ্যাস :** বায়ুমন্ডলে উপস্থিত যেসব গ্যাসীয় পদার্থের আবরন পৃথিবীকে আচ্ছাদনরূপে ঢেকে রেখে পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে বিকিরিত তাপকে মহাশূন্যে ফিরে যেতে বাধা দেয় এবং ভূ-পৃষ্ঠ ও তৎসংলগ্ন বায়ুমন্ডলকে উত্তপ্ত রাখে তাদেরকে গ্রীণ হাউজ গ্যাস বলে। $CO_2$ গ্যাসকে প্রধান গ্রিন হাউজ গ্যাস বলা হয়। এছাড়া জলীয়বাষ্প, মিথেন $(CH_4)$, নাইট্রাস আক্সাইড $(N_2O)$, ফ্রিয়ন বা ক্লোরো ফ্লোরো কার্বন $(CFC)$ ও ওজোন গ্যাস গ্রিন হাউজ প্রভাব সৃষ্টি করে থাকে। শেষের

গ্যাসগুলোর ঘনত্ব বায়ু মন্ডলে $CO_2$ গ্যাসের তুলনায় অনেক কম হলেও এদের IR রশ্মি শোষন ও বিকিরন ক্ষমতা $CO_2$ গ্যাসের তুলনায় অনেক বেশি। তাই গ্লোবাল ওয়ার্মিং এ এদের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য।

- **গ্রীন হাউজ গ্যাসের উৎস (Sources of green house gases)**

| গ্রীন হাউজ গ্যাস | গ্রীন হাউজ গ্যাসের উৎস |
|---|---|
| ১। কার্ব ডাইঅক্সাইড $(CO_2)$ | ১। অরণ্যে অগ্নিকান্ড, ২। তাপবিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র,<br>৩। পৌর প্রতিষ্ঠান, ৪। গৃহস্থ জ্বালানির দহন,<br>৫। পরিবহণ ব্যবস্থায় জ্বালানির দহন |
| ২। মিথেন $(CH_4)$ | ১। শস্য চাষাধীন জলাভূমি ও প্রাকৃতিক গ্যাস,<br>২। প্রাণি ও জলজ উদ্ভিদের পচন,<br>৩। গৃহপালিত পশুর বর্জ্য, |
| ৩। ওজোন $(O_3)$ | মোটর গাড়ির ইঞ্জিন, তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র ও বিভিন্ন শিল্পে জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের ফলে যে বিপুল পরিমাণ নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ তৈরি হয় সেগুলোর সংগে বায়ুমন্ডলে উপস্থিত হাইড্রোকার্বনসমূহ এবং অক্সিজেন বিক্রিয়া করে ওজোন সৃষ্টি করে। |
| ৪। ক্লোরোফ্লোরোকার্বন (CFC) | রেফ্রিজারেটর শিল্প |
| ৫। নাইট্রাস অক্সাইড $(N_2O)$ | ১। জীবাশ্ম জ্বালানির ব্যাপক দহন,<br>২। কলকারখানা ও মোটর গাড়ীর জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত খনিজ তেলের দহন। |

**গ্রীন হাউজ প্রভাব (Green house effect)**

গ্রীন হাউজ প্রভাবের ফলে বিশ্বে দুই ধরনের প্রতিক্রিয়া দেখা যায়। যথা, প্রতিকূল প্রতিক্রিয়া ও অনুকূল প্রতিক্রিয়া।

**ক) প্রতিকূল প্রভাবঃ ১। তাপমাত্রা বৃদ্ধিঃ** $CO_2, O_3$ জলীয় বাষ্প সমন্বিত বায়ুস্তর পৃথিবী পৃষ্ঠ থেকে অবলোহিত রশ্মি প্রতিফলিত হয়ে মহাশূন্যে বিকিরিত হতে দেয় না। এর ফলে ভূপৃষ্ঠের তাপমাত্রা বাড়ে। পরিসংখ্যান থেকে জানা যায়, বিগত শতাব্দীতে পৃথিবীতে তাপমাত্রার বৃদ্ধি ঘটেছে $0.3^{\circ}C$ থেকে $0.6^{\circ}C$ পর্যন্ত। 2030 সাল নাগাদ পৃথিবীর তাপমাত্রা $1.5^{\circ}C - 4.5^{\circ}C$ বৃদ্ধি পাবে এবং তা 2050 সালে $6^{\circ}C$ পর্যন্ত বৃদ্ধি পেতে পারে। এভাবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেতে থাকলে খাদ্য উৎপাদনের ক্ষেত্রে তা হুমকিস্বরূপ হবে।

**২। সমুদ্রের জলতলের উচ্চতা বৃদ্ধি :** গ্রীন হাউজ প্রভাবের ফলে ভূপৃষ্ঠের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেতে থাকলে মেরু অঞ্চলের বরফ বেশিমাত্রায় গলবে এবং এর ফলে সমূদ্রের পানির তলের উচ্চতা বৃদ্ধি পাবে।

বর্তমানে যে হারে সমুদ্রের পানির উচ্চতা বেড়ে চলেছে তাতে আগামী কয়েক দশকের মধ্যে বাংলাদেশের সুন্দরবন অঞ্চল, নেদারল্যান্ড, মিশর, মার্শাল দ্বীপপুঞ্জ অঞ্চলের কিছু অংশ সমুদ্রগর্ভে চলে যাবে।

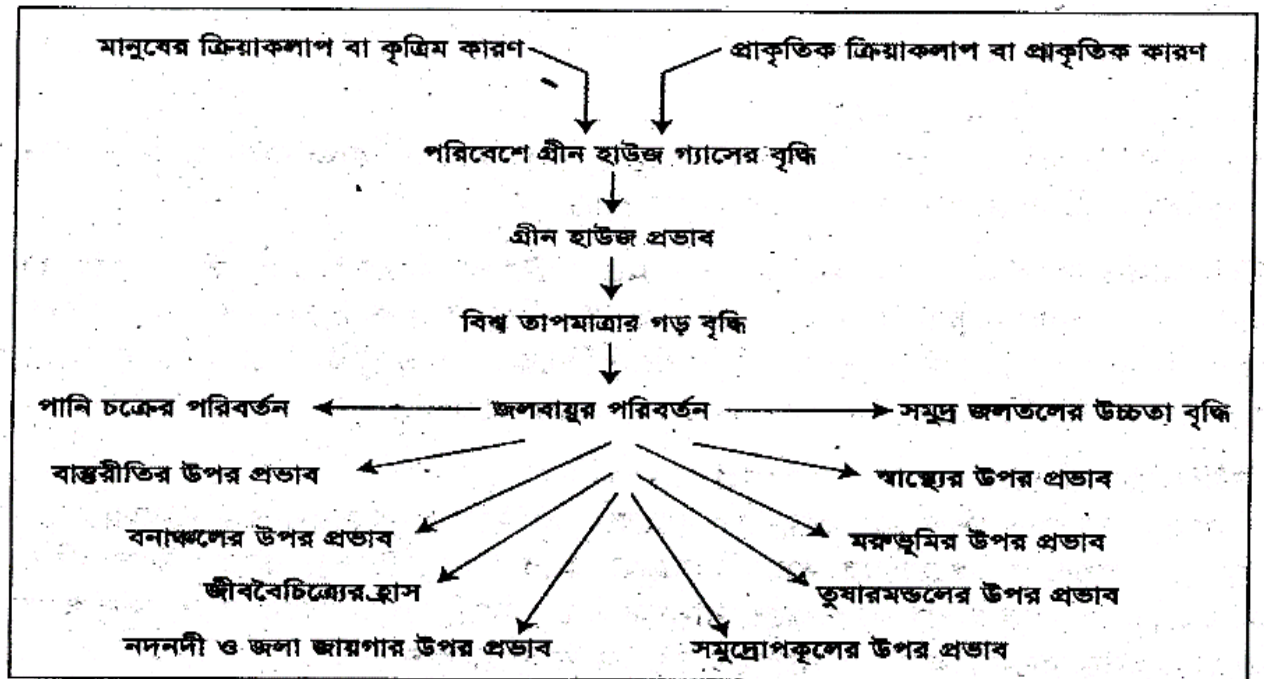
**৩। পানি চক্রের পরিবর্তন:** গ্রীন হাউজ প্রভাবে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে সমুদ্র, বায়ুমন্ডল এবং ভূপৃষ্ঠের মধ্যে যে পানি চক্র আছে তার পরিবর্তন ঘটবে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে অধিক পরিমাণ পানি বাষ্পীভূত হবে এবং বিভিন্ন অঞ্চলের মৃত্তিকা একেবারে শুষ্ক হয়ে পড়বে। গ্রীষ্মকালে গরমের পরিমাণ অধিক হবে। আবার বর্ষাকালে অতিবৃষ্টির ফলে বন্যা হবে।

**৪। জনস্বাস্থ্যের উপর বিরূপ প্রভাব :** গ্রীন হাউজ প্রভাবের ফলে তাপমাত্রা এমনভাবে বৃদ্ধি পাবে যে, রাত ও দিনের তাপমাত্রার মধ্যে তেমন কোন পার্থক্য থাকবে না। ফলে মানুষের স্বাস্থ্যের উপরে এর খুবই ক্ষতিকর প্রভাব পড়বে। বিভিন্ন প্রকার রোগ, যেমন ম্যালেরিয়া, ডেঙ্গু, পীত জ্বর, এনকেফীলাইটিস প্রভৃতির প্রাদুর্ভাব বাড়বে। বহু মানুষ হাঁপানি, অ্যালার্জি প্রভৃতি রোগের শিকার হবে।

**৫। বনাঞ্চলের উপর বিরূপ প্রভাব :** গ্রীন হাউজ প্রভাবের ফলে পুরোন দিনের বহু বনাঞ্চল ধ্বংস হবে এবং কিছু কিছু নতুন ধরনের উদ্ভিদের জন্ম হবে।

**৬। জীববৈচিত্র্যের উপর বিরূপ প্রভাব :** গ্রীন হাউজ প্রভাবের ফলে বিভিন্ন ধরনের প্রাণি এবং উদ্ভিদের যথেষ্ট ক্ষতি হয়। কারণ বিভিন্ন প্রজাতির প্রাণি ও উদ্ভিদ বিভিন্ন তাপমাত্রায় জীবনধারণ করে। তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটলে ঐ সমস্ত উদ্ভিদ ও প্রাণি ধ্বংস হয়ে যাবে। ফলে পৃথিবীর জীববৈচিত্র্য হ্রাস পাবে।

নিচে প্রবাহ চিত্র আকারে গ্রীন হাউজ প্রভাব দেখানো হলো ঃ




চিত্র : গ্রীন হাউজ প্রভাব

**খ) অনুকূল প্রভাব :** গ্রীন হাউজ প্রভাব পৃথিবীর কয়েকটি দেশের জন্য সুফল বয়ে আনবে। যেমন চীন, ভারত, আফ্রিকা, অষ্ট্রেলিয়া এবং মধ্যপ্রাচ্যের শুষ্কতম এলাকাগুলিতে বৃষ্টিপাত হবে। সাবেক সোভিয়েত ইউনিয়নের সাইবেরিয়া এবং কানাডার উত্তরাঞ্চলের বিভিন্ন এলাকার বরফ গলতে শুরু করবে। ফলে এসব দেশের বর্তমানে মেরু বা বরফাচ্ছাদিত এলাকার এক অংশ চাষাবাদ ও বসবাসের যোগ্য হয়ে উঠবে।

**CFC গ্যাসের ব্যবহার এবং বিকল্প :**

মিথেন ও ইথেন ($CH_4$ ও $C_2H_6$), এর ক্লোরো ফ্লোরো উদ্ভূত যৌগসমূহকে ক্লোরো ফ্লোরো কার্বন বা সংক্ষেপে CFC বলে। CFC গ্যাসের বানিজ্যিক নাম ফ্রিয়ন। এদের মধ্যে ফ্রিয়ন-11($CCl_3F$), ফ্রিয়ন-12($CCl_2F_2$), এবং ফ্রিয়ন- 114 ($CClF_2$-$CClF_2$) উল্লেখযোগ্য। CFC গ্যাস সমূহ অত্যন্ত সুস্থিত, অদাহ্য, গন্ধহীন, বিষাক্ত ও পানিতে অদ্রবণীয়।

- **CFC এর ব্যবহার :**

১। কীটনাশক ও পোকামাকড় দমনের জন্য বিষাক্ত দ্রবণ তৈরিতে দ্রাবক হিসাবে CFC ব্যবহার করা হয়।

২। শ্বাস-প্রশ্বাসের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত ইনহেলার, মেডিক্যাল স্প্রে-প্রভৃতি ক্ষেত্রে CFC ব্যবহার করা হয়।

৩। সার্জিক্যাল যন্ত্রপাতি পরিষ্কার করার কাজে CFC ব্যবহার করা হয়।

৪। CFC এর ফুটনাংক কম হওয়ায় বিভিন্ন ধরণের রেফ্রিজারেশন এবং শীতাতাপ নিয়ন্ত্রন ব্যবস্থায় ব্যবহার করা হয়।

