

पृथ्वी का वायुमंडल

पृथ्वी के चारों ओर हजारों किलोमीटर ऊँचाई तक घेरे हुए वायु के विस्तृत आवरण को **वायुमण्डल** कहते हैं। पृथ्वी के अर्ध व्यास (6400 किलोमीटर) के साथ तुलना करने पर वायुमण्डल गैस की एक अत्यन्त पतली परत दिखाई पड़ता है।

परिभाषा:

“वायुमण्डल गैसों का आवरण है जो धरातल से सैंकड़ों मील की ऊँचाई तक विस्तृत है तथा पृथ्वी का अभिन्न अंग है”। (फिन्च एवं ट्रिवार्थ)

“वायुमण्डल गैसों तथा उसमें निलम्बित तरल एवं ठोस पदार्थों का एक मोटा आच्छादन है जिससे पृथ्वी पूर्ण रूप से आवेष्टित है।” (क्रिचफील्ड)

“वायुमण्डल गैस की एक पतली परत है जो गुरुत्वाकर्षण के कारण पृथ्वी के साथ जुड़ी हुई है।” (मॉक हाऊस)

“वायु” एक रंगहीन, गंधहीन तथा स्वादहीन गैसीय मिश्रण है। वायु गतिशील तथा संपीड्य भी है। इसमें भार होता है और धरातल पर इसका जो दबाव पड़ता है उसे जलवायु विज्ञान में वायुदाब कहा जाता है। समुद्र तल पर यह वायु दाब 1034 ग्राम प्रति वर्ग सेन्टीमीटर होता है। गतिशील वायु को हम “**पवन**” कहते हैं।

वायुमण्डल का महत्व

वायुमण्डल में प्रतिरोधात्मक शक्ति होने के कारण अन्तरिक्ष से पृथ्वी की ओर आने वाले उल्का आदि आकाशीय पिण्ड धरातल पर पहुँचने से पूर्व ही नष्ट हो जाते हैं। वायुमण्डल धरातल का तापमान भी नियन्त्रित करता है। वायुमण्डलीय आवरण के कारण ही पृथ्वी तल का तापमान अनेक जीवधारियों के लिए उपयुक्त बना रहता है। जलवाष्प युक्त होने के कारण पृथ्वी का वायुमण्डल विभिन्न प्रकार की मौसमी घटनाओं जैसे मेघ, पवन, तूफान अथवा तड़ित झंझा आदि का जन्मदाता है।

स्थल, जल, वायु वानस्पतिक एवं जीव जगत की पारस्परिक क्रियाओं, प्रतिक्रियाओं के फलस्वरूप एवं धरातल के बीच आदान-प्रदान चलता रहता है। विभिन्न प्रकार की वनस्पतियों, जीवधारियों, बैक्टीरिया तथा रासायनिक प्रक्रियाओं के माध्यम से वायुमण्डल तथा स्थल एवं जलमण्डल में सन्तुलन की स्थिति बनी रहती है।

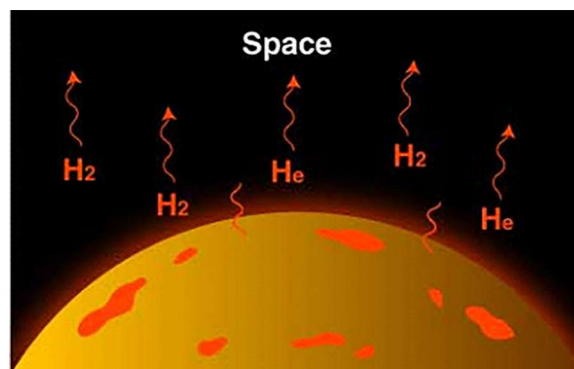
वायुमंडल की उत्पत्ति और विकास

(ORIGIN & EVOLUTION OF ATMOSPHERE)

