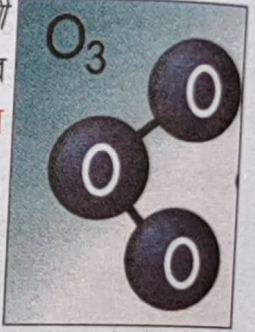


ওজোন ক্ষয় (Ozone Depletion) : ওজোনের সংজ্ঞা (Definition of Ozone) : বায়ুর অক্সিজেন গ্যাসের রূপভেদ হল ওজোন। তিনটি



অক্সিজেন পরমাণুর (O) আইসোটোপযুক্ত হালকা নীল রঙের উগ্র আঁশটে গন্ধযুক্ত অস্থায়ী প্রকৃতির বিষাক্ত গ্যাসকে ওজোন বলে। বিজ্ঞানী ভন মারুম ১৭৮৫ সালে প্রথম গ্যাসটির অস্তিত্ব অনুভব করেন। ১৮৪০ সালে সুইস রসায়নবিদ **ক্রিশ্চিয়ান ফেডরিক স্কোনবি ওজোন আবিষ্কার করেন।** ইংরেজি Ozone শব্দটির ব্যুৎপত্তিগত গ্রিক শব্দ Ozo (অর্থ বিশেষ গন্ধ) থেকে।



ওজোন গ্যাস

ওজোনের বৈশিষ্ট্য (Characteristic of Ozone) : ♦১. ওজোন একটি হালকা

নীল রঙের বিষাক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। ♦২. এর গন্ধ তীব্র আঁশটে। ♦৩. এটি খুব হালকা বা

ক্রিশ্চিয়ান ফেডরিক স্কোনবি ভারহীন, ♦৪. ওজোন হল অক্সিজেনের একটি রূপভেদ। এটি অক্সিজেনের ত্রিপরমাণুক অণু অর্থাৎ একটি ওজোন অণুতে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু থাকে। এর সংকেত O_3 । ♦৫. তরল ওজোনের স্ফুটনাঙ্ক $(-)$ ১১২.৪° সে. এবং কঠিন ওজোনের গলনাঙ্ক $(-)$ ২৪৯.৭° সে.। ♦৬. স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ১৫-৩০ কিমি উচ্চতায় এটি স্তরের মতো অবস্থান করে। ভূপৃষ্ঠে এর পরিমাণ অতি নগণ্য। ♦৭. বায়ুতে এই গ্যাসের পরিমাণ অতি নগণ্য, মাত্র ০.০০০০৬%। ♦৮. নিম্ন বায়ুস্তরে ওজোনের ঘনত্ব খুবই কম এবং স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে সবচেয়ে বেশি। ঘনত্ব নিরক্ষীয় অঞ্চলে ২৫০ DU, নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে ৩৫০ DU এবং উপমেরু অঞ্চলে ৪৫০ DU হয়।

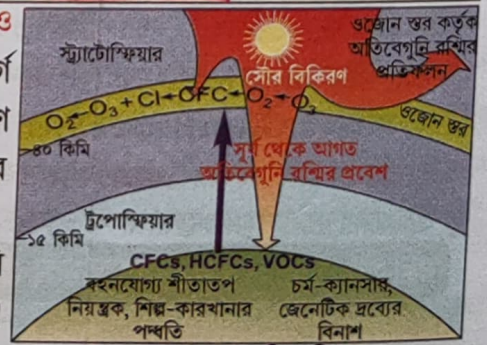
জেনে রেখো : ★ ডবসন একক (Dobson Unit) :

বায়ুমণ্ডলে ওজোন গ্যাসের ঘনত্ব পরিমাপে ব্রিটিশ পদার্থবিদ গর্ডন ডবসন -এর নামানুসারে ডবসন একক (DU) ব্যবহৃত হয়। প্রতি বর্গমিটার ক্ষেত্রমানে 2.69×10^{20} সংখ্যক ওজোন অণু উপস্থিত থাকলে তাকে এক ডবসন একক বলে। ১৯২০ সালে তিনি আল্ট্রাভায়োলেট স্পেকটোমিটার যন্ত্র দ্বারা ওজোনের ঘনত্ব প্রথম পরিমাপ করেন।

ওজোন স্তর (Ozone Layer) : বায়ুমণ্ডলের সমস্ত স্তরে ওজোন থাকলেও

ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন ট্রপোস্ফিয়ারে এর পরিমাণ অতি নগণ্য। (১ পিপিএম-এর কম)। বায়ুমণ্ডলের ৯০% ওজোন স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ১০-৫০ কিমি উচ্চতায় অবস্থান করে। স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ১৫-৩০ কিমি উচ্চতায় ওজোন গ্যাসের সবচেয়ে বেশি

ঘনত্বযুক্ত পুরু আস্তরণকে ওজোন স্তর (Ozonosphere) বলে। ফরাসি বিজ্ঞানী **হেনরি বুশন ও চার্লস ফেরি ১৯১৩ সালে বায়ুমণ্ডলে ওজোন স্তর আবিষ্কার করেন।** স্তরটির ঘনত্ব প্রতিবর্গ সেমিতে 5×10^{22} অণু। এর ঘনত্ব নিরক্ষীয় অঞ্চল থেকে মেরু অঞ্চলের দিকে বৃদ্ধি পায়, কারণ স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ক্রান্তীয় অঞ্চল থেকে উপমেরু অঞ্চলের দিকে বায়ুপ্রবাহের ফলে ওজোন গ্যাসের স্থানান্তর ঘটে। স্তরটির ঘনত্ব অক্ষাংশ, উচ্চতা ও ঋতু অনুসারে পরিবর্তিত হয়।



