32.1 वायुमण्डल : तात्पर्य एवं महत्व

वायुमण्डल एक बहुस्तरीय गैसीय आवरण है जो पृथ्वी को चारों तरफ से आवृत्त किए हुए है तथा प्राकृतिक पर्यावरण एवं जीवमण्डलीय पारिस्थितिक तंत्र का एक महत्वपूर्ण संघटक (component) है क्योंकि जीवमण्डल के सभी जीवधारियों के अस्तित्व के लिए इससे सभी आवश्यक गैसें, ऊष्मा तथा जल प्राप्त होता है। वायुमण्डल पृथ्वी से उसके गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा सम्बद्ध है। वायुमण्डल सूर्य से आने वाली विकिरण तरंगों को छानने का भी कार्य करता है। यह पराबैगनी सौर्यिक विकिरण तरंगों का अवशोषण कर लेता है तथा उन्हें, इस प्रकार, पृथ्वी की सतह तक पहुंचने से रोकता है और धरातल को अत्यधिक गर्म होने से बचाता है। सागर तल से 16 से 29 हजार किलोमीटर तक वायुमण्डल की ऊँचाई का अनुमान किया गया है।

32.2 वायुमण्डल का संघटन

(Composition of Atmosphere)

पृथ्वी के चारों तरफ कई सौ किलोमीटर से हजारों किलोमीटर की मोटाई में व्याप्त गैसीय आवरण को '**वायुमण्डल**' कहा जाता है। पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल के कारण ही यह वायुमण्डल उसके साथ टिका हुआ है। वास्तव में पृथ्वी का वायुमण्डल बहुस्तरीय गैसीय आवरण (multilayered gaseous envelope) है जो पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण बल द्वारा पृथ्वी की सतह से सम्बद्ध है। विभिन्न गैसों के यांत्रिक सम्मिश्रण को हवा कहते हैं। मूलत: वायुमण्डल तीन आधारभूत तत्वों या संघटकों से मिलकर बना है: (1) गैस, (2) जल वाष्प, तथा (3) एयरोसॉल।

(1) गैस (Gases)

दो प्रकार की गैसों द्वारा वायुमण्डल की गैसीय रचना हुई है: (1) **स्थिर** या **स्थायी गैसें** (constant or permanent gases), तथा (2) **परिवर्तनशील गैसें** (variable gases)।

(1) स्थिर गैसें (constant gases) : नाइट्रोजन, आक्सीजन तथा आर्गन प्रमुख स्थिर गैसें हैं जिनका वायुमण्डल के गैसीय संघटन में हिस्सा क्रमश: 78.1, 20.9 तथा 0.9 प्रतिशत है। ज्ञातव्य है कि 80 किलोमीटर की ऊँचाई तक निचले वायुमण्डल में स्थिर या स्थायी गैसों का प्रतिशत स्थिर रहता है। वायुमण्डलीय गैसों में **नाइट्रोजन** का सर्वाधिक प्रतिशत है। परन्तु यह अन्य गैसों के समान अधिक सक्रिय नहीं होती है। नाइट्रोजन जीवमण्डल में सभी जीवधारियों के लिए आवश्यक होती है क्योंकि यह एमिनो एसिड का आवश्यक अंश होती है। इसी से (एमिनो एसिड्स) प्रोटीन का निर्माण होता है। नाइट्रोजन वायुमण्डल में सामान्यत: 7 रूपों में पायी जाती है यथा: N_2O = नाइट्रस आक्साइड्स, NO = नाइट्रिक आक्साइड, N_2 = आणविक नाइट्रोजन, NO_2 = नाइट्रोजन पर आक्साइड, NH = एमिनो, NH_3 = अमोनिया तथा HNO_2 = नाइट्रस एसिड्स। यद्यपि नाइट्रोजन का वायुमण्डलीय गैसों में सर्वाधिक भाग होता है परन्तु जीवित जीव इसे प्रत्यक्ष रूप में ग्रहण नहीं कर सकते बल्कि पौधे मिट्टी से अपनी जड़ों से नाइट्रोजन को अमोनियम नमक के रूप में प्राप्त करते हैं जबकि जन्तु नाइट्रोजन पौधों एवं उनके उत्पादों के भक्षण द्वारा प्राप्त करते हैं।