৫। অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে CFC যৌগের ব্যবহার রয়েছে।

**CFC গ্যাসের বিকল্প :**

ওজোন স্তরকে ধ্বংসকারী মানুষ্য উৎপাদিত গ্যাসের নাম CFC । দু'ধরনের CFC সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। এগুলো হলো CFC-11($CFCl_3$), ও CFC-12($CF_2Cl_2$), এছাড়াও ফ্রিয়ন-114($CClF_2-CClF_2$) / এবং ফ্রেয়ন-114($CClF_2-CClF_2$) $CFC-113(CHCl_2-CF_3), CFC-141(CH_3-CCl_2F)$ ওজোন স্তরকে ক্ষয়করে থাকে। ওজোন স্তর ক্ষয়রোধে CFC এর বিকল্প হিসাবে হাইড্রো হ্যালোআলকেন জাতীয় যৌগ ব্যবহারের প্রস্তাব করা হচ্ছে। এদের মাধ্য হাইড্রোক্লোরো ফ্লোরো কার্বন অথবা হাইড্রোফ্লোরো কার্বনস অন্যতম, এ ধরণের যৌগগুলোর মধ্যে $HCFC-22(CHClF_2) HCFC-142(CH_3-CClF_2), HCFC-134=(ClCHF-CF_3)$

এবং HFCF-152 ($ClCH_2$-$CHF_2$) বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

উল্লেখিত সকল যৌগে কমপক্ষে একটি করে $H-C$ বন্ধন আছে যা ট্রপোস্ফিয়ারে OH মূলকের প্রতি খুবই সংবেদনশীল হওয়ার কারণে স্ট্রাটোস্ফিয়ারে গিয়ে ওজোন ধ্বংস করার মত Cl পরমাণু উৎপাদন করতে পারেনা। তবে CFC এর বিকল্প HCFC এর উৎপাদন খরচ বেশি। কিন্তু CFC গ্যাসের জীবনকাল সেখানে প্রায় 100 বছর যেখানে HCFC এর জীবন কাল মাত্র $2-10$ বছর। এ কারণেই CFC এর বিকল্প হিসাবে HCFC ব্যবহার করা হলে পরিবেশ যথেষ্ট সুরক্ষিত হবে।

**ওজন স্তরের সৃষ্টি :** ভূ-পৃষ্ঠ থেকে $12-50$ কিলোমিটার পর্যন্ত স্ট্রাটোস্ফিয়ার অঞ্চলে বিস্তৃত এলাকা জুড়ে ওজোন স্তর বিদ্যমান। সূর্যালোক থেকে আগত ক্ষতিকর অতিবেগুনি (UV) রশ্মির প্রভাবে ওজোন স্তরে ওজোন ও অক্সিজেন গতিশীল সাম্যাবস্থায় ($3O_2 \overset{UV}{\rightleftharpoons} 2O_3$) থাকে। ওজোন স্তরের গভীরতা মাপার একক হল ডবসন (DU)। প্রমাণ বায়ুচাপে ($0.01nm$) পুরু ওজন স্তর = 1 DU। অক্ষত অবস্থায় ওজোন স্তরে ওজোন ও অক্সিজেনের ঘনত্ব স্থির ছিল। কিন্তু মনুষ্য সৃষ্ট বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ বিশেষ করে বিভিন্ন ধরণের CFC অণু ওজোনস্তর ধ্বংসে অগ্রনী ভূমিকা পালন করছে।

**CFC-র প্রভাবে ওজোন স্তর ক্ষয় :** (Depletion ofozone Layer by CFC)

মানুষের তৈরি CFC গ্যাস ওজোন স্তরের ক্ষয় সাধন করে। প্রথমে $CFCl_3$ (ফ্রিয়ন-11) ও $CF_2Cl_2$ (ফ্রিয়ন-12) UV (Ultraviolet) রশ্মির প্রভাবে বিয়োজিত হয়ে ক্লোরিন মুক্ত র‍্যাডিক্যাল তৈরি করে। এটি $O_3$ এর সাথে বিক্রিয়া করে ক্লোরিন অক্সাইড মুক্ত র‍্যাডিক্যাল ও অক্সিজেন মুক্ত র‍্যাডিক্যাল সৃষ্টি করে। পরিশেষে ক্লোরিন অক্সাইড মুক্ত র‍্যাডিক্যাল $O_3$ এর সাথে বিক্রিয়া করে ক্লোরিন ডাইঅক্সাইড ও অক্সিজেন তৈরি করে। বিক্রিয়াটি একটি চেইন বিক্রিয়া। এই চেইন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ওজোন স্তর ক্ষয় হতে থাকে।

$CFCl_3 \overset{UV}{\rightarrow} CFCl_2 + Cl.$

$CF_2Cl_2 \overset{UV}{\rightarrow} CFCl_2 + Cl.$

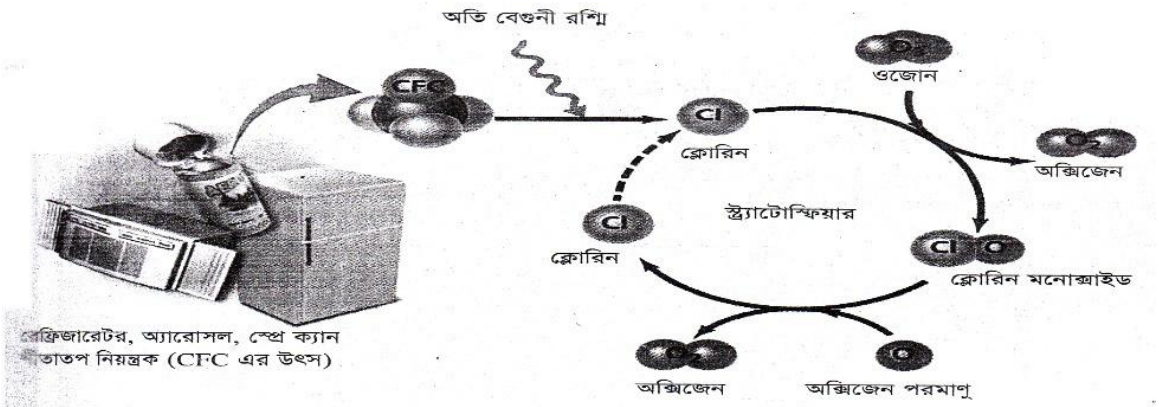
$Cl. + O_3 \rightarrow ClO. + O_2$

এবং $O_2 \overset{UV}{\rightarrow} 2O.$

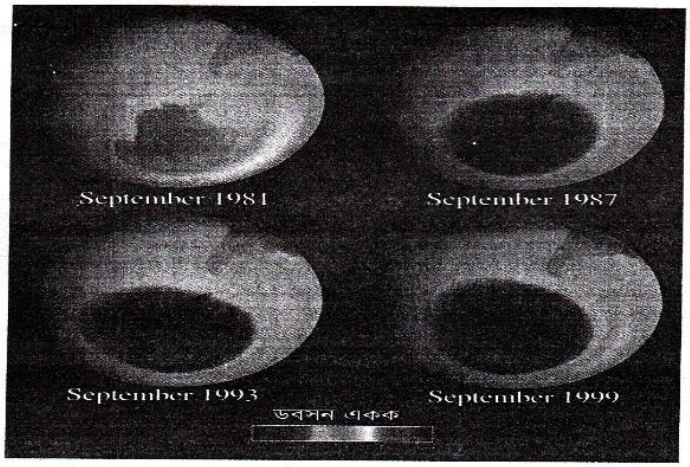
$ClO. + O. \rightarrow Cl. + O_2$

$ClO. + O_3 \rightarrow ClO_2 + O_2$

CFC হতে নির্গত প্রতিটি ক্লোরিন পরামাণু প্রভাবক হিসাবে কাজ করে এবং তা স্ট্রাটোস্ফিয়ার থেকে বেরিয়ে যাবার আগে $O_3$ এর এক লাখ অণু ভেঙ্গে দিতে পারে।




চিত্র : ওজোন স্তরের ক্ষয়




চিত্র : ১৯৯১ থেকে ১৯৯৯ পর্যন্ত ওজোন স্তরের ক্ষয়ের মাত্রা

চিত্র: ওজোন স্তর ক্ষয়করণ

**ওজোন স্তর ক্ষয়ের প্রভাব :**

**মানুষের উপর প্রভাব :** ওজোনস্তর ক্ষয় বা ধ্বংস প্রাপ্ত হলে UV রশ্মি সরাসরি পৃথিবীতে চলে আসবে। এতে মানুষের ত্বকে ক্যান্সার ও চোখে অসময়ে ছানি পড়বে। স্কিন ক্যান্সারের জন্য UV রশ্মি অনেকাংশে দায়ী। এ রশ্মির প্রভাবে মানুষের স্বাভাবিক রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা হ্রাস, শ্বাসনালীর প্রদাহ, ব্রনকাইটিস ও ফুসফুসের বিভিন্ন রোগ হয়।

**উদ্ভিদ ও জীব জন্তুর উপর প্রভাব :** UV রশ্মির প্রভাবে সালোকসংশ্লেষণ ব্যাহত হয়। এতে উদ্ভিদের খাদ্য উৎপাদন হ্রাস পায়। UV রশ্মির প্রভাবে ফাইটোপ্লাঙ্কটনের উৎপাদন হ্রাস পায়। ফলে মাছসহ যে সব জীব এদের খেয়ে বেঁচে থাকতে পারে তাদের উৎপাদন হ্রাস পাবে। খাদ্য শস্যে তেজস্ক্রিয়তা দেখা দিবে। এর প্রভাবে ফল ও বীজের উৎকর্ষতা হ্রাস পাবে।

**জলবায়ুর প্রভাব :** বায়ুমন্ডলে স্ট্রাটোস্ফিয়ার অঞ্চলে ওজোন স্তর বিলুপ্ত হলে UV রশ্মি সরাসরি পৃথিবীতে আসবে, এতে পৃথিবীর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে। মেরু অঞ্চলের বরফ গলন বৃদ্ধি পাবে এবং সমুদ্র পৃষ্ঠের উচ্চতা বাড়ায় পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলের নিম্নভূমি পানির নিচে ডুবে যাবে।

| **শিক্ষার্থীর কাজ** | |
|---|---|
| ১. CFC−141, CFC−115, CFC−111 এর রাসায়নিক সংকেত লিখুন। | |

২. $[CHClF-CHClF, CH_2Cl-CClF_2, CH_3-CHClF, CClF_2-CCl_2F]$ যৌগগুলোর নাম লিখুন।

৩. ওজোন স্তর ক্ষয় এবং গ্রীন হাউজ প্রভাবের ফলে আপনার এলাকায় যে প্রাকৃতিক বিপর্যয় হচ্ছে তার উপর একটি প্রতিবেদন তৈরি করে শ্রেণি শিক্ষকের নিকট জমা দিন।

## সার-সংক্ষেপ :

- কোনো পদার্থ পরিবেশে তার স্বাভাবিক প্রাকৃতিক প্রাচুর্য অপেক্ষা অধিক পরিমাণে উপস্থিত থেকে মানুষ্যজাতি অথবা অন্যান্য জীবের স্বাভাবিক জীবন যাত্রার উপর বিরূপ প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করলে ঐ পদার্থটিকে দূষক বলা হয়।
- দূষক দুই প্রকার: প্রাথমিক (প্রাইমারী) ও গৌন (সেকেন্ডারী) দূষক।
- শীত প্রধান দেশে শীত কালে ফুল, ফল ও শাকসবজি উৎপাদনের উদ্দেশ্যে তাপ ও আর্দ্রতা নিয়ন্ত্রিত কাঁচের ঘর তৈরি করা হয় একে গ্রীন হাউজ বলে।
- বায়ু মন্ডলে উপস্থিত যে সব গ্যাসীয় পদার্থের আবরন পৃথিবীকে আচ্ছাদনরূপে ঢেকে রেখে পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে বিকিরিত তাপকে মাহশূন্যে ফিরে যেতে বাধা দেয় এবং ভূ-পৃষ্ঠ ও তৎসংলগ্ন বায়ুমন্ডলকে উত্তপ্ত রাখে তাদেরকে গ্রীন হাউস গ্যাস বলে।
- গ্রিন হাউজ গ্যাস হল কার্বন ডাইঅক্সাইড $CO_2$, মিথেন $CH_4$, ওজোন $O_3$, ক্লোরো ফ্লোরো কার্বন (CFC), নাইট্রাস অক্সাইড $(N_2O)$
- গ্রিন হাউজ প্রভাবের ফলে বিশ্বে দুই ধরণের প্রতিক্রিয়া দেখা যায়। যথা, প্রতিকূল প্রতিক্রিয়া, ও অনুকূল প্রতিক্রিয়া।
- ওজোন স্তরের গভীরতা মাপার একক হল ডবসন (DU)

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৫

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন**

১। গ্রীন হাউজ গ্যাসগুলোর মধ্যে নিম্নের কোনটি বায়ুমন্ডলে সবচেয়ে বেশি থাকে ?