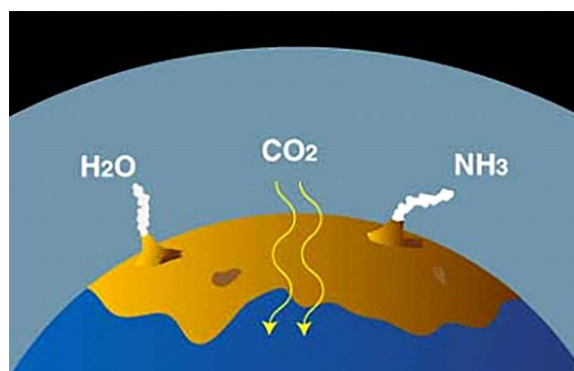
अपनी उत्पत्ति के समय पृथ्वी एक अत्यन्त गर्म गैसीय पिण्ड थी और धीरे धीरे शीतल होकर अपने वर्तमान रूप में आई। वायुमंडल का विकास 3 मुख्य पड़ाव में बांटा जा सकता है।

1. प्रारंभिक अवस्था में केवल हाइड्रोजन व हीलियम मौजूद थे

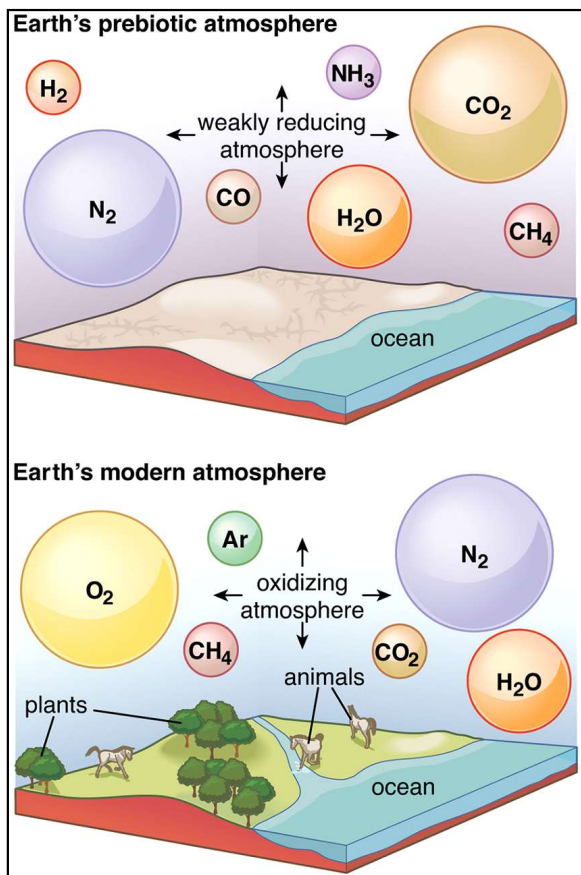
जिनसे प्राथमिक वायुमण्डल का निर्माण हुआ होगा। वर्तमान वायुमण्डल में ये दोनों गैसें बिल्कुल ऊपरी भाग में ऊँचाई पर पायी जाती हैं।



2. दूसरा पड़ाव हेडीयन और आर्कियन के दौरान देखा गया। पृथ्वी के अंदर ज्वार गतिविधि ने जलवाष्प, कार्बन डाई ऑक्साइड, मीथेन, अमोनिया और सल्फर डाई ऑक्साइड जैसी गैसों का उदभव हुआ। इसी दौरान समुद्र का निर्माण भी संभव हो पाया। सायनोबैक्टीरिया द्वारा फोटोसिंथेसिस के माध्यम से वायुमंडल में ऑक्सीजन का प्रकट होना शुरू हुआ। प्रारंभ में यह ऑक्सीजन धातुओं और अन्य तत्वों के साथ प्रतिक्रिया करता था।