ওজোন স্তর সৃষ্টি (Formation of Ozone Layer) : স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে অতিবেগুনি

রশ্মির উপস্থিতিতে দুটি অনুক্রমিক আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ওজোন গ্যাস সৃষ্টি হয়।

♦(১) আলোক রাসায়নিক বা আলোক বিয়োজন বিক্রিয়া : প্রথমে দ্বিপারমাণবিক

অক্সিজেন অণু (O_2) অতিবেগুনি রশ্মির ফোটন কণা (UV-B, C) দ্বারা দুটি অক্সিজেন পরমাণুতে বিয়োজিত হয়। $O_2 \xrightarrow{UV-B, C} O + O$

♦(২) তাপ উৎপাদী বিক্রিয়া : প্রথম বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অক্সিজেন পরমাণু অবিভাজিত দ্বিপারমাণবিক অক্সিজেন অণুর সঙ্গে

সংযোজিত হয়ে তাপ ও ওজোন গ্যাস উৎপন্ন হয়। $O_2 + O + (M) \rightarrow O_3 + (M)$, M -- অনুঘটক।

ওজোনের গুরুত্ব (Importance of Ozone) : *১. বিরূপ প্রভাব : ওজোন একটি অতি বিষাক্ত গ্যাস। বায়ুতে এর পরিমাণ ০.১৪ পি.

পি. এম. হলে নিম্ন ট্রপোস্ফিয়ারে ওজোন দ্বারা ক্ষতিকর ধোঁয়াশা সৃষ্টি হয়। মানুষের চোখ ও ফুসফুস জ্বালা করে। মাথা ধরা, গা বমি, দেহের নানা অংশের ফুলে যাওয়া ইত্যাদি দেখা দেয়। এটি গাছের সালোকসংশ্লেষে ব্যাঘাত ঘটায়। পাতায় ক্ষত চিহ্ন তৈরি হয়। শস্য উৎপাদন হ্রাস পায়।

২. ইতিবাচক প্রভাব—প্রাকৃতিক সৌরপর্দা : বায়ুস্তরে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন গ্যাসের স্তর পৃথিবীর জীবমণ্ডলের পক্ষে খুবই উপকারী ও গুরুত্বপূর্ণ। একে প্রাকৃতিক সৌরপর্দা বলা হয়। কারণ—

১. ভূপৃষ্ঠ থেকে ১৫-৩০ কিমি উচ্চতায় ওজোন গ্যাসের পাতলা আস্তরণ ছাড়া বা পর্দার মতো অবস্থান করে সৌর বিকিরণের ক্ষতিকারক তিনটি অতিবেগুনি রশ্মির (UV-A, B, C) মধ্যে দুটি UV-B, C [যাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ২৯৫০Å (অ্যাংস্ট্রম)-এর কম] -কে প্রতিহত করে পৃথিবীর জীবজগৎকে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে।

২. ওজোন গ্যাসের স্তর ভূপৃষ্ঠ থেকে বিকিরিত দীর্ঘ তরঙ্গের অবলোহিত রশ্মির বিকিরণে বাধা দিয়ে বায়ুমণ্ডলে উন্নতর ভারসাম্য বজায় রাখে।

ভৌগোলিক কারণ : ★ **আয়নোস্ফিয়ার ও ট্রোপোস্ফিয়ারে ওজোন গ্যাস সৃষ্টি হয় না ও ওজোনের ঘনত্ব বেশি হয় না :** বায়ুমণ্ডলে

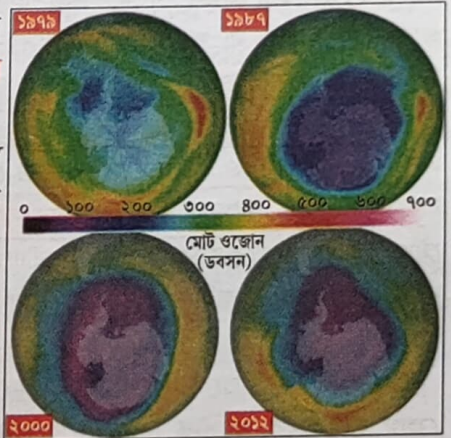
স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের উপরে আয়নোস্ফিয়ারে বায়ুর ঘনত্ব খুব কম ও অধিকাংশ বায়বীয় অক্সিজেন UV-C ফোটন কণা দ্বারা বিভাজিত হয়ে পারমাণবিক অবস্থায় থাকে। অক্সিজেন পরমাণুগুলি সংযোজিত হয়ে সর্বদা অক্সিজেন অণু গঠন করে। কখনো অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হয় না। নতুন গঠিত অক্সিজেন অণু আবার অক্সিজেন পরমাণুতে বিভাজিত হয়। এভাবে অক্সিজেন অণুর ভাঙা ও গড়ার কাজ অবিরাম চলতে থাকায় এই স্তরে ওজোন সৃষ্টি ও ওজোনের ঘনত্ব খুবই নগণ্য। ট্রোপোস্ফিয়ারে UV-B, C একদম থাকে না। ফলে অক্সিজেন পরমাণু সৃষ্টি হয়ে অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ওজোন সৃষ্টি হয় না।