ক) $CH_4$ খ) $CO_2$ গ) $O_3$ ঘ) CFC

২। পৃথিবী পৃষ্ঠ হতে UV রশ্মি প্রতিফলিত হয়ে মহাশূন্যে তাপ বিকিরিত হতে বাঁধা দেয়া কোনটি ?

ক) $CH_4$ খ) $O_2$ গ) $NO_2$ ঘ) $CH_2Cl_2$

৩। গ্রীন হাউজ প্রভাবে কোন গ্যাস অধিকতর দায়ী ?

ক) CFC খ) $CH_4$ গ) $CO_2$ ঘ) $H_2O(g)$

৪। কোনগুলো গ্রীন হাউজ গ্যাস, যা বায়ুমন্ডলের তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দায়ী ?

ক) $CH_4$ , $O_2$ , CFC খ) CFC, $N_2$, $CO_2$

গ) $N_2O$, CFC, $CH_4$ $CO_2$ ঘ) $O_2$ , $N_2$, $O_2$ , $CH_4$

৫। ফ্রিয়ন-১১ কোনটি ?

ক) $CF_2Cl_2$ খ) $CFClF_2$ গ) $CClF_2-CClF_2$ ঘ) $CFCl_3$

৬। কোনটি প্রাইমারী দূষক ?

ক) PAN খ) $O_3$ গ) $H_2SO_4$ ঘ) $H_2S$

৭। ওজোন স্তর ক্ষয় সাধনের জন্য প্রধান যৌগ কোনটি ?

ক) CO খ) CFC গ) NO ঘ) $CH_4$

৮। ফ্রিয়ন-১১ কোনটি ?

ক) $CF_2Cl_2$ খ) $CF_3Cl$ গ) $CHF_2Cl$ ঘ) $CHFCl_2$

৯। $CFC-13$ এর সংকেত কোনটি ?

ক) CHClF খ) $CF_2Cl_2$ গ) $CF_3Cl$ ঘ) $CFCl_3$

১০। গ্রীন হাউজ গ্যাস কোনটি ?

i) $CO_2$ ii) $CH_4$ iii) $N_2O$

নিচের কোনটি সঠিক ?

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

১১। কোন দূষকের উপস্থিতিতে উদ্ভিদের সংশ্লেষনের ব্যাঘাট ঘটে এবং ক্লোরোসিসের উদ্ভব হয় ?

ক) $H_2S$ গ্যাস খ) $SO_2$ গ) CFC ঘ) ওজোন

১২। নিচের কোনটি প্রাথমিক বায়ু দূষক নয় ?

ক) $NH_3$ খ) $H_2S$ গ) CO ঘ) $H_2SO_4$

১৩। সূর্যের আলো থেকে UV রশ্মি শোষন করে কোন অঞ্চল ?

ক) ট্রপোস্ফিয়ার খ) স্ট্রাটোস্ফিয়ার গ) মেসোস্ফিয়ার ঘ) থার্মোস্ফিয়ার

# পাঠ-৬.৬ অ্যাসিড বৃষ্টি (Acid rain)

**উদ্দেশ্য**

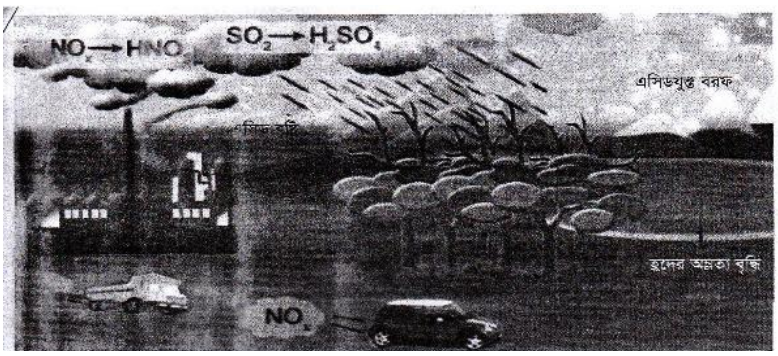
**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- অ্যাসিড বৃষ্টির কারণ শনাক্ত করতে এবং প্রতিকার ব্যাখ্যা করতে পারবে।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | অ্যাসিড বৃষ্টি, অম্লত্ব, সৌর শক্তি, ফ্লু গ্যাস, pH, ফাইটোপ্লাঙ্কটন, জিয়োপ্লাঙ্কটন, ফসিল ফুয়েল, ফ্লুগ্যাস ডিসালফারাইজেশন (FGD). |

**অ্যাসিড বৃষ্টি (Acid rain)**

বায়ুমন্ডলে যদি কোন কারণে কার্বন, নাইট্রোজেন ও সালফারের অক্সাইডের আধিক্য দেখা দেয় তখন বৃষ্টির পানি বা শিশিরের সঙ্গে এসব গ্যাস মিশে বৃষ্টির পানি বা শিশিরের অম্লত্ব বৃদ্ধি পায়। অ্যাসিড বৃষ্টির জন্য দায়ী বায়ুতে উপস্থিত $NO_x$ও $SO_2$ গ্যাসের তীব্র দূষণ। $S$ এবং $N$ এর বিভিন্ন অক্সাইড বায়ুতে উপস্থিত বিক্রিয়ক, প্রভাবক ও সৌর শক্তির প্রভাবে $O_2$ এবং $H_2O$ এর সাথে বিক্রিয়া করে যথাক্রমে $H_2SO_4$ এবং $HNO_3$ গঠন করে। $H_2SO_4$ এবং $HNO_3$ মিশ্রিত পানি যখন বৃষ্টি আকারে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় তখন তাকে আমরা অ্যাসিড বৃষ্টি বলি। অ্যাসিড বৃষ্টিতে সব থেকে বেশি ভূমিকা রাখে $H_2SO_4$ (60-65%)। তারপর $HNO_3(30-35)\%$ সবচেয়ে কম ভূমিকা রাখে $HCl$. অ্যাসিড বৃষ্টির ক্ষেত্রে pH এর মান 7 এর চেয়ে কমে সাধারণত 5.6 থেকে 3.5 এর মধ্যে হয়।




অ্যাসিড বৃষ্টি


অ্যাসিড বৃষ্টির প্রভাব

### অ্যাসিড বৃষ্টির কারণ (Causes of acid rain)

শিল্পপ্রধান অঞ্চলে বড় বড় শিল্প কলকারখানা থাকে। ঐ সব কলকারখানায় কয়লা, রাবার ও সালফাইড আকরিক পোড়ালে তা বায়ুস্থ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে $SO_2$ উৎপন্ন করে। রাসায়নিক কারখানাগুলিতে $H_2SO_4$ ব্যবহৃত হয়। এর কিছু অংশ বাষ্পরূপে বায়ুতে মিশে যায়। ঝড়-বৃষ্টির সময় বিদ্যুৎ ক্ষরণে বায়ুর $N_2$ ও $O_2$ যুক্ত হয়ে $NO_2$ উৎপন্ন করে। মাটিতে ব্যবহৃত বিভিন্ন নাইট্রোজেন ঘটিত সার যেমন ইউরিয়া প্রভৃতি জারিত হয়ে $NO_2$ গ্যাসে পরিণত হয়। বায়ুতে $NO_2, SO_2$ ও $H_2SO_4$ বাষ্প প্রভৃতি বায়ুর জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যাসিড বৃষ্টি সৃষ্টি করে।

$$SO_2,(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_3(aq)$$

$$SO_3,(g) + H_2O(\ell) \longrightarrow H_2SO_4(aq)$$

$$NO_2,(g) + O_2 + H_2O(\ell) \longrightarrow 2HNO_3(aq)$$

### অ্যাসিড বৃষ্টির প্রভাব (Effect of acid rain)

**মাটি ও উদ্ভিদের উপর প্রভাব :** অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে মাটির pH কমে যায়। এতে মাটিতে বসবাসরত অনুজীবগুলো মরে যায়, ফলে মাটির উর্বরতা ব্যাপকভাবে হ্রাস পায়। অ্যাসিড বৃষ্টির প্রভাবে মাটির বিভিন্ন ধাতু এবং ধাতব লবণগুলোর দ্রবণীয়তার পরিবর্তন ঘটে; এতে উদ্ভিদ তার প্রয়োজনীয় পুষ্টি উপাদান মাটি থেকে সঠিকভাবে গ্রহণ করতে পারে না। যে কারণে গাছের পাতা ঝলসে ও কুঁকড়ে যায়, সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া ব্যহত হয় এবং গাছের বৃদ্ধি ও রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা কমে যায়। উল্লেখ্য, মাটির pH এর মান 3 অপেক্ষা কম হলে সেখানে আর ফসল উৎপাদন সম্ভব হয় না।

**জলজ জীবের উপর প্রভাব :** অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে পানির pH হ্রাস পাওয়ায় মাছের খাবার ফাইটোপ্লাঙ্কটন ও জিয়োপ্লাঙ্কটন উৎপাদন হ্রাস পায়, মাছের প্রজনন ও ডিম উৎপাদন কমে যায়। জলাধারের পানির অম্লত্ব খুব বেশি হলে পানিতে $Al_2(SO_4)_3$ সৃষ্টি হয়। কারণ, $H_2SO_4$ জলাধারের মাটির অদ্রবণীয় ক্ষারকীয় উপাদান $(Al_2O_3)$ এর সাথে বিক্রিয়া করে $Al^{3+}$ সৃষ্টি করে। জলাশয়ের $Al^{3+}$ মাছের শ্বাসতন্ত্র আক্রমণ করে। ফলে মাছ অক্সিজেন স্বল্পতার কারণে মারা যায়। এক কথায় অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে জলমন্ডলের ইকোসিস্টেম চরমভাবে ব্যাহত হয়।

**স্থাপত্য ও ইমারতের উপর প্রভাব :** অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে বিভিন্ন ঐতিহাসিক স্থাপনা, মারবেল পাথর নির্মিত বিল্ডিং, স্মৃতি সৌধ, ভাস্কর্য, ধাতব সেতু প্রভৃতি ব্যাপকভাবে ক্ষতিগ্রস্থ হয়। কারণ পাথর ও ধাতব পদার্থের সাথে অ্যাসিড বিক্রিয়া করে এদের ক্ষয় সাধন করে থাকে।

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

$$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2 \uparrow$$

**মানুষের উপর প্রভাব :** অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে বিভিন্ন ধাতব পদার্থ পানিতে মিশে যায় এবং এগুলো পানির মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করে মানুষের স্বাস্থ্যহানি ঘটায়। অ্যাসিড বৃষ্টি মানুষের চুল ও ত্বকের ক্ষতি করে। তাছাড়া $H_2SO_4$ এবং $HNO_3$ মিশ্রিত পানি গ্রহণ করলে মানুষের শ্বাসযন্ত্র, স্নায়ুতন্ত্র ও পরিপাক ক্রিয়া দারুন ভাবে ব্যাহত হয়।

### অ্যাসিড বৃষ্টির প্রতিকার (Prevention or remedy of acid rain) :

১। শিল্প কারখানার চিমনি দিয়ে নির্গত গ্যাস বা ফ্লু গ্যাস (flue gas) থেকে ক্ষতিকারক $SO_2$ গ্যাসকে ক্ষারকীয় পরিবেশে শোষণ করানো যায়। একে ফ্লু গ্যাস ডিসালফারাইজেশন বা FGD প্লান্ট বলে। FGD প্লান্টে চুনাপাথর ও চুনের পানির মিশ্রণে ফ্লু গ্যাস চালনা করে ক্ষতিকারক $SO_2$ শোষণ করানো যায়। সুতরাং মিল কলকারখানার বর্জ্য গ্যাস বাতাসে সরাসরি ছেড়ে না দিয়ে FGD প্লান্ট ব্যবহার করা উচিত। শোষণ বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ :

$$CaCO_3(s) + SO_2(g) \longrightarrow CaSO_4 + CO_2(g)$$

$$CaO(s) + SO_2(g) \longrightarrow CaSO_3(s)$$

$$2CaSO_3(s) + O_2(g) + 4H_2O(\ell) \longrightarrow 2(CaSO_4 2H_2O)$$

২। অ্যাসিড বৃষ্টির প্রতিকারের জন্য কয়লা পোড়ানো, গাছ ও সালফার ঘটিত যৌগ পোড়ানো বন্ধ করতে হবে।

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. অ্যাসিড বৃষ্টি ও এর প্রতিকার বিষয়ে পড়ার পর আপনার অনুধাবনের ভিত্তিতে কোন কোন এলাকায় অ্যাসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা রয়েছে তা কারণ সহ রিপোর্ট তৈরি করুন। আপনার তৈরি রিপোর্ট নিয়ে সহকর্মীদের সাথে তথ্য বিনিময় করুন।

সালফারযুক্ত ফসিল ফুয়েল + $O_2 \rightarrow CO_2 + A + H_2O\ N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{বিদ্যুৎফরন}} B$

১. অ্যাসিড বৃষ্টি সৃষ্টিতে A ও B এর মধ্যে কোনটি মূখ্য ভূমিকা পালন করে ? সমীকরন সহ ব্যাখ্যা করুন।