3. **आधुनिक वायुमंडल**— पिछले 20 करोड़ वर्षों से लेकर वर्तमान तक आधुनिक वायुमंडल विकसित हो रहा है। यहाँ पहली बार नाइट्रोजन की प्रधानता देखी गई। जो कि लगभग 78 प्रतिशत वायुमंडल का भाग है। इसके अलावा मौजूदा ऑक्सीजन की मात्रा में भी वृद्धि देखने को मिली। पौधों और शालजीवों की फोटोसिंथेसिस के कारण ऑक्सीजन का स्तर धीरे-धीरे बढ़ा, जब वर्तमान समय में लगभग 21 प्रतिशत तक है। नाइट्रोजन और ऑक्सीजन के अलावा आर्गन, कार्बन डाई ऑक्साइड और अन्य गैस के प्रकार देखने को मिले। मानक गतिविधियाँ हाल की सदी में



अवर्तनीय वायुमंडल के गैसों की मात्रा में बढ़ोतरी कर रही है। विशेषकर कार्बन डाई ऑक्साइड में।

वायुमण्डल का संघटन

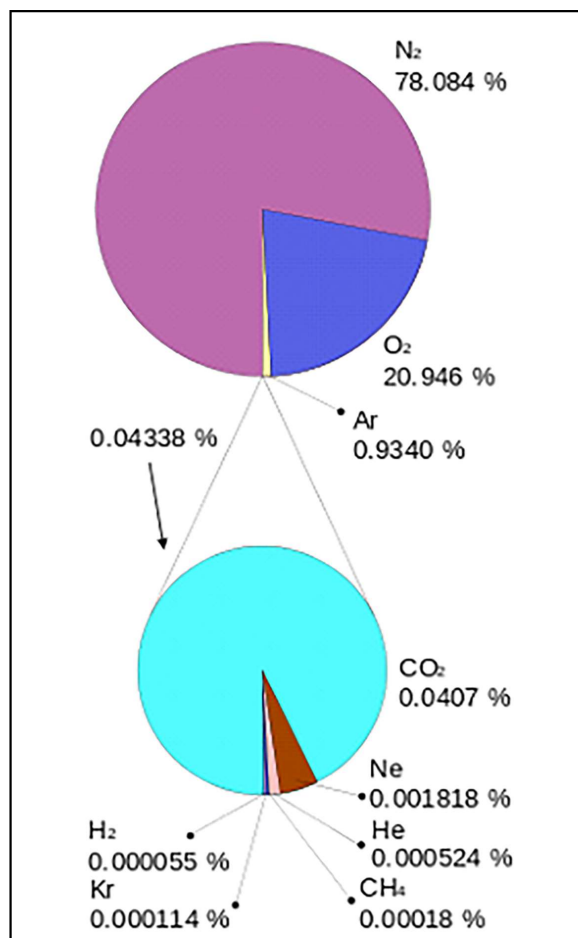
वायु विभिन्न प्रकार की गैसों का मिश्रण है। समुद्र तल पर शुद्ध और शुष्क वायु में मुख्यतः 9 प्रकार की गैसें पायी जाती हैं: नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, आर्गन, कार्बन डाइऑक्साइड, नियोन, हाइड्रोजन, हेलियम, क्रिप्टॉन तथा जेनान। इस सभी गैसों में नाइट्रोजन तथा ऑक्सीजन प्रमुख हैं, ये दोनों गैसें वायुमण्डल के लगभग 99 प्रतिशत आयतन घेरे हुए हैं।

शुष्क हवा का एक इकाई वायुमण्डल का 78 प्रतिशत भाग (आयतन की दृष्टि से) नाइट्रोजन घेरे हुए है। यह गैस अन्य रासायनिक तत्वों से आसानी से नहीं मिलती। इसका मुख्य कार्य आक्सीजन को तनु करके प्रज्वलन का नियमन करना है। इस गैस से पेड़ पौधों में प्रोटीन का निर्माण होता है जो भोजन का मुख्य अंग है। यदि वायुमण्डल में नाइट्रोजन गैस न होती तो आग पर नियंत्रण रखना कठिन हो जाता। यह सम्पूर्ण प्रक्रिया 'नाइट्रोजन चक्र' कहलाती है।