★ **স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন সৃষ্টি হয় এবং ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি হয় :** বায়ুমণ্ডলে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের মধ্যস্তরে ১৫-৩০ কিমি উচ্চতায় বায়ুর ঘনত্ব অপেক্ষাকৃত বেশি হয়। তাই আণবিক অক্সিজেনের পরিমাণ বেশি থাকে এবং পারমাণবিক অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকে। আবার সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মির ফোটন কণা (UV-B, C) পর্যাপ্ত মাত্রায় থাকে। ফলে অক্সিজেন অণু UV-B, C ফোটন কণা দ্বারা অক্সিজেন পরমাণুতে বিভাজিত হয়। পরমাণুগুলি অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে সর্বাধিক সংখ্যায় ওজোন সৃষ্টি হয় এবং ঘনত্বও সবচেয়ে বেশি হয়। প্রতি বর্গ সেমিতে প্রায় 5×10^{12} অণু।

ওজোনের ক্ষয় বা বিনাশ (Depletion of Ozone) : ❖ **সংজ্ঞা :** বর্তমান দিনে মাত্রাতিরিক্ত বায়ুদূষণের ফলে বায়ুমণ্ডলে কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের সঙ্গে ওজোন গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে কিছু কিছু অংশে ওজোন গ্যাস ধ্বংস হয়ে ঘনত্ব হ্রাস পাচ্ছে এবং ওজোন স্তর ক্রমশ পাতলা হচ্ছে। এই ঘটনাকে ওজোন হ্রাস বা বিনাশ বলে। বর্তমান দিনে ওজোন হ্রাস হল একটি অন্যতম প্রধান পরিবেশগত অবক্ষয়।

❖ **গতিপ্রকৃতি :** ১৯৫৭-৮৫ সাল পর্যন্ত আন্টার্কটিকার হ্যালি বে অঞ্চলে ব্রিটিশ বিজ্ঞানী ড. জে. সি. ফারমেন-এর নেতৃত্বে ইজা

সাল	ওজোন ঘনত্ব	আন্টার্কটিক সমীক্ষক দল অনুসন্ধানের পর বলেন, ১৯৭০ সালের মাঝামাঝি থেকে আন্টার্কটিকার ওজোন স্তর
১৯৫৭-৭০	৩০০ DU	অতি দ্রুত লঘু হচ্ছে এবং ১৯৭০ সালে ওজোন গ্যাসের ঘনত্ব
১৯৭০-৮৫	২০০ DU	৩০০DU থেকে ১৯৯৩ সালে ৯০ DU হয়। বসন্তকালে
১৯৮৫-৯৩	৯০ DU	(সেপ্টেম্বর থেকে নভেম্বর) এই ক্ষয়মাত্রা সর্বাধিক হয়।

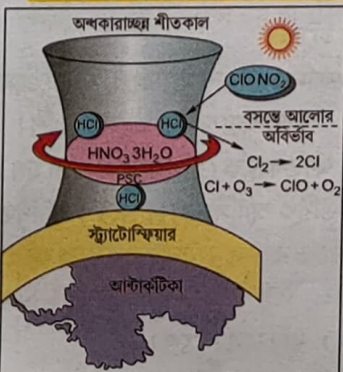


ওজোন গহ্বর (Ozone Hole) : ❖ **সংজ্ঞা :** বর্তমান দিনে অতি মাত্রায় বায়ুদূষণের ফলে কোনো কোনো স্থানের স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন গ্যাস ধ্বংস হয়ে ঘনত্ব হ্রাস পেয়ে ওজোনস্তরক্রমশ খুবই পাতলা হয় এবং সেখান দিয়ে অতিবেগুনি রশ্মি প্রবেশ করে। একে ওজোন গহ্বর বলে।

❖ **আন্টার্কটিকায় ওজোন গহ্বর :** বিজ্ঞানী ফারমেন প্রতিবছর বসন্তকালে আন্টার্কটিকায় ওজোন স্তরের সর্বোচ্চ ক্ষয়কে ওজোন গহ্বর বলেছেন। তাঁর মতে **ওজোন গ্যাসের ঘনত্ব ২০০ DU-এর কম হলে ওজোন গহ্বর সৃষ্টি হয়েছে বলে ধরা হয়।** NASA কৃত গবেষণায় জানা যায়,

আন্টার্কটিকার ওজোন গহ্বরটির ক্ষেত্রফল ১৯৯২ সালে ২.৩ কোটি বর্গ কিমি ছিল, যা ২০০০ সালে ৯-১০ সেপ্টেম্বরে ২.৯৫ কোটি বর্গ কিমি হয়। এটি সৎলগ্ন অস্ট্রেলিয়া, নিউজিল্যান্ড, দক্ষিণ আফ্রিকা প্রজাতন্ত্র, চিলি, উরুগুয়ে, আর্জেন্টিনা ও ব্রাজিল পর্যন্ত প্রসারিত এবং বিস্তৃতিক্রমশ বাড়ছে। সাম্প্রতিককালে, সুমেরুসংলগ্ন গ্রিনল্যান্ড, কানাডা, ইউরেশিয়াতে ওজোনস্তর পাতলা হয়ে ওজোন গহ্বর সৃষ্টি হয়েছে। ১৯৯৫ সালে সুমেরু অঞ্চলে ওজোনের ঘনত্ব স্বাভাবিকের চেয়ে ৪০% কম ছিল।

ওজোন গহ্বর সৃষ্টির পদ্ধতি (Process of Development of Ozone Hole) : ওজোন গহ্বর সৃষ্টি হয় চারটি পর্যায়ক্রমিক পদ্ধতিতে।