২. উদ্দীপকের B প্রকৃতির আশীর্বাদ এবং অভিশাপ দুটোতেই ভূমিকা রাখতে পারে ব্যাখ্যা করুন।

৩. বিখ্যাত আগ্রার তাজমহল অ্যাসিড বৃষ্টিতে কেন ক্ষতিগ্রস্থ হয়েছে যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করুন।

**শিক্ষার্থীর কাজ** কোন এলাকায় অ্যাসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা বিশ্লেষণ। বর্ষাকালে শিল্পাঞ্চলের $3-4\ km$ এর মধ্যে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করতে হবে।

১। পরীক্ষার জন্য কমপক্ষে ৫টি বড় বিকার $(1000\ mL)$ ভালভাবে পরিষ্কার করুন। পরিষ্কারের জন্য পরিষ্কারক মিশ্রণ $(Na_2Cr_2O_7 + H_2SO_4)$ ও পাতিত পানি ব্যবহার করুন। এরপর বিকারগুলি শুকান।

২। বৃষ্টি শুরু হবার আগে বা শুরুর সঙ্গে সঙ্গে $5-10\ m$ দূরত্বে পর পর বিকারগুলি মাটি থেকে একটু উচু জায়গায় রাখুন।

৩। $2-3$ মিনিট পর বিকারগুলো সরিয়ে আনুন।

৪। এবার প্রাথমিকভাবে বিকারের বৃষ্টির পানি নীল লিটমাস কাগজ দ্বারা পরীক্ষা করুন। যদি নীল লিটমাস কাগজ লাল বর্ণে পরিণত হয় তবে বুঝতে হবে বৃষ্টির পানি অম্লীয় (acidic)।

৫। ৪নং পরীক্ষা ইতিবাচক হলে এই অঞ্চলে অ্যাসিড বৃষ্টির সম্ভাবনা আছে ধরা হয়।

৬। pH মিটার দ্বারা বৃষ্টির পানির সঠিক pH নির্ণয় করে এই পানির অম্লত্ব নিশ্চিত করুন।

[**দ্রষ্টব্যঃ** বৃষ্টির পানির pH 4.5 এর নিচের হলে তা অম্লীয় হবে এবং অ্যাসিড বৃষ্টি হিসেবে গণ্য হবে। সাধারণ বৃষ্টির পানি সামান্য অম্লীয় (pH =5.6 - 6.7)। কারণ বায়ুমন্ডলে স্বাভাবিক মাত্রায় $CO_2$ থাকে।]

**সার-সংক্ষেপ :**

- $H_2SO_4$ ও $HNO_3$ মিশ্রিত পানি যখন বৃষ্টির আকারে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় তখন তাকে আমরা অ্যাসিড বৃষ্টি বলি।
- অ্যাসিড বৃষ্টির ক্ষেত্রে pH এর মান 7 এর চেয়ে কম সাধারণত: 5.5 থেকে 3.5 এর মধ্যে হয়।
- বায়ুতে $NO_2$, $SO_2$ ও $H_2SO_4$ বাষ্প প্রভৃতি বায়ুর জলীয় বাষ্পের জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড বৃষ্টি সৃষ্টি করে।
- অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে মাটির pH কমে যায় এবং পানির pH হ্রাস পায়।
- অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে বিভিন্ন ঐতিহাসিক স্থাপনা, মারবেল পাথর নির্মিত বিল্ডিং, স্মৃতিসৌধ, ভাস্কর্য, ধাতব সেতু প্রভৃতি ব্যাপকভাবে ক্ষতিগ্রস্থ হয়।
- অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে বিভিন্ন ধাতব পদার্থ পানিতে মিশে যায় এবং এগুলো পানির মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করে মানুষের স্বাস্থ্য হানি ঘটায়।
- অ্যাসিড বৃষ্টির প্রতিকারের জন্য কয়লা পোড়ানো, গাছ ও সালফার ঘটিত যৌগ পোড়ানো বন্ধ করতে হবে।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) টিহ্ন দিন

১। অ্যাসিড বৃষ্টির জন্য নিচের কোনটি অধিক দায়ী?

ক) NO খ) $NO_2$ গ) $SO_2$ ঘ) $SO_3$

২। অ্যাসিড বৃষ্টির কারণে জলাশয়ের পানিতে নিচের কোন আয়ন সৃষ্টি হয় যা মাছের মৃত্যুর প্রধান কারণ?

ক) $Al^{3+}$ খ) $Fe^{2+}$ গ) $Fe^{3+}$ গ) $ea^{2+}$

৩। অ্যাসিড বৃষ্টির pH মান-

ক) $2.5-3.0$ খ) $3.0-3.5$ গ) $5.5-7.5$ ঘ) $3.5-5.5$

৪। ফ্লু গ্যাস হলো

i) $CO_2$ ii) $NO_2$ iii) $SO_2$

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৫। অ্যাসিড বৃষ্টি হ্রাসের উপায়-

i $SO_x$, $NO_x$ কে ফিল্টার করে পৃথক করতে হবে।

ii চিমনীর মুখে ক্ষারকীয় উপাদানের প্রজেক্ট স্থাপন করতে হবে।

iii বায়ুশক্তি ফুয়েল সেলের ব্যবহার বাড়াতে হবে।

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৬। বাংলাদেশ ভৌ-গোলিক কারণেই অত্যন্ত ঝুঁকিপূর্ণ সংবেদনশীল অঞ্চলে অবস্থিত। সমুদ্রের কাছাকাছি হওয়ায় প্রায়ই দেশের দক্ষিনাঞ্চল প্লাবিত হয়। তবে নিকট ভবিষ্যতে দেশের দক্ষিনাঞ্চলের অনেকাংশ স্থায়ীভাবে নিমজ্জিত হওয়ার একটি যৌক্তিক কারণ হতে পারে-

i বিশ্বের উন্নত দেশগুলোর নিয়ন্ত্রনহীন সিএফসির ব্যবহার

ii মাটিতে নাইট্রোজেনের ফিক্সেশনের জন্য ভূমিক্ষয়

iii দেশে অ্যাসিড বৃষ্টির মাত্রা বৃদ্ধিকরণ।

নিচের কোনটি সঠিক ?

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

# পাঠ-৬.৭ খাদ্য শৃঙ্খল

**উদ্দেশ্য**

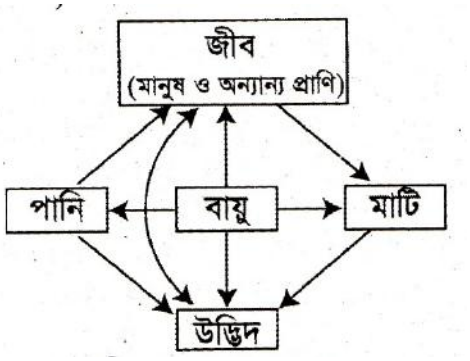
**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- খাদ্য শৃঙ্খলে ভারী ধাতু যুক্ত হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- খাদ্য শৃঙ্খলে As, Cr, Pb ও Cd যুক্ত হওয়ার প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | খাদ্য শৃংখল, এনজাইম, আর্সেনিকোসিস (arsenicosis), পেষ্টিসাইড (Pesticide), স্টোরেজ ব্যাটারি, গ্যাসোলিন, রিসাইকেল বা পুনরাবর্তন, নকিং, অ্যান্টিনক, লেড আর্সেনেট, স্টেবিলাইজার, আউচ-আউচরোগ, ব্রংকাইটিস, হাইপার টেনশন, এনিমিয়া। |

## খাদ্য শৃংখল (Food chain)

উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের খাদ্যের উৎস হলো মাটি, পানি ও বায়ু। মাটি, পানি ও বায়ুতে যা জন্মায় উদ্ভিদ ও প্রাণিজগত তা খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে। আবার প্রাণিজগত খাদ্য আহরণ করে উদ্ভিদ জগত থেকে। এছাড়া প্রাণিজগতের সদস্যরা (মানুষ ও অন্যান্য জীব) খাদ্যের উপর একে অপরের উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ খাদ্যকে মাধ্যম ধরে তার উৎস ও ব্যবহারকারীদের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্কের যে শৃংখল রচনা করা যায় সেটাই হলো খাদ্য শৃংখল। নিচের চিত্রে খাদ্য শৃংখল দেখানো হলো।




চিত্র ৬.৭.১: খাদ্য শৃঙ্খল

বিভিন্ন কারণে এই খাদ্য শৃংখলে ভারী ধাতু যেমন As (আর্সেনিক) Cr (ক্রেমিয়াম), Pb (লেড বা সীসা), Cd (ক্যাডমিয়াম), Hg (মারকারি বা পারদ) ইত্যাদি প্রবেশ করে।

এসব ভারী ধাতু শৃংখলে প্রবেশের ফলে বা যুক্ত হবার ফলে প্রাণি ও উদ্ভিদজগতের উপর বিরূপ বা ক্ষতিকর প্রভাব পড়ে। কিছু এনজাইমের মধ্যে ধাতু থাকে। এই ধাতুযুক্ত এনজাইমগুলোকে মেটালো এনজাইম বলে। বিভিন্ন ধাতু যেমন Hg, Pb ইত্যাদি এনজাইমের ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করে তার ক্রিয়া পদ্ধতির পরিবর্তন করে শরীরের ক্ষতি সাধন করে। যেমন দস্তাযুক্ত এনজাইমের দস্তা ধাতু Cd দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে শরীরে বিষক্রিয়ার সৃষ্টি করে।

**খাদ্য শৃঙ্খলে ভারী ধাতু (As, Cr, Pb, Cd) যুক্ত হওয়ার কারণ Causes of addition of heavy metal (As, Cr, Pb, Cd) in food chain.**

**আর্সেনিক যুক্ত হবার কারণ :** খাদ্য শৃংখলে আর্সেনিকের প্রবেশের মূল উৎস হচ্ছে মাটি ও পানি। উদ্ভিদ মাটি হতে খাদ্য হিসাবে আর্সেনিক গ্রহণ করে এবং মানুষ উদ্ভিদকে খাদ্য (গম, শাক, ফলমূল ইত্যাদি) হিসেবে গ্রহণ করলে মানুষের দেহে আর্সেনিক প্রবেশ করে। আবার জলজ প্রাণির (যেমন মাছ) দেহে আর্সেনিক প্রবেশ করে আর্সেনিক যুক্ত পানির মাধ্যমে। মানুষ সেই মাছ খাদ্য হিসেবে গ্রহণ করলে খাদ্য শৃংখলে আর্সেনিক প্রবেশ করে। বস্তুত, আর্সেনিক শ্বাস-প্রশ্বাস (বায়ু) ও

দৈনন্দিন খাবারের সঙ্গে মানুষের শরীরে প্রবেশ করে এবং আর্সেনিকের বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত হয়। এই বিষক্রিয়ার নাম আর্সেনিকোসিস (arsenicosis)।

**ক্রোমিয়াম যুক্ত হবার কারণ :** ক্রোমিয়াম একটি ভারী এবং মানব দেহের জন্য বিষাক্ত ধাতু। তড়িৎ প্রলেপন শিল্পে, ব্যাটারী শিল্পে, চামড়া শিল্পে, সংকর ধাতু শিল্পে প্রচুর পরিমাণ ক্রোমিয়াম এবং ক্রোমিয়ামের যৌগ ব্যবহার করা হয়। এসব শিল্পের বর্জ্যের সাথে ক্রোমিয়াম পানিতে মিশে পানিকে দূষিত করে। ঐসব এলাকার মাটিও ক্রোমিয়াম দূষণের শিকার হয়। ক্রোমিয়াম দূষিত পানির মাছ খেলেও শরীরে ক্রোমিয়াম প্রবেশ করে বিষক্রিয়া ঘটাতে পারে।

**লেড বা সীসা যুক্ত হবার কারণ :** পরিবেশ দূষক হিসেবে ভারি ধাতুর মধ্যে সীসা বা লেড অন্যতম। মৌল লেড বা লেডের যৌগ পানিতে দ্রাব্য স্থায়ী $Pb^{2+}$ আয়ন উৎপাদনের মাধ্যমে প্রাণিজগতের উপর ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে। যে কয়েকটি কারণে লেড বা সীসা খাদ্য শৃংখলে প্রবেশ করে তা নিম্নরূপ:

১। স্টোরেজ ব্যাটারি (Storage battery)

২। পেট্রোলের দহন (Combustion of petrol)

৩। গ্যাসোলিনের দহন (Combustion of gasoline)

৪। পেস্টিসাইড (Pesticide)