सभी गैसों में महत्वपूर्ण एवं मानव जीवन के लिए अनिवार्य गैस आक्सीजन है। यह जीवनदायिनी गैस मानी गई है, इसके अभाव में कोई भी प्राणी जीवित नहीं रह सकता। ऑक्सीजन अन्य रासायनिक तत्वों के साथ मिलकर अनेक प्रकार के यौगिकों की

रचना करता है। प्रज्वलन के लिए भी यह गैस अनिवार्य है। अतः यह ऊर्जा का प्रमुख स्रोत है।

तीसरी महत्वपूर्ण गैस कार्बन डाइऑक्साइड है जो वस्तुओं के जलने से उत्पन्न होती है। यह एक भारी गैस है। वनस्पतियों द्वारा प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया में वायुमण्डल से इस गैस का अवशोषण किया जाता है। वायुमण्डल की ऊपरी परतों तथा पृथ्वी के निकट ऊष्मा का अवशोषण करने में इस गैस का विशेष महत्व है। ऊर्जा प्रवाह में कार्बन डाइऑक्साइड गैस का महत्वपूर्ण योगदान होता है।



ओजोन

इसका निर्माण ऑक्सीजन के तीन परमाणुओं से होता है। जलवायु की दृष्टि से इस गैस का विशेष महत्व है। यह एक अक्रिय गैस है जो वायुमण्डल में बहुत ऊँचाई पर कम मात्रा में पायी जाती है। वायुमण्डल में स्थित ओजोन मण्डल सूर्य से निकलने वाली पराबैंगनी किरणों को आंशिक रूप से सोख लेता है।

वायुमण्डल के कुछ परिवर्तनशील घटक भी होते हैं। वायुमण्डल में गैसों के अतिरिक्त "जल वाष्प" तथा "धूल कण" भी भारी मात्रा में पाये जाते हैं। इनका मौसम अथवा जलवायु की दृष्टि से बड़ा महत्व है।

जलवाष्प

जलवाष्प अधिकांशतः वायुमण्डल की निचली परतों तक सीमित रहती है। ऊँचाई में वृद्धि के साथ जलवाष्प की मात्रा में कमी होती जाती है। जल वाष्प का महत्व मौसम व जलवायु की दृष्टि से वायुमण्डल के अन्य तत्वों की अपेक्षा अधिक है। यह सौर विकिरण तथा पार्थिक विकिरण को अंशतः सोख लेती है। जलवाष्प सौर विकिरण के लिए अधिक पारदर्शक होने के कारण धरातल के तापक्रम को सम रखने में सहायक होती है। घनीभूत आर्द्रता के विविध रूपों, जैसे, बादल, वर्षा, कुहरा, ओस, तुषार, पाला और हिम आदि का मूल स्रोत जलवाष्प ही है।

वायुमण्डल के सम्पूर्ण जल वाष्प का 90 प्रतिशत भाग 8 कि०मी० ऊँचाई तक सीमित है। 8 कि०मी० की ऊँचाई पर जलवाष्प की मात्रा बिल्कुल कम हो जाती है। वायुमण्डल में जलवाष्प की औसत मात्रा 2 प्रतिशत है। वायु के तापमान में वृद्धि के साथ उसकी जलवाष्प ग्रहण करने की क्षमता में भी वृद्धि हो जाती है। ध्रुवीय क्षेत्रों के शुष्क वायुमण्डल में जलवाष्प की, आयतन की दृष्टि से, मात्रा बहुत कम (0.04%) होती है, तथा इसके विपरीत, भूमध्यरेखीय प्रदेशों के उष्णार्द्र वायुमण्डल में 4.0% तक होती है।