❖ **প্রথম পর্যায় :** আন্টার্কটিকা মহাদেশে ৬ মাস ব্যাপী অন্ধকারাচ্ছন্ন শীতকালে উন্নত দ্রুত হ্রাস পেয়ে -৮০° সে. হয় এবং কুমেরু উচ্চচাপ বলয় খুবই শক্তিশালী হয়। এখান থেকে দক্ষিণ-পূর্ব মেরুবায়ু কুমেরু বৃত্তপ্রদেশীয় নিম্নচাপ বলয়ের দিকে প্রবাহিত হয়। সেখানে ওই বায়ু উর্ধ্বগামী হয় এবং উর্ধ্বাকাশের বায়ু আবার উত্তর-পশ্চিম পশ্চিমা বায়ুরূপে কুমেরু উচ্চচাপের দিকে প্রবাহিত হয়। কিন্তু স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে প্রবল নিম্নচাপ ও সর্বাধিক কোরিয়োলিস বলের জন্য ওই বায়ু দক্ষিণ মেরুর চারদিকে তীর গতিবেগে পাক খেতে থাকে। ফলে ওই ঘূর্ণায়মান বায়ুর কেন্দ্রে একটি আবর্ত (Vortex) সৃষ্টি হয়, যার মধ্যস্থ বায়ুর বেগ ঘণ্টায় ৩০০ কিমির বেশি এবং চারপাশের বায়ুপুঞ্জ থেকে সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন হয়ে উন্নত -৮০° সে. হয়।

❖ **দ্বিতীয় পর্যায় :** এই সময় আবর্তের মধ্যে অতি নিম্ন উন্নতায় জল (H_2O) ও নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ঘনীভূত হয়ে নাইট্রিক অ্যাসিডের ট্রাই হাইড্রেট ($HNO_3 \cdot 3H_2O$) কেলাস উৎপন্ন হয়, যা পোলার

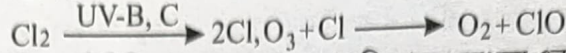
স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারিক ক্লাউড (PSC) নামে বিশেষ এক মেঘ গঠন করে। ভূপৃষ্ঠ থেকে মানবীয় কার্যকলাপের ফলে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন স্তরে আবর্তের চারপাশে নিষ্ক্রিয়ভাবে অবস্থান করে।

❖ **তৃতীয় পর্যায় :** এই পর্যায়ে $ClONO_2$ এবং HCl উক্ত মেঘের কেলাসের অংশরূপে যুক্ত হয়। $ClONO_2$ ও HCl -এর মধ্যে সংঘাত ঘটে

আন্টার্কটিকায় ওজোন গহ্বর সৃষ্টির পদ্ধতি

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আণবিক ক্লোরিন গ্যাস (Cl_2) উৎপন্ন হয় ও নিম্ন স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে জমা হয়। $ClONO_2 + HCl \rightarrow Cl_2 + HNO_3$

◆ **চতুর্থ পর্যায়** : সবশেষে বসন্তকাল শুরু হলে সূর্যের প্রথম আবির্ভাবে সূর্যকিরণের অতিবেগুনি রশ্মির প্রভাবে আণবিক ক্লোরিন বিয়োজিত হয়ে পারমাণবিক ক্লোরিনে (Cl) পরিণত হয়, যা ওজোন অণুকে (O_3) বিশ্লিষ্ট করে অক্সিজেন অণু (O_2) এবং ক্লোরিন মনোক্সাইড (ClO) তৈরি করে। ওজোন অণুর এভাবে বিয়োজনের ফলে ওজোন স্তর পাতলা হয় ও ওজোন গহ্বর সৃষ্টি হয়।



৬ মাস ব্যাপী সূর্যালোকিত বসন্তকালে আবর্ত নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়লে ওজোন বিয়োজন বন্ধ হয় এবং প্রাকৃতিকভাবে অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা অক্সিজেন অণু ও পরমাণু সংযোজিত হয়ে ওজোন সৃষ্টি হয়ে ওজোন স্তর পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। এভাবে সারা বছর ধরে ওজোন গ্যাসের ক্ষয় ও সৃষ্টি চক্রাকারে চলতে থাকে। বিশ্লেষিত ওজোনের পরিমাণ সংশ্লিষ্ট ওজোনের থেকে বেশি হলে গহ্বর সৃষ্টি হয়।

ওজোনের হ্রাস বা ওজোন গহ্বর সৃষ্টির কারণ (Causes of Ozone Depletion) : ওজোন হ্রাসের কারণগুলি দুই ধরনের— প্রাকৃতিক ও মানবীয়। তবে প্রাকৃতিক কারণের তুলনায় মানবীয় কারণের প্রভাব সবচেয়ে বেশি। □(ক) **প্রাকৃতিক কারণ** : স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে প্রাকৃতিক উপায়ে ওজোন সৃষ্টির সঙ্গে প্রাকৃতিকভাবে তা লুপ্ত হয়ে ওজোন স্তরের ভারসাম্য বজায় থাকে।

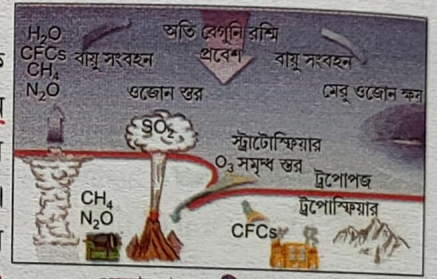
★ ১. **অতিবেগুনি রশ্মি** : সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মির ফোটন কণা (UV-B, C) আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ওজোন অণুকে বিভাজন করে একটি অক্সিজেন অণু ও একটি পরমাণুতে পরিণত করে ওজোনের বিনাশ ঘটায়।