৫। লেডের আস্তরণ যুক্ত টিনের ক্যান

নিচে একে একে প্রত্যেকটির কারণ সম্পর্কে আলোচনা করা হলো।

**১। স্টোরেজ ব্যাটারি :** স্টোরেজ ব্যাটারিতে ইলেকট্রোড হিসেবে ব্যবহৃত সীসার রিসাইকেল বা পুনরাবর্তন করার সময় অসর্তকতাবশত সীসা পরিবেশে মুক্ত হয়। এছাড়া যে সমস্ত ব্যাটারি রিসাইকেল করা সম্ভব নয় সেগুলিকে ডাস্টবিনে ফেলে দেওয়া হয়। ফলে কালক্রমে সীসা পরিবেশে সংক্রমিত হয়। পানিতে বা মাটিতে লেড পরিবর্তিত হয়ে $Pb^{2+}$ উৎপন্ন করে, যা উদ্ভিদ বা প্রাণি খাদ্যের মাধ্যমে গ্রহণ করে। ফলে খাদ্য শৃংখলের মাধ্যমে মানুষের দেহে সংক্রমিত হয়।

**২। পেট্রোলের দহন :** পেট্রোলের দহনের ফলে পেট্রোলের মধ্যে ভেজাল হিসেবে যুক্ত লেড মোটর গাড়ির দহনের ফলে বায়ুতে মেশে। ফলে মানুষের শ্বাস প্রশ্বাসের সাথে লেড মানুষের দেহে প্রবেশ করে। এছাড়া বায়ুস্থ লেড বৃষ্টির পানির সাথে মিশ্রিত হয়ে পুকুর,হ্রদ বা পানিতে যুক্ত হয়। পানি ও মাটি হতে লেড বা সীসা খাদ্য শৃংখলে প্রবেশ করে।

**৩। গ্যাসোলিনের দহন :** গ্যাসোলিনের নকিং কমানোর জন্য অ্যান্টিনক (antinock) হিসেবে ব্যবহৃত টেট্রাইথাইল লেড $((C_2H_5)_4Pb)$ ব্যবহৃত হয়। গ্যাসোলিনের দহনের ফলে লেড পরিবেশে যুক্ত হয়ে বিষাক্ততার সৃষ্টি করে এবং তা খাদ্য শৃংখলে প্রবেশ করে।

**৪। পেস্টি সাইড :** লেড আর্সেনেট পেস্টিসাইড হিসেবে ব্যবহারের ফলে লেড বিষাক্ততার সৃষ্টি করে।

**৫।** সীসা বা লেডের আস্তরণ যুক্ত টিনের ক্যানে অম্লীয় পানীয় রাখার ফলে অম্লীয় পানীয়তে সীসার ক্যান হতে সীসা যুক্ত হতে পারে।

**ক্যাডমিয়াম যুক্ত হবার কারণ :** রাসায়নিকভাবে Zn ও Cd সমধর্মী ধাতু। প্রকৃতিতে এরা একইসাথে অবস্থান করে। দস্তা (জিংক) জীবের জন্য একটি প্রয়োজনীয় উপাদান। অথচ ক্যাডমিয়াম সেখানে মারাত্মক বিষ। প্রধানত খাদ্য, পানীয় ও ধুমপানের সাথে ক্যাডমিয়াম মানুষের শরীরে প্রবেশ করে। পরিসংখ্যানে জানা যায়, একজন ব্যক্তি প্রতিদিন $50-150\ mg$ Cd গ্রহণ করে থাকে। যদিও মলমুত্রের সাথে এর প্রধান একটি ভগ্নাংশ বের হয়ে যায়। রক্তে Cd এর মাত্রা 10 ppb এর নিচে থাকলে তা স্বাভাবিক বলে গণ্য হয়। পানীয় জলে ধাতুটির সহনীয় মাত্রা $5\ ppb$। যে যে কারণে ক্যাডমিয়াম মাটি, পানি ও বায়ুতে প্রবেশ করে মানুষের খাদ্য শৃংখলে যুক্ত হয় তা নিচে উল্লেখ করা হলো।

১। স্টেবিলাইজার হিসেবে (যেমন PVC প্লাস্টিক উৎপাদন) বা রঙ হিসেবে (রঙিন প্লাস্টিক উৎপাদন) ক্যাডমিয়াম যৌগ ব্যবহৃত হয়। ব্যবহারের পর ক্যাডমিয়াম সমৃদ্ধ প্লাস্টিক বর্জ্য পদার্থরূপে পরিবেশে নিক্ষিপ্ত হয়। এসব প্লাস্টিক যখন ভস্মীকরণ করা হয় তখন ক্যাডমিয়াম মুক্ত হয় ও বায়ুতে মেশে।

২। জিংক নিষ্কাশন করার সময় উপজাত হিসেবে ক্যাডমিয়াম পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ে।

৩। ক্যাডমিয়াম প্লেটেড ইস্পাতের রিসাইকেলের সময় উচ্চ তাপে কিছু পরিমাণ ক্যাডমিয়াম উদ্বায়ী হয় এবং তা বায়ুতে যুক্ত হয়। শ্বাস-প্রশ্বাসের মাধ্যমে মানুষ ও অন্যান্য জীব তা গ্রহণ করে।

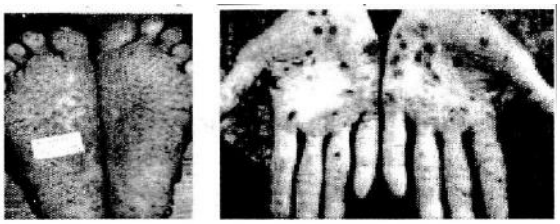
৪। কৃষি জমিতে ফসফেট সারের সংগে কিছু পরিমাণ Cd প্রকৃতিতে যুক্ত হয়।

৫। রিচার্জেবল নিকেল-ক্যাডমিয়াম ব্যাটারির ইলেকট্রোড ক্যাডমিয়াম দ্বারা তৈরি হয়। (প্রতিটি ব্যাটারিতে প্রায় 5g Cd থাকে। ব্যবহারের পর ব্যাটারি ডাস্টবিনে ফেলে দেওয়া হয়। ফলে ভস্মীকরণের পর Cd বায়ুতে মুক্ত হয়।

**খাদ্য শৃঙ্খলে ভারী ধাতু (As, Cr, Pb, Cd) যুক্ত হবার প্রভাবঃ Effeers of heavy metals addition in food chain.**

**মানব শরীরে আর্সেনিক (As) এর প্রভাব :** আর্সেনিকের প্রভাবে নিম্নলিখিত ক্ষতির প্রভাব পরিলক্ষিত হয় :

| | |
|---|---|
| পাকতন্ত্রীয় প্রভাব : পাকস্থলীতে প্রদাহ সৃষ্টি হয়, গলা ও মুহগহ্বর শুকিয়ে যায়, বমি বমি ভাব ও এবডোমেনাল যন্ত্রণা হয়। | যকৃৎ-সংক্রান্ত প্রভাব : যকৃতে সিরোসিস, পোর্টাল হাইপারটেনশন, ফ্যাটি ডিজেনারেশান দেখা দেয়। |
| রক্ত-সংক্রান্ত প্রভাব : লোহিত রক্তকণিকার অক্সিজেন সরবরাহ হ্রাস পায়। এনিমিয়া বা থ্রম্বোসাইটিস হয়। | বৃক্ক-সংক্রান্ত প্রভাব : বৃক্কেও মূত্র উৎপাদন ক্রিয়া ব্যাহত হয় এবং বৃক্কের কর্টেক্স অঞ্চল অ্যাকিউট আর্সেনিক বিষক্রিয়া হয়। |
| হৃদসংবহনতন্ত্রীয় প্রভাব : রক্তনালিতে লুমেন ডিপোজিশনের মাধ্যমে সংকীর্ণ হয়। | স্নায়ু-সংক্রান্ত প্রভাব : স্পর্শ ও যন্ত্রণা অনুভূতি লোপ পায়, হাত ও পায়ের পেশি শুকিয়ে যায়। |
| শ্বসন-সংক্রান্ত প্রভাব : পালমোনারি ইডিমা, ব্রংকিয়াল নিউমোনিয়ার সৃষ্টি হয়। | আর্সেনিক কারসিনোমা সৃষ্টি করে। এর দ্বারা আক্রান্ত ব্যক্তি ক্যান্সারে মারা যায়। |
| ত্বক-সংক্রান্ত প্রভাব : মুখ ও চোখের পাতার ত্বকে ইরাথ্রিমা সৃষ্টি হয়। | আর্সেনিকের ক্রনিক বিষক্রিয়ার DNA এর মিউটেশান ঘটে এবং জিনের মিউটেশানের ফলে অস্বাভাবিক শারীরবৃত্তীর বৈশিষ্ট্যের প্রকাশ ঘটে। |



চিত্র : আর্সেনিক দূষণের প্রভাব

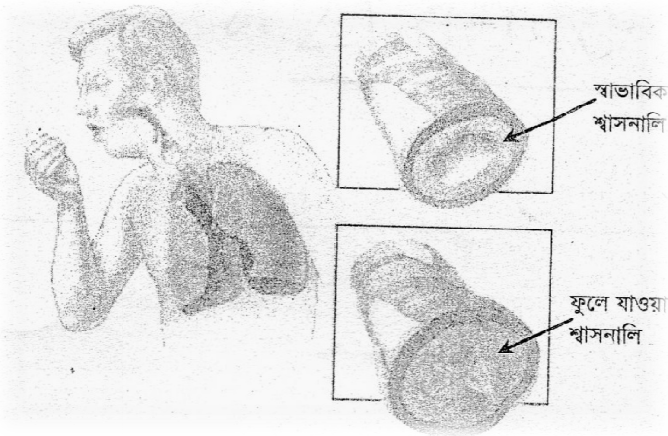
**মানব শরীরে ক্রোমিয়াম (Cr) এর প্রভাব**

১। ক্রোমিয়ামের বিষক্রিয়া বলতে কার্যত Cr(VI) এর বিষক্রিয়া বোঝায়। ক্রোমেট ধূলির সংস্পর্শে বহুদিন ধরে অবস্থান করলে ফুসফুসের ক্যান্সার পর্যন্ত হতে পারে।

২। গ্লুকোজের বিপাক ক্রিয়ায় Cr(III) অন্তর্ভুক্ত থাকে এবং বহুমূত্র রোগে আক্রান্ত ব্যক্তির রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ বাড়িয়ে দেয়।

৩। খাবারের সাথে মিশ্রিত ক্রোমেটও ভীষণ ক্ষতিকর : জীবজন্তুকে প্রতিদিন খাবারের সাথে 50ppm মিশিয়ে খাইয়ে দিয়ে দেখা গেছে তাদের স্বাভাবিক বৃদ্ধি ব্যাহত হয় এবং যকৃৎ ও কিডনি বিকল হয়ে পড়ে।

৪। ক্রোমিয়ামের বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত একজন ব্যক্তি চর্মরোগ, পাকস্থলীর ঘা, ব্রংকাইটিস প্রভৃতি রোগের শিকার হতে পারে। এমনকি তার ক্যান্সার পর্যন্ত হতে পারে।




চিত্র: মানবদেহে ক্রোমিয়ামের ক্ষতিকর প্রভাব

**মানব শরীরে লেড (Pb) এর প্রভাব**

১। লেডের প্রধান জীব রাসায়নিক প্রভাব হলো রক্তে এটি হিমোগ্লোবিন সংশ্লেষণে বাধা প্রদান করে। এতে হিমোগ্লোবিন বিনষ্ট হয়।

২। রক্তে এর মাত্রা বেশি হলে কিডনির বিভিন্ন জটিলতা দেখা দেয়।

৩। জৈব লেড (TEL, TML) প্রভাবে জেনেটিক পরিবর্তন হতে পারে।

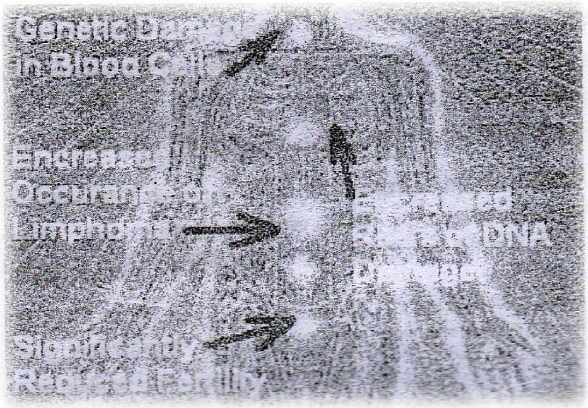
৪। শরীরে অক্সিজেন প্রবাহের দ্বারা গ্লুকোজ ভাঙনের মাধ্যমে শক্তি উৎপাদনের কৌশল Pb দ্বারা বাধাগ্রস্ত হয়।

৫। রক্তে লেডের অধিক মাত্রা রক্তচাপ বাড়ায় এবং Pb এর সংক্রমণে স্ত্রী লোকের গর্ভপাত ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

৬। সাত বছরের কম বয়সী শিশুর মস্তিষ্কের বিকাশ লাভ ব্যাহত হয়।

৭। রক্তের Pb এর ঘনমাত্রা 0.3 ppm হলেই স্বাভাবিক পরিপাকক্রিয়ায় প্রতিবন্ধকতার সৃষ্টি হয়। তবে মাত্রা বেড়ে 0.8 ppm হলে হিমোগ্লোবিনের পরিমাণ কমে অ্যানেমিয়ার লক্ষণ দেখা দেয়।