धूल कण

धूल कण वायुमण्डल का एक बहुत छोटा हिस्सा है। वायुमण्डल में 9 गैस अथवा जल-वाष्प के अतिरिक्त जितने भी ठोस पदार्थ, कण रूप में उपस्थित रहते हैं, उन सभी को **धूल कणों** की संज्ञा दी जाती है। वायुमण्डल में पवन की गति के कारण सूक्ष्म धूल कण उड़ते रहते हैं, विभिन्न भागों में विभिन्न मात्रा में धूल के कण पाए जाते हैं। ये ठोस कण-सूक्ष्म मिट्टी, धूल, समुद्री नमक, ज्वालामुखी राख, उल्कापात के कण हैं। ये धूलकण प्रायः वायुमण्डल की निचली परतों में ही रहते हैं।

वायुमण्डल को पार करके आने वाले सौर विकिरण का कुछ भाग इन कणों के द्वारा सोख लिया जाता है। इनके द्वारा सूर्य विकिरण का परावर्तन (reflection) तथा प्रकीर्णन (scattering) भी होता है। इन्हीं के द्वारा उषा काल एवं गोधूलि (dawn and twilight) की तीव्रता तथा उनकी अवधि निर्धारित होती है। वायुमण्डलीय गैसों तथा धूल कणों के द्वारा जो “चरणात्मक प्रकीर्णन” (selective scattering) होता है उसी से आकाश नीले रंग का दिखाई पड़ता है तथा उसी कारण सूर्योदय व सूर्यास्त के समय आकाश का रंग लाल हो जाता है।

वायुमण्डल में घनीभवन क्रिया के लिए जलग्राही नाभिकों (hygroscopic nuclei) का होना आवश्यक है। कुछ विशेष प्रकार के धूल कण ऐसे नाभिकों का काम करते हैं जिन पर जल वाष्प का घनी भवन होता है।

वायुमण्डल की संरचना

(Structure of the Atmosphere)

वायुमण्डल को अनेक परतों में विभाजित किया गया है। विभिन्न प्रकार के मौसम सूचक गुब्बारों और राकेटों, वायुयान की उड़ानों, ध्वनि तथा रेडियो, तरंगों कृत्रिम उपग्रहों, अन्तरिक्षयानों तथा विभिन्न प्रकार के आकाशीय पिण्डों के निरीक्षण व अध्ययन से वायुमण्डल की संरचना समझने में बड़ी सहायता मिली।

वायुमण्डल की संरचना को समझने के लिए दो विचारधाराएं विकसित हैं, सामान्य विचारधारा जो कि सामान्य ताप ह्रास दर पर आधारित है तथा नूतन विचारधारा जो कि वायुमण्डल की रासायनिक संरचना पर आधारित है।

सामान्य विचारधारा

वायुमण्डल की प्रमुख परतें निम्नलिखित हैं:

1. क्षोभ मण्डल (Troposphere)
2. समताप मण्डल (Stratosphere)
3. ओजोन मण्डल (Ozonosphere)
4. आयन मण्डल (Ionosphere)
5. बहिर्मण्डल (Exosphere)

नूतन विचारधारा

इस विचारधारा के अनुसार वायुमण्डल को मूलतः दो स्थूल भागों में विभाजित किया गया है:

1. सम-मण्डल (Homosphere),
2. विषम-मण्डल (Heterosphere)