★ ২. **সূর্যরশ্মির তাপীয় ফল** : প্রতি ১১-১২ বছর অন্তর সূর্যের তাপীয় ফল হার বৃদ্ধি পাওয়ায় প্রকৃতির বায়বীয় নাইট্রোজেন বেশি পরিমাণে নাইট্রাস অক্সাইডে (NO) পরিণত হয়ে ওজোনের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে ওজোন হ্রাস করে।

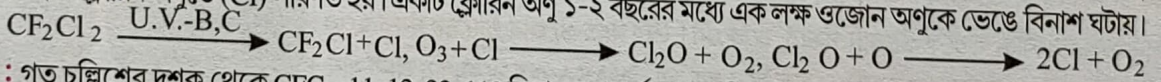
★ ৩. **বায়ু সঞ্চারন** : কুমেরু অঞ্চল থেকে প্রবল বেগে উর্ধ্বাংশের বায়ু সঞ্চারনের ফলে বায়ু দ্বারা ওজোন গ্যাস বাহিত হয়ে $60^\circ-90^\circ$ দক্ষিণ অক্ষাংশ অঞ্চলে সঞ্চিত হয়। ফলে আন্টার্কটিকা অঞ্চলের ওজোন গহ্বর ক্রমশ বৃদ্ধি পাচ্ছে।

□(খ) **মানবীয় কারণ** : বর্তমান শিল্প শহরায়ণের যুগে মনুষ্য সৃষ্ট মাত্রতিরিক্ত বায়ুদূষণ ব্যাপক ওজোন ক্ষয় করছে যা পুনরুদ্ধার করা অসম্ভব। ★ ১. **ক্লোরো ফ্লুরো কার্বন যৌগ** : মার্কিন রসায়নবিদ **থমাস মিজলে** (১৯৩০) ক্লোরিন, ফ্লুরিন ও কার্বনের যৌগ রূপে ট্রাইক্লোরোফ্লুরো মিথেন ($CFCl_3$), ডাইক্লোরোফ্লুরো মিথেন (CF_2Cl_2) উদ্ভাবন করেন, যার বাণিজ্যিক নাম **ফ্রোন** (Freon)। মার্কিন বিজ্ঞানী মারিও মোহিনা ও শেরউড রোল্যান্ড (১৯৭৪) সর্বপ্রথম ওজোন গহ্বর সৃষ্টির কারণরূপে ফ্রোন গ্যাসকে এবং **ড. সুসান সুলেমান** (১৯৮৬) ক্লোরিন গ্যাসকে চিহ্নিত করেন।



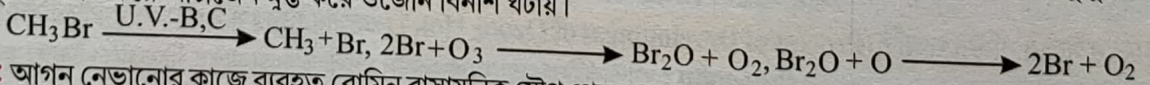
ওজোন গহ্বর সৃষ্টির কারণসমূহ

যৌগগুলি ভূপৃষ্ঠ থেকে অবিকৃত অবস্থায় স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে পৌঁছে ১০০ বছরের বেশি সময় ধরে টিকে থাকে এবং সৌর বিকিরণের অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা বিভাজিত হয়ে ক্লোরিন অণুতে (Cl) পরিণত হয়। একটি ক্লোরিন অণু ১-২ বছরের মধ্যে এক লক্ষ ওজোন অণুকে ভেঙে বিনাশ ঘটায়।



● **উৎস** : গত চল্লিশের দশক থেকে CFC - 11, 12, 22, 113 হিমায়ক পদার্থরূপে রেফ্রিজারেটর, এয়ার কন্ডিশনার, স্প্রে ক্যান, দ্রাবক, ফোম, কীটনাশক, প্লাস্টিক, বিমানের প্রপেলার, কম্পিউটার শিল্পে ব্যাপকভাবে ব্যবহারের ফলে CFC যৌগগুলি উৎপন্ন হচ্ছে।

★ ২. **ব্রোমিন যৌগ** : সৌরকিরণের অতিবেগুনি রশ্মি কতকগুলি ব্রোমিন যৌগ, যথা—ট্রাইফ্লুরোব্রোমোকার্বন (CF_3Br), ডাইফ্লুরোব্রোমোকার্বন (CF_2Br), মিথাইল ব্রোমাইড (CH_3Br)কে আলোক বিয়োজন বিক্রিয়ায় ভেঙে সক্রিয় ব্রোমিন পরমাণু মুক্ত করে যা ওজোন অণুকে বিশ্লিষ্ট করে অক্সিজেন মুক্ত করে ওজোন বিনাশ ঘটায়।

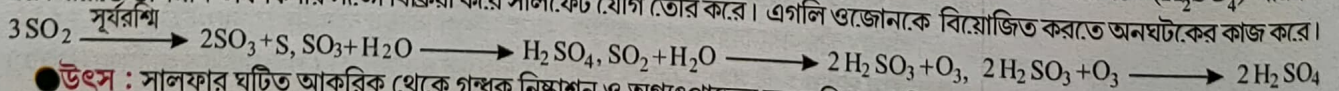


● **উৎস** : আগুন নেভানোর কাজে ব্যবহৃত ব্রোমিন রাসায়নিক যৌগ থেকে CF_3Br , CF_2Br উৎপন্ন হচ্ছে।

★ ৩. **হ্যালোন যৌগ** : সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মি হ্যালোন ১২১১ এবং ১৩০১ যৌগ দুটিকে ভেঙে সক্রিয় ব্রোমিন পরমাণু মুক্ত করে, যা ওজোন অণুকে বিশ্লিষ্ট করে অক্সিজেন মুক্ত করে বিনাশ ঘটায়। CFC-এর চেয়ে হ্যালোন যৌগের পরিমাণ কম হলেও ওজোন ক্ষয় ক্ষমতা অনেক বেশি।