৮। শরীরে অতিরিক্ত Cd শ্রবণ ইন্দ্রিয়ের ক্ষতি করে।



চিত্র: মানব দেহে লেড ধাতুর প্রভাব

**মানব শরীরে ক্যাডমিয়াম (Cd) এর প্রভাব :** ক্যাডমিয়াম যুক্ত পানি ও মাটি হতে উদ্ভিদ ক্যাডমিয়াম সংগ্রহ করে। ফলে খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে মানুষের শরীরে ক্যাডমিয়াম প্রবেশ করে। আলু, শস্যদানা, যেমন- চাল,গম এবং ডাল প্রভৃতির মাধ্যমে মানুষের শরীরে ক্যাডমিয়াম প্রবেশ করে।

১। বৃক্ক এবং ফুসফুসের স্বাভাবিক ক্রিয়া বিঘ্নিত হয়। ক্যাডমিয়াম দূষণে কিডনি বা বৃক্কে পাথর জন্মে।

২। অ্যানিমিয়া রোগ হয় এবং হৃদযন্ত্রের স্বাভাবিক কার্যক্রম বিঘ্নিত হয়। ক্যাডমিয়াম হাড়ের ক্যালসিয়াম আয়নকে প্রতিস্থাপন করে। এর জন্য হাড়ের ক্ষয় হয় ও হাড় ভঙ্গুর হয়ে পড়ে।

৩। বিপাক ক্রিয়া অস্বাভাবিক হয়।

৪। Cd এর বিষক্রিয়ায় মানুষের সন্ধিস্থানে তীব্র যন্ত্রনার সৃষ্টি হয়।

৫। ক্যাডমিয়াামের বিষক্রিয়ায় রক্তচাপ বৃদ্ধি ও রক্ত স্বল্পতা রোগ দেখা দেয়।

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. X এবং Q আধুনিক পর্যায় সারণির দুইটি মৌল। এদের গ্রুপ হলো যথাক্রমে VA ও IVA এবং পর্যায় যথাক্রমে যে 4 এবং 6 । এদের দুইটি যৌগ হলো $Na_3XO_3 - Na_3XO_4)$ এবং $Na_3XO_4)\ Na_3 \times O_4$ ।

ক) খাদ্য চক্রের মাধ্যমে X এবং Y মানবদেহে প্রবেশ করে? এদের ক্ষতিকর দিকগুলো আলোচনা করুন।

খ) উদ্দীপকের যৌগদ্বরের মধ্যে কোনটি স্বাস্থ্যের জন্য অধিক ঝুঁকিপূর্ণ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দিন।

২। ইন্টারনেট ব্যবহার করে বাংলাদেশের আর্সেনিক দূষণ আক্রান্ত জেলা গুলো চিহ্নিত করে সেখানকার স্বাস্থ্য পরিস্থিতি এবং গৃহীত প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন রচনা করুন।

**সার-সংক্ষেপ :**

খাদ্যকে মাধ্যম ধরে তার উৎস ও ব্যবহারকারীদের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্কের যে শৃংখল রচনা করা যায় সেটাই হলো খাদ্য শৃংখল।

খাদ্য শৃংখলে আর্সেনিকের প্রবেশের মূল উৎস হচ্ছে মাটি ও পানি।

বস্তুত আর্সেনিক শ্বাস-প্রশ্বাস (বায়ু) ও দৈনন্দিন খাবারের সংগে মানুষের শরীরে প্রবেশ করে এবং আর্সেনিকের বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত হয়। এই বিষক্রিয়ার নাম আর্সেনিকোসিস।
ক্রোমিয়াম একটি ভারী এবং মানবদেহের জন্য বিষাক্ত ধাতু।

ক্রোমিয়াম মিশ্রিত দূষিত পানির মাছ খেলেও শরীরে ক্রোমিয়াম প্রবেশ করে বিষক্রিয়া ঘটাতে পারে।

মৌল লেড বা লেডের যৌগ পানিতে দ্রাব্য স্থায়ী Pb আয়ন উৎপাদনের মাধ্যমে প্রাণিজগতের উপর ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে।

প্রধানত খাদ্য, পানীয় ও ধুমপানের সাথে ক্যাডমিয়াম মানুষের শরীরে প্রবেশ করে।

রক্তে Cd এর মাত্রা $10\,ppb$ এর নিচে থাকলে তা স্বাভাবিক বলে গন্য করা হয়।

দীর্ঘদিন স্বল্প মাত্রার আর্সেনিক গ্রহণ করলে স্বাস্থ্যের মারাত্মক ক্ষতি হয়। অতিমাত্রায় আর্সেনিক গ্রহণে মানুষের মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে।

ক্রোমিয়ামের বিষক্রিয়ায় আক্রান্ত একজন ব্যক্তি চর্মরোগ, পাকস্থলীয় ঘা, ব্রংকাইটিস প্রভৃতি রোগের শিকার হতে পারে। এমন কি তার ক্যান্সার পর্যন্ত হতে পারে।

লেডের প্রধান জীব রাসায়নিক প্রভাব হলো রক্তে এটি হিমোগ্লোবিন সংশ্লেষণে বাধা প্রদান করে। এতে হিমোগ্লোবিন বিনষ্ট হয়।
ক্যাডমিয়ামের বিষক্রিয়ায় রক্তচাপ বৃদ্ধি ও রক্ত স্বল্পতা রোগ, বৃক্ক এবং ফুসফুসের স্বাভাবিক ক্রিয়া বিঘ্নিত হয়। ক্যাডমিয়াম দূষণে কিডনি বা বৃক্কে পাথর জমে।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৭

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন**

১। আর্সেনিকের স্থায়ী বিষক্রিয়ার ফলে কোনটির মিউটেশন ঘটে ?

ক) RNA খ) DNA গ) ATP ঘ) NADATP

২। স্টোরেজ ব্যাটারির মাধ্যমে কোন ভারী ধাতুটি খাদ্য শৃঙ্খলে প্রবেশ করবো ?

ক) Cd খ) As গ) Pb ঘ) Cr

৩। আর্সেনিক (III) এনজাইমের কোন কার্যকরী মূলকের সাথে বন্ধন গঠন করে এনজাইমের কার্যক্রমে ব্যাঘাত ঘটায় ?

ক) $-OH$ খ) $-SH$ গ) $-CHO$ ঘ) $-NH_2$

৪। $As^{3+}$, $As^{5+}$ অপেক্ষা কত গুন বিষাক্ত?

ক) 2 খ) 3 গ) 5 ঘ) 10

৫। বাংলাদেশে খাবার পানিতে আর্সেনিকের সর্বোচ্চ মাত্রা কত?

ক) 0.01 ppm খ) 0.02 ppm গ) 0.03 ppm ঘ) 0.05 ppm

৬। কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহৃত কীটনাশক হতে কোন দূষকটি খাদ্য শৃঙ্খলে প্রবেশ করে ?

ক) As খ) Pb গ) Cr ঘ) Cd

৭। খাদ্য শৃঙ্খলে ভারী ধাতু যুক্ত হলে মানুষের শরীরে নিম্নোক্ত রোগ সৃষ্টি হয়।

i) $2-3$ মাইক্রোগ্রাম Cd প্রতি গ্রাম ক্রিয়াটিনিনে সঞ্চিত হলে কিডনি নষ্ট হয়।

ii) Pb এর পরিমাণ 50 ppb এর বেশি হলে লেডের বিষক্রিয়ায় গর্ভবতী মায়েরা মৃত সন্তান জন্ম দেয়।

iii) RBC এর $Fe^{2+}$ আয়নকে $Cr^{3+}$ আয়ন প্রতিস্থাপন করে $O_2$ শোষণ বৃদ্ধি করে।

কোনটি সঠিক হবে?

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

# পাঠ-৬.৮ দূষক পদার্থ

**উদ্দেশ্য**

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- দূষক পদার্থসমূহের বায়ুতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল বর্ণনা করতে পারবেন।
- দূষক পদার্থসমূহের পানিতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল বর্ণনা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | বায়ুদূষক, প্রাইমারি বায়ু দূষক, গৌন বায়ু দূষক, উড়ন্ত ছাই, গ্রীজতেল, হাইড্রোকার্বন, কার্বো হাইড্রেট, নাইট্রেট, নাইট্রাইট, প্রোটিন, জলযান, অ্যাসিটেট। |

## দূষক পদার্থ সমূহ বায়ুতে দ্রবীভূত থাকার কৌশল

Mechanism of Dissolution of pollutants in Air

বায়ুমন্ডলে যে সব প্রাকৃতিক ও মনুষ্য সৃষ্ট পদার্থসমূহ মিশে বায়ূকে দূষিত করে সেগুলোই বায়ু দূষক। বায়ুদূষক পদার্থগুলোর অধিকাংশই গ্যাসীয় হয়। কেবলমাত্র ধূলিকনাই কঠিন রুপে থাকে। গ্যাসীয় বায়ুদূষক পদার্থ গ্যাসে গ্যাসের দ্রাবক রুপে অবস্থান করে।

সৃষ্ট পদ্ধতির ভিত্তিতে এই দূষকগুলো দুইভাগে বিভক্ত। যথা :

১। প্রাথমিক বা প্রাইমারি বায়ু দূষক (Primary air pollutants)

২। গৌন বায়ু দূষক (Secondary air pollutants)

প্রকৃতি বা মানুষ দ্বারা সৃষ্ট উৎস থেকে সরাসরি উৎপন্ন বায়ু দূষক হলো প্রাথমিক বায়ু দূষক। প্রাকৃতিক দূষকগুলো ঘন কুয়াশা, পরাগরেনু, ব্যাকটেরিয়া আগ্নেয়গিরি থেকে উৎপন্ন ধুলা, গ্যাস প্রভৃতি। অ্যারোসল বস্তুকনা যেমন ধুলি, ধোঁয়া, কুয়াশা, প্রভৃতি। প্রাইমারি দূষক সমূহ সরাসরি বায়ুতে দ্রবীভূত হয় যেমন বস্তুকনা, সালফার যৌগ, নাইট্রোজেন অক্সাইড, কার্বন মনোক্সাইড, হ্যালোজেন যৌগ, জৈব যৌগ ও তেজক্রিয় পদার্থ। পরাগরেনু, ভাইরাস, $CO, CO_2, SO_x, NO_x$, ধোঁয়া, ধুলিকনা, ফ্লাইঅ্যাস প্রভৃতিও প্রাথমিক বায়ু দূষক। প্রাথমিক বায়ূদূষক থেকে গৌন বায়ু দূষক সৃষ্টি হয়। উদাহরণ স্বরূপ ওজন সালফিউরিকঅ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি গৌন বায়ুদূষক।

সেকেন্ডারি দূষক বায়ুমন্ডলে তৈরি হয়েই বায়ুমন্ডলে দ্রবীভূত বায়ুকে দূষিত করে। যেমন ওজোন, মিথান্যাল, পারঅক্সি এসিটাইলনাইট্রেট (PAN) আলোক রাসায়নিক স্মগ, অম্ল কুয়াশা ইত্যাদি বায়ুতে তৈরি হয়ে পরোক্ষভাবে বায়ুতে দ্রবীভূত হয়ে বায়ুকে দূষিত করে। এছাড়া মনুস্য সৃষ্ট দূষক বায়ু মন্ডলে মিশে বায়ুকে দূষিত করে। একটি সিগারেটের ধোয়া থেকে CO, NO, HCN, R-CHO, PAH (Poly aromatic Hydracarbon) এবং Pb প্রভৃতি এক গুচ্ছ দূষক বায়ুতে সরাসরি দ্রবীভূত হয়ে বায়ুকে দূষিত করে। তাছাড়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ বায়ুতে দ্রবীভূত হয়ে বায়ুকে দুষিত করে। এর প্রভাবে স্কুলগামী শিশুদের শ্বাসনালির প্রদাহ, ফুসফুসের শ্লোথ রোগ, শ্বাসনালির প্রতিবন্ধকতা ইত্যাদি বহুবিধ রোগের সৃষ্টি হয়।

### বায়ু দূষকসমূহ বায়ুতে মিশে থাকার কৌশল

১। কিছু কিছু বায়ু বাহিত অতি ক্ষুদ্র কণা (যাদের ব্যাস সাধারণত 1-10 $\mu$) বায়ুতে মুক্তভাবে ঘোরাফেরা করে। এসব দূষক পদার্থসমূহ হলো কার্বন, উড়ন্ত ছাই, গ্রীজতেল ও ধাতুর ক্ষুদ্রাংশ।

২। বিভিন্ন গ্যাস যেমন $SO_2, CO, NO_2$, ফ্লোরাইড, হাইড্রোকার্বন ইত্যাদি বায়ুতে মিশে বায়ুস্থ অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বিভিন্ন যৌগ (মূলত অ্যাসিড) উৎপন্ন করে। পরে যৌগসমূহ বৃষ্টির পানির সঙ্গে মিশে ভূপৃষ্ঠে পড়ে এবং পানি ও মাটিতে মিশে।