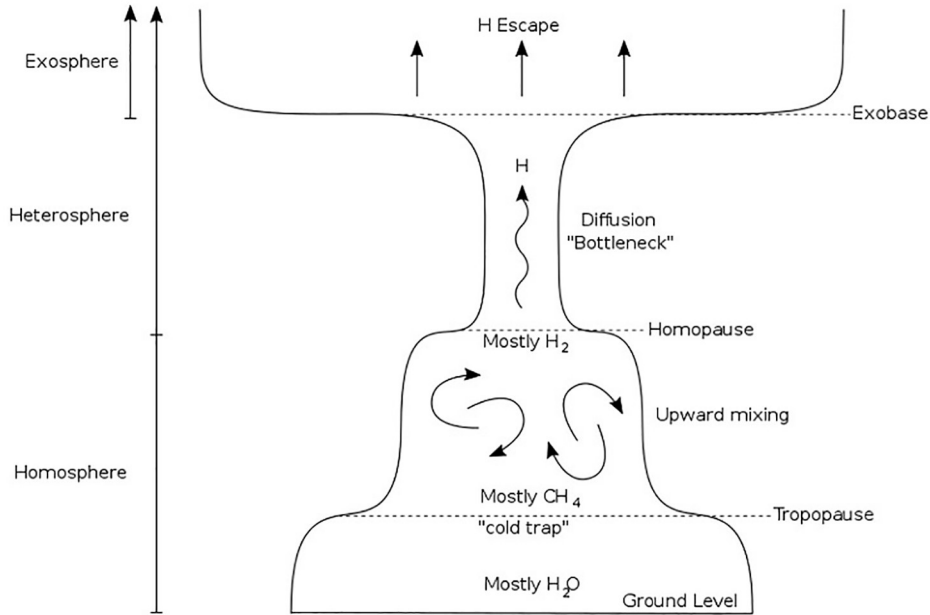
1. **सममण्डल:** सममण्डल वायुमण्डल के निचले हिस्से को दर्शाता है और यह समुद्र तल से 80 किमी की ऊँचाई तक फैला हुआ है। इस क्षेत्र को समरूपता के कारण सममण्डल कहा जाता है। इस क्षेत्र में विभिन्न स्तरों पर विभिन्न गैसों का अनुपात एक समान है। मुख्य घटक गैसें ऑक्सीजन (20.946%) और नाइट्रोजन (78.084%) हैं। अन्य गैसें आर्गन, कार्बन डाइऑक्साइड, नियॉन, हीलियम, क्रिप्टन, क्सीनन, हाइड्रोजन आदि हैं।

तापीय स्थितियों के आधार पर सममण्डल को तीन परतों में विभाजित किया गया है। (i) क्षोभमण्डल, (ii) समतापमण्डल, और (iii) मध्यमण्डल।

2. **विषममण्डल:** विषममण्डल 80 कि.मी. से 10,000 कि.मी. तक फैला हुआ है, इस क्षेत्र में गैसों की चार अलग-अलग परतें हैं। इसकी अलग-अलग परतें अलग-अलग रासायनिक और भौतिक गुण वाली होती हैं।

- (i) आणविक नाइट्रोजन परत में आणविक नाइट्रोजन का प्रभुत्व होता है।
- (ii) ऊपर परमाणु ऑक्सीजन परत ।
- (iii) आगे ऊपर हीलियम परत ।
- (iv) परमाणु हाइड्रोजन परत सबसे ऊपरी परत है और वायुमण्डल की सबसे बाहरी सीमा तक फैला हुआ है।

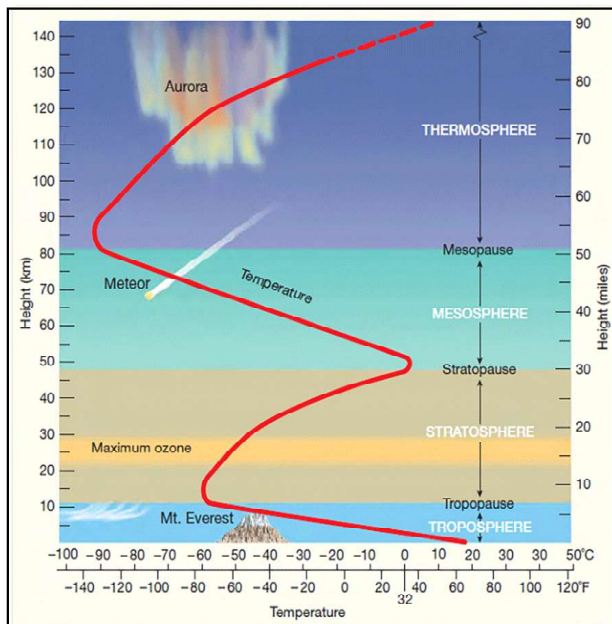
जलवायु विज्ञान (Climatology)