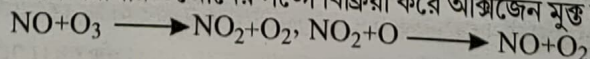
● **উৎস** : অগ্নিনির্বাপক ব্যবস্থা ও হিমায়িত করণে CFC-এর সঙ্গে হ্যালোন গ্যাস ব্যবহারের ফলে ক্ষতিকারক যৌগগুলি উৎপন্ন হয়।

★ ৪. **সালফেট যৌগ** : সালফার ডাই অক্সাইড গ্যাস (SO_2) বৃষ্টির জলকণার সঙ্গে যুক্ত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) পরিণত হয়। বায়তে ভাসমান লবণকণার সঙ্গে বিক্রিয়া করে সালফেট যৌগ তৈরি করে। এগুলি ওজোনকে বিয়োজিত করতে অনঘটকের কাজ করে।



● **উৎস** : সালফার ঘটিত আকরিক থেকে গন্ধক নিষ্কাশন ও অগ্ন্যুৎপাতের ফলে বিপুল পরিমাণ SO_2 বাতাসে মেখে।

★ ৫. **নাইট্রোজেন যৌগ** : নাইট্রোজেন-ডাই-অক্সাইড (NO_2), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন অক্সাইড (NO), নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) ইত্যাদি নাইট্রোজেন যৌগ সরাসরি ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অক্সিজেন মুক্ত করে ওজোন বিনাশ করে।



● **উৎস** : বিভিন্ন কারখানা, তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র, জেট বিমান, পারমাণবিক বিস্ফোরক থেকে প্রচুর নাইট্রোজেন যৌগ বায়ুতে যুক্ত হয়।

★ **৬. মিথেন** : উদ্ভিদের দেহাংশ, কৃষিকাজ বর্জ্য পদার্থ, জীবজন্তুর মলমূত্র পচনের ফলে উৎপন্ন মিথেন গ্যাস (CH_4) ওজোনকে ভেঙে দেয়।

ওজোন হ্রাসের প্রভাব (Effects of Ozone Depletion) : ওজোন গ্যাসের ঘনত্ব ১% হ্রাস পেলে নিম্ন বায়ুস্তরে UV-B, C-এর অনুপ্রবেশ ২% বৃদ্ধি পায়। তাই ওজোন ক্ষয় জলবায়ু ও জীবমণ্ডলের প্রভূত ক্ষতি করে। (আন্তর্জাতিক ওজোন সুরক্ষা দিবস-১৬ সেপ্টেম্বর)

◆ (ক) **জলবায়ুর উপর প্রভাব** : সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মি সরাসরি নিম্ন বায়ুমণ্ডলে আসার ফলে—◆ ১. ভূপৃষ্ঠ ও সংলগ্ন বায়ুস্তর অধিক উত্তপ্ত হয়ে **ভূ উন্ময়ন** ঘটে। ফলে হিমবাহের গলন ঘটে সমুদ্রতল উত্থিত হয়ে সমুদ্র তীরবর্তী নিম্ন অঞ্চল জলমগ্ন হবে। ◆ ২. নিম্ন স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন স্তর অধিক উত্তপ্ত হয়ে বায়ুমণ্ডলে উন্নতার বৈপরীত্য সৃষ্টি হয়। ◆ ৩. ট্রপোস্ফিয়ারে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের (H_2O_2) পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়ে অ্যাসিড বৃষ্টির পরিমাণ বাড়ে। ◆ ৪. ভূপৃষ্ঠে আলোক রাসায়নিক বিক্রিয়া বৃদ্ধি পেয়ে ঔষাশা সৃষ্টির প্রবণতা বাড়ে। ◆ ৫. পৃথিবীর উত্তাপের সমতা নষ্ট হয়। ◆ ৬. বায়ুমণ্ডলীয় গোলযোগ ও প্রাকৃতিক দুর্যোগের প্রাদুর্ভাব বৃদ্ধি পায়।

◆ (খ) **মানুষের উপর প্রভাব** : ওজোন ক্ষয় তথা সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মি মানব শরীরে সর্বাধিক নেতিবাচক প্রভাব বিস্তার করে। ◆ (১) মানব দেহত্বকের অনাবৃত অংশ UV-B দ্বারা **সৌরদগ্ধ (Sunburn)** হয়ে চামড়া তামাটে রঙের হয়ে যায়। ◆ (২) অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা ত্বকে **ম্যালিগন্যান্ট** (চরম ক্ষতিকর) ও নন-ম্যালিগন্যান্ট (নিরাময়যোগ্য) **ক্যান্সার** সৃষ্টি হয়। শ্বেতাঙ্গদের ত্বক মেলানোসাইট মেলানিন তৈরি করতে না পারায় ত্বক UV-B দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয়ে ক্যান্সারের কবলে পড়ে। যুক্তরাষ্ট্রে ক্যান্সারে প্রতি বছর প্রায় ৭০০০ মানুষের মৃত্যু ঘটে। ◆ (৩) মানুষের চোখের লেন্স ও করনিয়া দ্বারা UV-B অধিশোষণের ফলে অল্প বয়স্কদের চোখে ছানি পড়ে। ◆ (৪) অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা মানুষের অনাক্রম্যতা (immunity) অর্থাৎ রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা হ্রাস পায় ও সহজেই নানা রোগে আক্রান্ত হয়। ◆ (৫) অতিবেগুনি রশ্মি দ্বারা মানুষ স্তন ক্যান্সার ও **লিউকেমিয়া** তে আক্রান্ত হয়।