$SO_2 + O_2 = SO_3$

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

$NO_2 + H_2O + O_2 \rightarrow HNO_3$

৩। ধাতুসমূহের মধ্যে মূলত লেড ও ক্যাডমিয়াম ক্ষুদ্র কণা হিসেবে বায়ুমন্ডলে মিশ্রিত থাকে।

**বায়ু দূষক সমূহ পানিতে মিশ্রিত থাকার কৌশলঃ**

১। শিল্প কলকারখানা হতে উৎপন্ন $HCI, H_2SO_4, H_3PO_4$, $SO_2, Cl_2$ নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ, অ্যামোনিয়া, $NaOH, KOH, Ca(OH)_2$ প্রভৃতি পানিতে মিশে পানির $H^+$ ও $OH^-$এর ঘনমাত্রা বাড়িয়ে দেয়। ফলে পানির $pH$ এর মাত্রা কখনও কমে বা বেড়ে যায়।

২। কার্বনেট, বাইকার্বনেট, অ্যাসিটেট, নাইট্রেট, নাইট্রাইট, ফ্লোরাইড, ব্রোমাইড, আয়োডাইড, সালফেট ইত্যাদি আয়ন এবং $Cu, Cd, Hg, Zn, Ni, Mn, Co, Pb, Sn, I$ As ইত্যাদির সালফাইডসমূহ দ্বারা গঠিত লবণসমূহ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে ধাতব আয়ন মুক্ত হয় এবং খাদ্য শৃংখলের মাধ্যমে সালফাইডসমূহ দ্বারা গঠিত লবণসমূহ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে ধাতব আয়ন মুক্ত হয় এবং খাদ্য শৃংখলের মাধ্যমে মানুষ তা গ্রহণ করে।

৩। বিষাক্ত ধাতুসমূহ কখনও কখনও সরাসরি পানিতে যুক্ত হয়ে বিষাক্ততা সৃষ্টি করে।

৪। বিভিন্ন ধরণের কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিন পানিতে মিশ্রিত হয়ে বিভিন্ন সালফারযুক্ত গ্যাস যেমন $H_2S, SO_2$ গ্যাস উৎপন্ন করে পানিকে দূষিত ও দুর্গন্ধযুক্ত করে।

৫। জাহাজ ও অন্যান্য জলযান হতে নির্গত তেল পানিতে মেশে না। এগুলো পানির উপরে ভাসতে থাকে। ফলে পানির দ্রবীভূত অক্সিজেন কমে যায়।

**সার-সংক্ষেপ :**

বায়ুমন্ডলে যে সব প্রাকৃতিক ও মনুষ্য সৃষ্ট পদার্থসমূহ মিশে বায়ুকে দূষিত করে সেগুলোই বায়ু দূষক।

সৃষ্টি পদ্ধতির ভিত্তিতে দূষকগুলো দুইভাগে বিভক্ত। যথাঃ ১। প্রাথমিক বা প্রাইমারি বায়ু দূষক ২। গৌন বায়ুদূষক

প্রকৃতি বা মানুষ দ্বারা সৃষ্ট উৎস থেকে সরাসরি উৎপন্ন বায়ুদূষক হল প্রাথমিক বায়ু দূষক।

সেকেন্ডারী দূষক বায়ূমন্ডলে তৈরি হয়েই বায়ূমন্ডলে দ্রবীভূত বায়ুকে দূষিত করে।

কিছু কিছু বায়ুবাহিত অতিক্ষুদ্র কনা (যাদের ব্যাস সাধারণত 1-10 $\mu$) বায়ুতে মুক্তভাবে ঘোরা ফেরা করে। এমন দূষক পদার্থসমূহ হলো কার্বন, উড়ন্ত ছাই, গ্রীজতেল ও ধাতব ক্ষুদ্রাংশ।

ধাতুসমূহের মধ্যে মূলত লেড ও ক্যাডমিয়াম ক্ষুদ্র কণা হিসেবে বায়ুমন্ডলে মিশ্রিত থাকে।
বিষাক্ত ধাতুসমূহ কখনও কখনও সরাসরি পানিতে যুক্ত হয়ে বিষাক্ততা সৃষ্টি করে।

**পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৮**

**সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন**

১. বায়ুমন্ডলের আর্গনের শতকরা পরিমাণ কত?

ক) 78.09 খ) 20.95

গ) 0.039 ঘ) 0.93

২. বায়ু মন্ডলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য কোনটির ক্ষমতা বেশি?

ক) CFC
খ) $N_2O$
গ) $CH_4$
ঘ) $CO_2$

৩. কোনটি প্রাইমারি দূষক ?

ক) PAN
খ) $O_3$
গ) $H_2SO_4$
ঘ) $H_2S$

৪. কোন দূষকের উপস্থিতিতে উদ্ভিদের সংশ্লেষণের ব্যাঘাত ঘটে এবং ক্লোরোসিসের উদ্ভব হয় ?

ক)$H_2S$
খ) $SO_2$
গ) CFC
ঘ) ওজোন

৫. কোন দূষকটি প্রাথমিক বায়ু দূষকের তুলনায় অধিক ক্ষতিকারক ?

ক)$H_2S$
খ) $NH_3$
গ) CON
ঘ) $H_2SO_4$

৬. নিচের কোনটি প্রাথমিক বায়ু দূষক নয় ?

ক) $NH_3$
খ) $H_2S$
গ) CON
ঘ) $H_2SO_4$

৭. ফটো কেমিক্যাল স্মোগ তৈরিতে কোন বায়ু দূষক ভূমিকা রাখে না?

ক) হাইড্রোকার্বন
খ) $NO_2$
গ) $O_3$
ঘ) CFC

# পাঠ-৬.৯ দূষণের প্রতিকার

**উদ্দেশ্য**

**এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-**

- কোন এলাকার পানি দূষণ বিশ্লেষণ করে প্রতিকার বর্ণনা করতে পারবেন।
- কোন এলাকার বায়ু দূষণ বিশ্লেষণ করে প্রতিকার বর্ণনা করতে পারবেন।

| | |
|---|---|
| **মুখ্য শব্দ** | পানি দূষণ, বায়ু দূষণ, অনাকাঙ্খিত, অবাঞ্ছিত, ফিজিওলজিক্যাল, বায়ুমন্ডল, প্রেট্রোলিয়াম শোধনাগার |

## পানিদূষণ (Water pollution)

পানির যে কোন ভৌত বা রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য যখন এটি জীবনের উপর ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে তখন তাকে পানি দূষণ বলে। বিভিন্ন জনসংস্থা বিভিন্নভাবে পানির দূষণকে সংজ্ঞায়িত করছেন। যেমন -

১। পানির মধ্যে অ-অনুমোদিত, অনাকাঙ্খিত, অবাঞ্ছিত, খারাপ এবং অপ্রীতিকর কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় ক্ষতিকর বস্তুর মিশ্রণকে পানি দূষণ বলে। [Baumann 1965]

২। পানি যখন বর্তমান বা ভবিষ্যতের জন্যে উচ্চমান সম্পন্ন ব্যবহার উপযোগী না থাকে তখন তাকে পানি দূষণ বলে। [National water commission 1971]

৩। পানির মধ্যে বিষাক্ত বস্তুর উপস্থিতির কারণে এটি যখন উপকার উৎকর্ষতা এবং প্রয়োজনীতা হারায় তখন তাকে পানি দূষণ বলে।

উপর্যুক্ত সংজ্ঞাগুলো পর্যালোচনা করে সহজে বলা যায় যে অবস্থায় পানি তার স্বাভাবিক ব্যবহার উপযোগিতা হারায় সেই অবস্থাকে পানি দূষণ বলে।

**পানিদূষণের প্রকার ভেদ [Types of water pollution]**

পানিদূষণকে নিম্নোক্ত চারটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যথা :

১. পানির ভৌত দূষণ

২. পানির রাসায়নিক দূষণ

৩. পানির জৈব দূষণ

৪. পানির ফিজিওলজিক্যাল দূষণ।

**পানি দূষণের প্রতিকার :**

পানিই জীবন। জীবন ধারণের  জন্য পানি অপরিহার্য। তাই পানির দূষণ প্রতিকারের বিষয়টি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। বিভিন্ন প্রকার দূষণকারী পদার্থ পানি থেকে অপসারণ করতে বিভিন্ন প্রকারের পদ্ধতি ও যন্ত্রের প্রয়োজন হয়। এই পদ্ধতিগুলো সময় সাপেক্ষ ও ব্যয় সাপেক্ষ। সমাজের সাধারণ মানুষের পরিবেশ সম্পর্কে সচেতনতা, পানিদূষণের জন্য বিভিন্ন আইন প্রণয়ন ও সেগুলির প্রয়োগে পানি দূষণ অনেকাংশে প্রতিরোধ করা সম্ভব। তাছাড়া পানি দূষণমুক্ত করতে নিম্নলিখিত ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

১। শিল্প বর্জ্য সরাসরি যেন নদীতে না পড়ে সেদিকে লক্ষ রাখতে হবে।

২। শিল্প বর্জ্যের জন্য কল কারখানায় বর্জ্য বিশুদ্ধিকরণ প্লান্ট থাকতে হবে, যাতে এসব বর্জ্য বাইরে আসতে না পারে।

৩। কারখানার ভিতরে নির্দিষ্ট স্থানে শিল্প বর্জ্য সংরক্ষণ করতে হবে।

৪। নর্দমার ময়লার মধ্যে থাকা প্লাস্টিক সামগ্রী, কাগজ ও কাপড় যাতে নদীতে না পড়ে সেদিকে লক্ষ রাখতে হবে। এদেরকে রিসাইকেলের ব্যবস্থা করা যেতে পারে।

৫। রাসায়নিক সার ব্যবহার না করে জৈব সার ব্যবহার করলে পানি দূষণ কম হয়।

৬। কীটনাশক যথাসম্ভব কম ব্যবহার করতে হবে।

**বায়ূদূষণ (Air Pollution)**

বিশ্ব স্বাস্থ্য সংস্থা (WHO) এর মতে যে অবস্থায় পৃথিবী পরিবেষ্টিত বায়ুমন্ডল কর্তৃক ধারণকৃত বস্তুকণার পরিমাণ যদি এমন হয় যে, তা মানুষ এবং তার পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর হয়ে দাঁড়ায় তখন তাকে বায়ূদূষণ বলে। আবার বিভিন্ন দৃষ্টিকোণ থেকে বিভিন্নভাবে বায়ুদূষণকে সংজ্ঞায়িত করেছেন। যেমন কেউ বলেন- প্রাকৃতিক এবং মনুষ্য সৃষ্ট উৎস থেকে অনাকাঙ্খিত উপদান বায়ুমন্ডলে প্রবেশ করে বাতাসের যে ভারসাম্যহীন অবস্থায় সৃষ্টি করে যাতে করে জীব প্রজাতি হুমকির মুখে পড়ে সেই অবস্থাকে বায়ু দূষণ বলে।

তবে আধুনিক দৃষ্টিকোণ থেকে বলা হয় মানব জাতির ক্রিয়াকলাপের জন্য বাতাসে যে ঘনমাত্রায় বস্তুসমূহের অণু প্রবেশের দরুন মানুষের স্বাস্থ্য, সম্পত্তি বা সম্পত্তি উপভোগে মারাত্মক রকমের প্রভাব পড়ে তাকে বায়ুদূষণ বলে।

বায়ূ দূষণের প্রধান উৎসমূহ হলো দুটি যথাঃ

১. প্রাকৃতিক উৎস ও

২. মনুষ্য সৃষ্ট উৎস

## বায়ুরদূষণের প্রতিকার (Ways to control air pollution)

পৃথিবীর প্রাণি এবং উদ্ভিদ জগতের উপর বায়ুদূষণের প্রভাব অত্যন্ত সুদূরপ্রসারী। এটি শুধু যে প্রাণি ও উদ্ভিদজগতকে বিপন্ন করছে তাই নয় এটি পৃথিবীর অস্তিত্বকে বিপন্ন করে তুলছে। তাই বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত জরুরী। নিম্নোক্ত তিনটি উপায়ের যৌথ প্রচেষ্টার মাধ্যমে বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রণ করা যেতে পারে। যথা :

১. প্রযুক্তির মাধ্যমে

২. আইন-সম্মত উপায়ে

৩. ব্যক্তিগত প্রচেষ্টায়

**১। প্রযুক্তির মাধ্যমে :** বায়ুদূষণের প্রধান উৎস হলো যানবাহন, শিল্প কলকারখানা, ট্রেন, বাস, প্লেন থেকে নির্গত ধোয়া। পেট্রোল, কাঠ, জীবাশ্ম তেলের জ্বলন, কয়লার দহন প্রভৃতি। এসব ক্ষেত্রে উন্নত প্রযুক্তি ব্যবহার করে এদের দ্বারা দূষণ নিয়ন্ত্রণ করা যেতে পারে। তবে এর জন্য-

i. ইঞ্জিনের নকশা পরিবর্তন করতে হবে।
ii. কলকারখানা, পাওয়ার প্লান্টের চিমনিতে ফিল্টার ব্যবহার করতে হবে।
iii. স্থির বৈদ্যুতিক অধঃক্ষেপক ব্যবহার করতে হবে যাতে করে দূষিত কণা বস্তু আয়নে পরিণত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়।
iv. স্ক্রাবার ব্যবহার করতে হবে যাতে করে কণা বস্তু ও গ্যাসীয় দূষক এর মধ্যে রক্ষিত পানি এবং কলিচুনের দ্বারা শোষিত হতে পারে।
v. প্রচলিত জ্বালানী যেমন- কয়লা, প্রাকৃতিক গ্যাস, তেল এবং গ্যাসের ব্যবহার হ্রাস করে উন্নত প্রযুক্তির সাহায্যে অপ্রচলিত শক্তি (যেমন- সৌরশক্তি, বায়ুশক্তি) ব্যবহার বৃদ্ধি করে বায়ু দূষণ হ্রাস করা সম্ভব।