सामान्य विचारधारा

इस विचारधारा के अनुसार वायुमण्डल को पाँच प्रमुख परतों में विभाजित किया जाता है। इस विभाजन का आधार वायुमण्डल में तापमान का ऊर्ध्वाधर वितरण है। इन विभिन्न परतों के बीच में ऐसी संक्रमण पेटियाँ पाई जाती हैं जिन्हें **सीमास्तर (pauses)** कहते हैं।

1. **क्षोभ मण्डल (Troposphere):** यह वायुमण्डल की सबसे निचली परत है, जिसमें वायुमण्डल के कुल भार का 75 प्रतिशत भाग केन्द्रित है। इस परत की धरातल से औसत ऊँचाई 13 किलोमीटर है इसकी ऊँचाई भूमध्य रेखा पर 18 किमी एवं ध्रुवों पर 8 से 10 किमी है। यह वायुमण्डल की



सबसे महत्वपूर्ण परत है, क्योंकि सभी मौसमी घटनायें इसी परत में होती हैं। इसमें वायुमण्डल के कुल द्रव्यमान का लगभग 90 प्रतिशत और सभी जल वाष्प, बादल, मौसम और वायु प्रदूषण का बड़ा हिस्सा शामिल है। वायुमण्डलीय जलवाष्प एवं धूलिकणों के अधोमण्डल में ही संकेन्द्रित होने के कारण बादल तथा तूफान आदि की उत्पत्ति इसी परत में होती है। इस परत की एक अन्य विशेषता यह है कि इसके भीतर ऊँचाई में वृद्धि के साथ वायु वेग में भी वृद्धि हो जाती है।

ऊँचाई में वृद्धि के साथ तापमान में गिरावट इस परत की सबसे बड़ी विशेषता है। क्षोभमण्डल में तापमान प्रति 1000 मीटर पर 6.4°C की दर से घटता है। तापमान में इस कमी को सामान्य ह्रास दर (Lapse rate) के रूप में जाना जाता है। इस परत को संवहनी मण्डल (Convective region) भी कहते हैं, क्योंकि संवहन धारायें अधोमण्डल की बाह्य सीमा तक सीमित होती हैं। यह एक असमान मोटाई वाली परत है जो सभी प्रकार के मेघों तथा तूफानों की बाह्य सीमा बनाती है। इसकी ऊँचाई भूमध्य रेखा पर 17-18 कि॰मी॰, तथा ध्रुवों पर 7-10 कि॰मी॰ होती है।

इन विभिन्न परतों के बीच में ऐसी संक्रमण पेटियाँ पाई जाती हैं जिन्हें सीमास्तर (pauses) कहते हैं। क्षोभ मण्डल तथा समताप मण्डल के बीच एक अत्यन्त छिछली परत पायी जाती है जिसे क्षोभ मण्डल सीमा (tropopause) कहा जाता है। क्षोभ मण्डल की मोटाई केवल 1.5 कि॰मी॰ है। इस सीमा के ऊपर वायुमण्डलीय स्थिरता रहती है। इसे **‘मौसमी परिवर्तनों की छत’** भी कहते हैं। इस परत से 20 कि॰मी॰ ऊपर तक वायुमण्डल के तापमान का गिरना बंद हो जाता है।

2. **समताप मण्डल (Stratosphere):** वायुमण्डल के इस स्तर का प्रारम्भ ट्रोपोपाज से होता है। धरातल से इसकी औसत ऊँचाई लगभग 30 किमी मानी जाती है। अनेक वैज्ञानिकों ने ओजोन मण्डल को समताप मण्डल का ही एक भाग मान लिया है जिस कारण इस परत की ऊँचाई 50 से 55 किमी माना जाता है।