आक्सीजन रासायनिक दृष्टि से अत्यधिक सक्रिय होती है क्योंकि यह जीवमण्डल के अधिकांश तत्वों में आसानी से मिल जाती है। आक्सीजन जीवित पदार्थों में 70 प्रतिशत एटम का निर्माण करती है तथा कार्बोहाइड्रेट्स, वसा (fats) एवं

प्रोटीन के निर्माण में इसकी अहम भूमिका होती है। आणविक आक्सीजन (O_2) सामान्यत: निचले वायुमण्डल में 60 किमी० तक पायी जाती है जबकि विघटित (dissociated) आक्सीजन (O) आणविक आक्सीजन परत के ऊपर (60 किमी० से अधिक ऊँचाई पर) पायी जाती है।

(2) परिवर्तनशील गैसें (variable gases) : परिवर्तनशील गैसों में जलवाष्प (water vapour), कार्बन डाइ आक्साइड, ओजोन, हाइड्रोजन, हीलियम, नियोन, जेनान, क्रिप्टान, मिथेन आदि प्रमुख हैं। जलवाष्प का मौसम सम्बन्धी अत्यधिक महत्व होता है क्योंकि वर्षण (precipitation) के सभी रूप (ठोस रूप-हिमपात, ओला या उपलवृष्टि, पाला आदि; तरल रूप- ओस, कुहरा, जलवर्षा आदि) जलवाष्प की मात्रा पर निर्भर करते हैं। ओजोन (O_3) जीवन रक्षक गैस है क्योंकि यह प्रवेशी सौर्यिक विकरण तरंगों को छानती है तथा पराबैगनी किरणों को सोख लेती है। इस तरह ओजोन भूतल को अत्यधिक गर्म होने से बचाती है।

ओजोन वास्तव में आक्सीजन की तीन एटम आइसोटोप (O_3) होती है। अर्थात् ओजोन आक्सीजन का त्रिएटामिक रूप (triatomic form) होती है। यह हल्के नीले रंग की उत्तेजक गैस (irritating gas) होती है तथा इसकी गंध तीखी होती है। ओजोन एक प्रबल अक्सीकारी कारक (oxidizing agent) है जो अधिक सान्द्रण हो जाने पर विस्फोट के साथ विघटित (decompose) हो सकती है। ज्ञातव्य है कि किसी न किसी मात्रा में ओजोन वायुमण्डल की सभी ऊँचाइयों पर विद्यमान होती है परन्तु इसका सर्वाधिक सान्द्रण 10 से 50 किलोमीटर की ऊँचाई तक ही होता है और इस मण्डल (10-50 किमी०) में भी इसका अधिकतम सान्द्रण 12 से 35 किलोमीटर की ऊँचाई के मध्य रहता है। 20 से 25 किलोमीटर की ऊँचाई पर ओजोन का सर्वाधिक सान्द्रण रहता है। इस तरह ओजोन का सर्वाधिक सान्द्रण समतापमण्डल (stratosphere) के निचले भाग में रहता है। इसी कारण से इसे **समतापमण्डलीय ओजोन** भी कहते हैं। ओजोन एक अस्थिर गैस है क्योंकि इसका निर्माण एवं विनाश होता रहता है। 80 से 100 किलोमीटर की ऊँचाई पर वायुमण्डल में पराबैगनी विकिरण या तड़ितझंझा (thunderstorms) के दौरान विद्युत विसर्जन (electric discharge) के कारण आक्सीजन के अणुओं का विखण्डन (splitting) या अलगाव निम्न रूप में सम्पादित होता रहता है:

$O_2 \rightarrow O + O$

(आक्सीजन दो अलग अणुओं या एटम में टूट जाती है)

ये टूटे या अलग हुए आक्सीजन एटम (O) पुन: आक्सीजन के अणुओं (molecules) (O_2) से मिल जाते हैं जिस कारण ओजोन (O_3) का निर्माण होता है।

$O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M$

या

$O_2 + O \rightarrow O_3$ (ओजोन)

M आक्सीजन के अणुओं (O_2) तथा एकल अणु या एटम (O) के टकराव से उत्पन्न ऊर्जा एवं मोमेण्टम को इंगित करता है। ज्ञातव्य है कि अधिकांश ओजोन का निर्माण उष्ण एवं उपोष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों के वायुमण्डल में होता है, तत्पश्चात् ओजोन के कुछ भाग का ऊपरी वायुमण्डल में पवन संचार द्वारा उच्च अक्षांशों की ओर परिवहन एवं स्थानान्तरण हो जाता है। ज्ञातव्य है कि ओजोन के एक एटम वाली आक्सीजन (monoatomic oxygen) के टकराव के कारण ओजोन का निम्न रूप में पुन: आक्सीजन में रूपान्तरण हो जाता है:

O_3 (ओजोन) + O $\rightarrow$ O_2 (आक्सीजन) + O (आक्सीजन)

इस प्रक्रिया को **ओजोन विनाश या क्षरण** (ozone destruction या depletion) कहा जाता है।

उल्लेखनीय है कि वायुमण्डल में ओजोन की उपस्थिति पादप एवं जन्तु जगत के लिए सामान्य रूप से परन्तु मनुष्य के लिए मुख्य रूप से अत्यधिक महत्वपूर्ण होती है क्योंकि यह जीवमण्डलीय पारिस्थितिक तंत्र में मानव सहित समस्त जीवधारियों के लिए सौर्यिक पराबैगनी विकिरण से बचाने के लिए रक्षा कवच का कार्य करती है। इसी कारण से ओजोन परत को पृथ्वी की छतरी कहा जाता है। इसे जीवन रक्षक परत भी कहा जाता है।

कार्बन डाइ आक्साइड (CO_2) एक प्रमुख परिवर्तनशील गैस है जिसका वायुमण्डलीय गैसों के संघटन में 0.03 प्रतिशत का योगदान है। गैसीय कार्बन (CO_2) की दो प्रमुख भूमिका है: (1) कार्बन डाइआक्साइड **प्रकाशसंश्लेषण** (photosynthesis) में सहायक होती है जिसके अन्तर्गत स्वपोषित एवं प्रकाशपोषी (autotrophic एवं phototrophic) हरे पौधे सूर्य के प्रकाश के माध्यम से आक्सीजन, हाइड्रोजन एवं कार्बन डाइआक्साइड को सम्मिलित करके जैविक पदार्थों (अर्थात् कार्बोहाइड्रेट्स) का निर्माण करते हैं। (2) वायुमण्डलीय कार्बन डाइ आक्साइड प्रवेशी सौर्यिक विकिरण तरंगों के लिए पारदर्शी होती है परन्तु बहिर्गामी पार्थिव विकिरण (outgoing terrestrial radiation) के लिए अपारदर्शी अर्थात् अवरोधक (opaque) होती है। इस तरह कार्बन डाइ आक्साइड पृथ्वी से होने वाले बहिर्गामी विकिरण को पृथ्वी की ओर पुन: वापस लौटा देती है जिस कारण **हरितगृह प्रभाव** (greenhouse effect) में वृद्धि होती है, जिस कारण धरातल के तापमान में वृद्धि होने से **भूमण्डलीय ऊष्मन** (global warming) का खतरा उत्पन्न हो गया है। ज्ञातव्य है कि मनुष्य के आर्थिक क्रियाकलापों (यथा: जीवाश्म ईंधनों का जलावन, लकड़ी एवं उपलों का जलावन- burning, निर्वनीकरण आदि) द्वारा कार्बन डाइ आक्साइड के उत्सर्जन में निरन्तर वृद्धि के कारण वायुमण्डल में CO_2 का सान्द्रण लगातार बढ़ता जा रहा है जिससे स्थानीय एवं प्रादेशिक स्तर से लेकर