**২। আইন প্রয়োগের মাধ্যমে বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রণ ঃ** আইন প্রয়োগের মাধ্যমে নিম্নোক্ত উপায়ে বায়ুদূষণ প্রতিরোধ এবং নিয়ন্ত্রণ করা যায়-

i. নগরায়ণ এবং শিল্পায়নের পূর্বে উপযুক্ত স্থান নির্ধারণ করতে হবে। এর জন্য পরিবেশ অধিদপ্তরের অনুমোদন বাধ্যতামূলক হতে হবে।

ii. শিল্প কলকারখানা এবং অটোমোবাইল ইঞ্জিনে দূষণ নিয়ন্ত্রণ সজ্জার বাধ্যতামূলক করতে হবে। এক্ষেত্রে দূষণ নিয়ন্ত্রণ পরিষদ এবং পরিবেশ নিয়ন্দ্রণ কর্তৃপক্ষ যৌথভাবে তদারকি করবে।

iii. শিল্পের আধুনিককরণ এবং উন্নত প্রযুক্তি সম্পন্ন অটোমোবাইল ইঞ্জিনের ব্যবহার বাধ্যতামূলক করতে হবে।

iv. সচল এবং স্থির উৎস থেকে নিক্ষিপ্ত দূষকের সীমা নির্ধারণ করে দিতে হবে এবং সীমা লঙ্ঘনকারীদেরকে আইনের আওতায় আনতে হবে।

v. শিল্পজাত ক্ষতিকর এবং বিষাক্ত বর্জ্য পদার্থের উপযুক্ত প্রক্রিয়াকরণ বাধ্যতামূলক করতে হবে।

৩। **ব্যক্তিগত উপায় অবলম্বনে :** ব্যক্তিগত পর্যায়ে নিম্নোক্ত উপায়ে বায়ুদূষক নিয়ন্ত্রণ করা যায়। যেমন-

i. সংরক্ষণ : শক্তি উৎসের সংরক্ষণের মাধ্যমে বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রণ সম্ভব। যেমন-বিদ্যুতের অযথা অপচয় হ্রাস করলে বিদ্যুতের উৎপাদন হ্রাস পাবে ফলে বিদ্যুৎ উৎপাদন থেকে দূষণ হ্রাস পাবে।

ii. সম্পদের যথাযথ ব্যবহার : টাকা আছে বলে ব্যক্তিগত গাড়ির ব্যবহার বৃদ্ধি না করে যদি মিতব্যয়ী হওয়া যায় তাহলে দূষণ নিয়ন্ত্রণ সম্ভব।

পরিশেষে বলা যায়, পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রণের সবচেয়ে বড় উপায় হলো পরিবেশ দূষণ এবং তার ক্ষতিকর প্রভাব সম্পর্কে সাধারণত জনগনকে সচেতন করে তোলা। ব্যক্তি পর্যায়ে জনগণ যদি পরিবেশ দূষণ কার্যকলাপ থেকে বিরত থাকে তাহলে তার সুফল ব্যক্তি, দেশের গন্ডী ছাড়িয়ে পৃথিবীতে পৌছে যাবে।

**শিক্ষার্থীর কাজ**

১. শিক্ষক কয়েকজন শিক্ষার্থীর জন্য একটি নির্দিষ্ট এলাকা নির্ধারন করবেন (প্রতিষ্ঠান থেকে খুব বেশি দূরে নয়)।

২. শিক্ষার্থীরা নির্ধারিত এলাকার পানি পর্যবেক্ষন করবেন এবং দূষণের কারণ নির্ধারণ করবেন।

৩. এজন্য শিক্ষার্থীরা প্রয়োজনে ঐ এলাকার লোকজন বা কোন প্রতিষ্ঠানের লোকজনের মতামত নিবেন।

৪. দূষণের কারণ উল্লেখসহ সম্ভাব্য প্রতিকার ব্যবস্থা সম্পর্কে মতামত দিয়ে প্রতিবেদন প্রণয়ন করবেন।

**সার-সংক্ষেপ :**

যে অবস্থায় পানি তার স্বাভাবিক ব্যবহার উপযোগিতা হারায় সেই অবস্থাকে পানি দূষণ বলে।

পানি দূষণকে নিম্নোক্ত চারটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথাঃ

১. পানির ভৌত দূষণ, ২. পানির রাসায়নিক দূষণ, ৩. পানির জৈব দূষণ ও ৪. পানির ফিজিওলজিক্যাল দূষণ।

আমাদের দেশে পানি দূষণের প্রধান প্রধান উৎস হচ্ছে শিল্পজাত বর্জ্য নির্গমন, পয়ঃনিষ্কাশনজনিত বর্জ্য এবং কৃষি সম্পর্কিত বর্জ্য।

রাসায়ানিক কীটনাশক পানি দূষনের অন্যতম কারণ হিসেবে চিহ্নিতকরণ করা হয়েছে।

মানব জাতির ক্রিয়া কলাপের জন্য বাতাসে যে ঘনমাত্রায় বস্তু সমূহের অণু প্রবেশের দরুন মানুষের স্বাস্থ্য, সম্পত্তি বা সম্পত্তির উপভোগে মারাত্মক রকমের প্রভাব পড়ে তাকে বায়ুদূষণ বলে ।

বায়ুদূষণের প্রধান উৎসসমূহ হলো দুটি যথাঃ ১. প্রাকৃতিক উৎস ও ২. মনুষ্য সৃষ্ট উৎস।

পৃথিবীর প্রাণি এবং উদ্ভিদ জগতের উপর বায়ু দূষণের প্রভাব অত্যন্ত সুদূর প্রসারী।

তিনটি উপায়ে যৌথ প্রচেষ্টার মাধ্যমে বায়ুদূষণ নিয়ন্ত্রন করা যেতেপারে।

(১) প্রযুক্তির মাধ্যমে, (২) আইন-সম্মত উপায়ে, (৩) ব্যক্তিগত প্রচেষ্টায়।

পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রনের সবচেয়ে বড় উপায় হলো পরিবেশ দূষণ এবং তার ক্ষতিকর প্রভাব সম্পর্কে সাধারণ জনগনকে সচেতন করে তোলা।

## পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৯

### সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১. ঘুণিঝড় সৃষ্টির জন্য পানির তাপমাত্রা কত ºC এর উপরে থাকতে হবে?

ক. 25ºC এর উপরে খ. 27ºC এর উপরে গ. 40ºC এর উপরে ক. 30ºC এর উপরে

২. বায়ুমন্ডলের কোন স্তরে আমরা বাস করি ?

ক. ট্রপোস্ফিয়ার খ. স্ট্রাটোস্ফিয়ার

গ. মেসোস্ফিয়ার ক. থার্মোস্ফিয়ার

৩. পানির TDS কমানোর উপায় -

i. ডি-আয়োনিজেশন প্রক্রিয়ায় ii. কার্বন ফিল্টার দ্বারা iii. পাতন দ্বারা

নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii খ. i ও iii গ. ii ও iii ঘ. i ii ও iii

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

কোনো একস্থানের বায়ূতে বায়ু দূষক হিসাবে

(i) $CO_2$ (ii) $CH_4$

(iii) মারক্যাপটান (iv) $PbCl_2$ বর্তমান।

৪. এর মধ্যে কোন সাধারণ দূষণটি পেট্রোলিয়াম শোধনাগার, চামড়া শিল্প, কাগজ শিল্প ও পেট্রোকেমিক্যাল শিল্প হতে নির্গত হয় ?

ক. i খ. ii

গ. iii ঘ. iv

৫. উদ্দীপকের কোন গ্যাসগুলো গ্রিন হাউজ গ্যাসের উৎস?

ক. i ও ii খ. i ও iii

গ. ii ও iii ঘ. iii ও iv

৬. বজ্রপাতের সময় ক্রিয়াশীল হয় -

(i) $N_2$ গ্যাস (ii) $O_2$ গ্যাস (iii) $CO_2$ গ্যাস

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i ও ii খ. ii ও iii গ. i ও iii ঘ. iii ও iii

## চূড়ান্ত মূল্যায়ন

### ক. সৃজনশীল প্রশ্ন

১। রাজধানী ঢাকার বুড়িগঙ্গা নদীর তীরবর্তী একটি ছবি উপরে দেয়া হলো


চিত্র: রাজধানী ঢাকার বুড়িগঙ্গা নদীর তীরবতী একটি ছবি।

ক) পানির আর্সেনিক দূষণ কী?

খ) পানি দূষণের প্রধান কারণ শিল্পবর্জ্য কেন, ব্যাখ্যা করুন।

গ) উদ্দিপকের চিত্রটিতে পরিবেশের কোন উপাদানটি সবচেয়ে বেশি ক্ষতিগ্রস্ত হচ্ছে? ব্যাখ্যা করুন।

ঘ) উদ্দিপকে উল্লিখিত চিত্রটির আলোকে ঢাকাবাসীর স্বাস্থ্য কতখানি ঝুঁকিপূর্ণ বলে আপনি মনে কর? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করুন।

২। একটি বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে 10% সালফার যুক্ত কয়লা ব্যবহার করা হচ্ছে; কেন্দ্রটি প্রতি ঘন্টায় 500 kg কয়লা ব্যবহার করছে। কেন্দ্রের বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

কয়লা + $O_2 \rightarrow A + B$

$A$+ স্বচ্ছ চুনের পানি $\longrightarrow$ ঘোলা চুলের পানি

ক) FGD এর পূর্ণরূপ কি ? ১

খ) অ্যাসিড বৃষ্টির ক্ষতিকর প্রভাব ব্যাখ্যা করুন। ২

গ) উল্লেখিত বিদ্যুৎ কেন্দ্র হতে প্রতিদিন SATP তে কত ঘন মিটার B উৎপন্ন হচ্ছে ? ৩

ঘ) A ও B উভয়ই পরিবেশের জন্য "হুমকি স্বরূপ" উক্তিটির যথার্থতা প্রমাণ করুন।

৩। কার্বন টেট্রা ক্লোরাইড + HF $\xrightarrow{SbCl_5}$ X + HCl

$CaCO_3$ + HCl (লঘু) $\longrightarrow$ Y + লবণ + $H_2O$

ক) আর্সেনিকোসিস কী? ১

খ) পানিতে আর্সেনিক দূষণের ফলে মানব দেহে এর প্রভাব আলোচনা করুন। ২

গ) উদ্দীপকের Y পরিবেশের জন্য ইতিবাচক এবং নেতিবাচক প্রভাব বিস্তার করে? ব্যাখ্যা করুন। ৩

ঘ) উদ্দীপকের X কিভাবে পরিবেশ দূষণে ভূমিকা রাখে? সমীকরণসহ বিশ্লেষণ করুন। ৪

## উত্তরমালা

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১ : | ১। ক | ২। খ | ৩। গ | ৪। ক | ৫। খ | ৬। খ | ৭। ক | ৮। গ |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.২ : | ১। খ | ২। খ | ৩। খ | ৪। ঘ | ৫। ঘ | ৬। ক | ৭। ক | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৩ : | ১। ঘ | ২। ক | ৩। খ | ৪। খ | ৫। ঘ | ৬। ঘ | ৭। ক | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৪ : | ১। ঘ | ২। ক | ৩। ক | ৪। গ | ৫। খ | ৬। ক | ৭। ঘ | ৮। খ |
| | ৯। ঘ | ১০। খ | | | | | | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৫ : | ১। খ | ২। ক | ৩। গ | ৪। গ | ৫। ঘ | ৬। ঘ | ৭। খ | ৮। ঘ |
| | ৯। খ | ১০। ঘ | ১১। খ | ১২। ঘ | ১৩। খ | | | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৬ : | ১। গ | ২। ক | ৩। ঘ | ৪। ঘ | ৫। ক | ৬। গ | | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৭ : | ১। খ | ২। গ | ৩। খ | ৪। ঘ | ৫। ঘ | ৬। ক | ৭। ক | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৮ : | ১। গ | ২। ঘ | ৩। ক | ৪। খ | ৫। ঘ | ৬। ঘ | ৭। ঘ | |
| পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৯ : | ১। খ | ২। ক | ৩। ঘ | ৪। গ | ৫। ক | ৬। ক | | |