মুখগতুরে ক্যান্সার

◆ (গ) **প্রাণী জগতের উপর প্রভাব** : ওজোন ক্ষয়ের ফলে ভূপৃষ্ঠস্থ বায়ুস্তরে সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মির প্রভাবে—◆ (১) সামুদ্রিক প্রাণী প্ল্যাংকটন সহ বিভিন্ন জলজ প্রাণীর সংখ্যা হ্রাস পায়। ◆ (২) মাছ উৎপাদন কমে যায়, ◆ (৩) নিম্ন শ্রেণির প্রাণীর বৃদ্ধি ও বিকাশ ব্যাহত হয়। ◆ (৪) উভচর প্রাণীর সংখ্যা হ্রাস পায়। ◆ (৫) জীবজন্তুর প্রজনন ক্ষমতা হ্রাস পেয়ে বংশবৃদ্ধি ব্যাহত হয়।

◆ (ঘ) **উদ্ভিদ জগতের উপর প্রভাব** : ওজোন হ্রাসের ফলে নিম্ন বায়ুস্তরে সূর্যের অতিবেগুনি রশ্মি প্রবেশ করার ফলে ◆ (১) গাছের পাতায় ২০-৫০% ক্লোরোফিলের পরিমাণ হ্রাস পায় এবং ক্ষতিকর মিউটেশন ঘটে। সালোকসংশ্লেষ ব্যাহত হয়। ◆ (২) পত্ররশ্মি দ্বারা বাষ্পীভবন হার বৃদ্ধি পায় ও মাটির জল নিঃশেষিত হয়। ◆ (৩) গাছের পাতা, ফুল, ফল ও বীজের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়ে উৎপাদনশীলতা হ্রাস পায়। ফলে খাদ্যোৎপাদন ব্যাহত হয়। অস্ট্রেলিয়াতে প্রতি বছর গম, বাজরা, জোয়ার, কড়াইশুঁটির উৎপাদন প্রায় ৩% হ্রাস পেয়েছে।

◆ (ঙ) **বাস্তুতন্ত্রের উপর প্রভাব** : বাস্তুতন্ত্রে অতিবেগুনি রশ্মির অবাধ অনুপ্রবেশের ফলে ◆ ১. জলজ বাস্তুতন্ত্রে ফাইটোপ্ল্যাংকটনের সংখ্যা হ্রাস পেয়ে বাস্তুতন্ত্রটি সামগ্রিকভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। ◆ ২. পৃথিবীর জলচক্র ও জৈব রাসায়নিক চক্রের ব্যাঘাত ঘটে বাস্তুতন্ত্রিক ভারসাম্য বিঘ্নিত হয়। ◆ ৩. বাস্তুতন্ত্রে খাদ্যশৃঙ্খল, খাদ্যজাল, শক্তিপ্রবাহ, পুষ্টিচক্রের স্বাভাবিক আবর্তন ক্ষতিগ্রস্ত হয়। ◆ ৪. উন্নতার বৃদ্ধিতে জীবমণ্ডলে উদ্ভিদের প্রকৃতি, বিস্তার ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হয়। ◆ ৫. বাস্তুতন্ত্রে বর্ধিত উন্নতা সালোকসংশ্লেষ হার হ্রাস করে বাস্তুতন্ত্রের উৎপাদনশীলতা কমে যায়।

◆ (চ) **বস্তু জগতের উপর প্রভাব** : UV-B, C-এর প্রভাবে প্লাস্টিক জাত দ্রব্য, PVC পাইপ লাইন ভঙ্গুর হয়।

ওজোন ক্ষয় নিয়ন্ত্রণের উপায় (Control of Ozone Depletion) : ওজোন স্তর ক্ষয় নিয়ন্ত্রণে কতকগুলি পদক্ষেপ গ্রহণ করা যায়। ● ১.

ফ্রোন ও হ্যালোন উৎপাদন বন্ধ করে বিকল্প ব্যবহার : CFC_{11} , CFC_{12} , হ্যালোন 1211, 1301 উৎপাদন ও ব্যবহার হ্রাস করতে (প্লাস্টিক, রং, রেফ্রিজারেটর, অগ্নি নির্বাপন শিল্পে) পরিবেশ আইন কঠোরভাবে প্রয়োগ করা প্রয়োজন। সেই সঙ্গে CFC-এর পরিবর্তে কম ক্ষতিকারক HCFC, HFC, HC (যথা—প্রোপেন, বিউটেন, টারপেন, হিলিয়াম, অ্যামোনিয়া) এবং হ্যালনের পরিবর্তে HBFC ব্যবহার করতে হবে, যাতে তা ওজোন স্তরে পৌঁছানোর পূর্বে ধ্বংস হয় বা ওজোনের সঙ্গে কোনো বিক্রিয়া না করে। ● ২. **পারমাণবিক বিস্ফোরণ রোধ** : বিভিন্ন দেশকে পারমাণবিক নিরস্ত্রীকরণ চুক্তিতে शामिल করতে হবে যাতে আণবিক বিস্ফোরণের মাধ্যমে বায়ুতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অক্সাইড যুক্ত করতে না পারে। ● ৩.