विश्वस्तर तक जलवायु परिवर्तन की समस्या उत्पन्न हो गयी है।

(2) एयरोसॉल (Aerosols)

वायुमण्डल में निलम्बित कणिकीय पदार्थों (suspended particulate matter, SPM) तथा तरल बूंदों (liquid droplets) को सम्मिलित रूप से एयरोसॉल कहते हैं। इसके अन्तर्गत ज्वालामुखी उद्‌भेदन के समय निस्सृत धूल एवं राख कणों, जुते हुए खेतों से उड़ाये गये धूलकणों, रेगिस्तानों से उड़ाये गये रेत कणों, चट्टानों के यांत्रिक अपक्षय (mechanical weathering) से प्राप्त शैल कणों, सागरीय सतह से निकले नमक कणों, उल्का कणों (meteoric particles), जैविक पदार्थों (बैक्टीरिया, पराग, बीज आदि), धुआँ एवं कालिख (soots) आदि को सम्मिलित किया जाता है।

(3) जलवाष्प (Water Vapour)

यद्यपि जलवाष्प की गणना वायुमण्डीय गैसों के अन्तर्गत की जाती है परन्तु इसकी अलग से विवेचना इसलिए आवश्यक है कि यह वायुमण्डल का एक महत्वपूर्ण घटक है तथा इसके कारण संघनन एवं वर्षण के विभिन्न रूप एवं प्रकार (यथा: कुहरा, पाला, ओस, ओला, हिमपात, जल वर्षा आदि) सम्भव हो पाता है। वास्तव में जलवाष्प जल का गैसीय रूप है। वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा में अधिकाधिक स्थानिक एवं कालिक विभिन्नता (spatial and temporal variations) होती है। क्षैतिज रूप में जलवाष्प की मात्रा ध्रुवों (यहाँ की शुष्क ठंडी हवा में इसका प्रतिशत समस्त वायुमण्डलीय जलवाष्प का 0.02 है) से भूमध्य रेखा की ओर बढ़ती जाती है (5.0 प्रतिशत)। आर्द्र उष्ण कटिबन्धी क्षेत्रों, 50^{0} एवं 70^{0} अक्षांशों पर धरातलीय हवा में जलवाष्प की मात्रा क्रमश: 2.6 प्रतिशत, 0.9 प्रतिशत एवं 0.2 प्रतिशत रहती है। वायुमण्डल में ऊँचाई के साथ भी जलवाष्प की मात्रा घटती जाती है। जलवाष्प **प्राथमिक हरितगृह गैस** (primary greenhouse gas) भी होती है क्योंकि प्रवेशी सौर्यिक विकिरण के स्वल्पांश का अवशोषण कर लेती है परन्तु पृथ्वी से होने वाले विकिरण के अधिकांश भाग का अवशोषण करती है। इस तरह यह पृथ्वी की सतह को गर्म रखती है।

वायुमण्डलीय सकल जलवाष्प का 90 प्रतिशत से अधिक भाग वायुमण्डल में 5 किलोमीटर की ऊँचाई तक पाया जाता है। यदि एक ही समय में वायुमण्डल की समस्त जलवाष्प का एक साथ संघनन कर दिया जाय तो पृथ्वी के चारों तरफ उसकी सतह पर 2.5 सेण्टीमीटर मोटी जल की सतह का निर्माण हो जायेगा। वायुमण्डल में स्थित जलवाष्प की यह न्यून मात्रा भी विभिन्न प्रकार के मौसम की घटनाओं के घटित होने के लिए समर्थ है।