इस स्तर में ऊँचाई में वृद्धि के साथ तापमान का नीचे गिरना समाप्त हो जाता है। समताप मण्डल के निचले भाग में समताप रेखायें समानान्तर न होकर लम्बवत होती हैं। इस स्तर के ऊपरी भाग में ऊँचाई के साथ तापमान में थोड़ी वृद्धि भी सम्भव है। यह मण्डल जलवाष्प एवं धूल कणों से लगभग रहित होता है जिससे इसमें मेघ नहीं बनते। कभी-कभी कुछ विशेष प्रकार के मेघों की उत्पत्ति होती है जिन्हें **मुक्ताभ मेघ** (mother of pearl cloud) कहते हैं।

धरातल से लगभग 50 कि०मी० की ऊँचाई पर समताप मण्डल सीमा अथवा स्ट्रेटोपॉज की संक्रमण पेटी स्थित है जिसके ऊपर से तापमान ऊँचाई के साथ तीव्र गति से ऊपर उठता है।

3. **ओजोन मण्डल (Ozonosphere):** स्ट्रेटोपाज के ऊपर धरातल से 30 कि० मी० से 60 कि०मी० के मध्य वायुमण्डल में ऐसा स्तर पाया जाता है जिसमें ओजोन गैस की अधिकता रहती है। इसी से इसका नाम ओजोन मण्डल पड़ा। इसकी सर्वप्रमुख विशेषता यह है कि सूर्य से आने वाली पराबैंगनी किरणों (ultraviolet rays) का अधिकांश यह अवशोषण कर लेती है। इसीलिए इस स्तर का तापमान सदैव

ऊँचा बना रहता है। इस उष्ण स्तर को कभी-कभी मेसोस्फीयर भी कहा जाता है। रासायनिक प्रक्रियाओं की प्रधानता की दृष्टि से कुछ वैज्ञानिक इसे केमोस्फीयर भी कहते हैं। मेसोस्फीयर की बाह्य सीमा को **मेसोपाज** कहा जाता है।

मध्य मंडल (Mesosphere): यह समताप मण्डल के ऊपर 80 कि०मी० की ऊँचाई तक विस्तृत है। इस परत में ऊँचाई के साथ तापमान गिरने लगता है तथा -80°C रह जाता है।

4. **आयन मण्डल (Ionosphere):** इस परत के अस्तित्व का आभास सर्वप्रथम रेडियो तरंगों द्वारा हुआ। यहाँ पर उपस्थित गैस के कण विद्युत आवेशित होते हैं। धरातल से लगभग 80 किमी की ऊँचाई पर इस स्तर का प्रारम्भ होता है। कम दबाव के कारण पराबैंगनी फोटॉन्स तथा उच्चवेगीय कणों के द्वारा वायुमण्डल पर लगातार प्रहार होने से गैसों का आयनन पड़ता है। यह परत 80 से 400 कि०मी० की ऊँचाई तक फैली है। ध्रुवीय ज्योति (Aurora), ध्वनि तरंगों तथा राकेटों आदि के द्वारा इस परत की अधिक जानकारी प्राप्त की गई। इस मण्डल को **थर्मोस्फीयर** भी कहते हैं।

5. **बहिर्मण्डल (Eñosphere):** यह वायुमण्डल की सबसे ऊपरी परत है। इसकी ऊँचाई 500 से 1000 कि०मी० मानी जाती है। इतनी अधिक ऊँचाई पर वायुमण्डल नीहारिका के रूप में हो जाता है। यहाँ की वायु में हाइड्रोजन तथा हीलियम गैसों की प्रधानता रहती है। इस परत में वायु बहुत ही विरल है और धीरे-धीरे बाह्य अन्तरिक्ष में विलीन हो जाती है।