শিল্পদূষণ প্রতিরোধ : কারখানার চিমনি থেকে সরাসরি যাতে সালফেট, এরোসল বায়ুতে না মেশে, সেজন্য উন্নত প্রযুক্তি সম্পন্ন দূষণ নিয়ন্ত্রণকারী যন্ত্রপাতি বসাতে হবে। ● ৪. **উড়ান নিয়ন্ত্রণ** : সুপারসনিক জেট ও রকেটের ব্যবহার হ্রাস বা উচ্চ ট্রপোস্ফিয়ারে চালানোর ব্যবস্থা করা প্রয়োজন। ● ৫. **সার, বিষ ব্যবহার হ্রাস** : কৃষিকাজে ব্যবহৃত নাইট্রোজেন ঘটিত সার ও কীটনাশক প্রয়োগ কমিয়ে জৈব সার ব্যবহার করা দরকার। ● ৬.

জনসচেতনতা বৃদ্ধি : ওজোন স্তর হ্রাসের কারণ ও মানুষসহ পরিবেশের উপর তার কুপ্রভাব সম্পর্কে জনগণকে সচেতন করতে হবে।

বিশেষ কথা : **ওজোন স্তর সংরক্ষণ (Conservation of Ozone Layer)** : ওজোন স্তর সংরক্ষণে সারা বিশ্ব ব্যাপী আলোচনা চলছে ও নানা ব্যবস্থা গ্রহণ করা হচ্ছে। * ১. **মন্ট্রিল চুক্তি** : ওজোন স্তর ক্ষয় নিয়ন্ত্রণে বিশ্বের ৩৫টি উন্নত দেশ ১৯৮৭ সালের ১৬ সেপ্টেম্বর কানাডার মন্ট্রিল শহরে যে আন্তর্জাতিক চুক্তি স্বাক্ষর করেন, তা মন্ট্রিল প্রোটোকল নামে পরিচিত। এটি ১৯৮৯ সালের ১ জানুয়ারি থেকে কার্যকর হয়। এই চুক্তির সারমর্ম হল— ◆ ১. ১৯৯৫ সালের মধ্যে সব উন্নত দেশকে CFC_{11} , CFC_{12} , CFC_{113} , CFC_{114} ও CFC_{115} এবং হ্যালোন—1211, 1301 এবং 2402 যৌগ উৎপাদন, ব্যবহার ও বায়ুমণ্ডলে নির্গমন বন্ধ করতে হবে। ◆ ২. কার্বনটেট্রাক্লোরাইড (CCl_4) ও

ট্রাইক্লোরোইথেন (CH_3CCl_3)-এর উৎপাদন ধীরে ধীরে বন্ধ করতে হবে। ♦ ৩. CFC-এর বিকল্প রূপে হাইড্রোক্লোরোফ্লুরো কার্বন (HCFC) এবং হাইড্রোফ্লুরো কার্বন (HFC) যৌগের ব্যবহার ২০৪০ সালের মধ্যে সম্পূর্ণ বন্ধ করতে হবে। ♦ ৪. উন্নত দেশগুলি CFC-র ব্যবহার মাথাপিছু ১.২ কেজি থেকে কমিয়ে ০.৩ কেজি করবে। বর্তমানে এই চুক্তির ফলশ্রুতিতে সারা পৃথিবীতে CFC ও হ্যালন যৌগের উৎপাদন বন্ধ হয়েছে।

♦ ২. **UNEP** : ১৯৮৭ সালে জাতিপুঞ্জের সাধারণ সভায় United Nation Environment Programme নামে একটি চুক্তিতে সদস্যগণ স্বাক্ষর করেন। এই চুক্তির সিদ্ধান্তগুলি হল—

- ♦ ১. ১৯৮৯ সালের মধ্যে CFC-এর পরিমাণ ১৯৮৬ সালের স্তরে আনতে হবে,
- ♦ ২. ১৯৯৩ সালের মধ্যে সিনথেটিক কেমিক্যালের পরিমাণ ২০% কমানো হবে,
- ♦ ৩. ১৯৯৮ সালের মধ্যে তা আরও ৩০% কমাতে হবে,
- ♦ ৪. ১৯৯২ সালের মধ্যে হ্যালান যৌগের মাত্রা কমিয়ে ১৯৮৬ সালের স্তরে আনতে হবে।

♦ ৩. **২১ দফা কর্মসূচি** : ওজোন স্তর ক্ষয় রোধ, পরিবেশের অবনমন প্রতিকার ও উন্নয়নের জন্য বিশ্বের ১৭৮টি দেশ ১৯৯২ সালের ৩-১৪ জুন ব্রাজিলের রিও-ডি-জেনিরো শহরে জাতিপুঞ্জের এক সম্মেলনে মিলিত হয় যা বসুন্ধরা সম্মেলন বা রিও সম্মেলন নামে পরিচিত। এই সম্মেলনে ২১ দফা কর্মসূচি গ্রহণ করা হয়, যা Agenda-21 নামে পরিচিত।

- ♦ ১. ফ্রোন গ্যাসের (CFC_{11} এবং CFC_{12}) উৎপাদন ও ব্যবহার কমাতে হবে।
- ♦ ২. ২০২০ সালের মধ্যে মিথেন ও নাইট্রোজেন অক্সাইডের বৃদ্ধি হার ২৫% কমাতে হবে।

♦ ৪. **পিটসবার্গের G-20 এবং কোপেনহেগেন সম্মেলন** : ২০০৯ সালে যুক্তরাষ্ট্রের পিটসবার্গে G-20 এবং ২০১০ সালে ডেনমার্কের কোপেনহেগেন সম্মেলনে ওজোন স্তরের সংরক্ষণে উন্নত ও উন্নয়নশীল দেশগুলি একযোগে কাজ করার শপথ গ্রহণ করেছে।