श्री अमोलक जैन विद्या प्रसारक मंडळाचे

श्रीमती शां. कां. गांधी कला, अमोलक विज्ञान व प. हि. गांधी वाणिज्य महाविद्यालय कडा

ता. आष्टी जिल्हा बीड ४१४२०२

भूगोल विभाग

प्रा. उध्दव एकनाथ चव्हाण
(विद्यावाचस्पती)

हवामानशास्त्र

हवा हवामान वातावरण व वातावरण बदल

- उद्दीष्ट्ये:
- हा धडा पूर्ण केल्यानंतर, आपण सक्षम होऊ:
- हवा व हवेची संघटना.
- हवेची विविध अंगे.
- हवामानाची परिभाषा (व्याख्या).
- वातावरण परिभाषा व घटक.
- वातावरण बदलाची कारणे.
- वातावरणा मधिल विविध वायू.

हवा हवामान वातावरण व वातावरण बदल

१) **हवा :** पृथ्वीभोवतीच्या वातावरणातील विविध वायूंचे यांत्रिक मिश्रण म्हणजे हवा होय. निसर्गातील हवा, पाणी व भूपृष्ठ या तीन घटकांमधील परस्परसंबंधांमुळे पृथ्वीवर जीवसृष्टी निर्माण झाली. पावसाळी हवा, दमट हवा व वादळी हवा या शब्दप्रयोगांत हवा हा शब्द हवामान या अर्थी वापरलेला आढळतो. हवेतील प्रमाण जवळजवळ स्थिर असलेल्या वायूंचा एक गट आहे. या गटातील वायू व त्यांचे हवेच्या घनफळातील शेकडा प्रमाण कंसात पुढे दिले आहे : नायट्रोजन (७८.०८४), ऑक्सिजन (२०.९४६), आर्गॉन (०.९३४), निऑन (०.००१८), हीलियम (०.०००५२४), मिथेन (०.०००२), क्रिप्टॉन (०.०००११४), हायड्रोजन (०.००००५), नायट्रस ऑक्साइड (०.००००५) आणि झेनॉन (०.०००००८७).

हवेच्या संघटनातील हा एकसारखेपणा वातावरणीय हालचालींशी निगडित असलेल्या मिश्रणाच्या क्रियेमुळे टिकून राहतो. तथापि, सुमारे ९० किमी.पेक्षा अधिक उंचीवर मिश्रणापेक्षा विसरण प्रक्रिया अधिक महत्त्वाची ठरत असल्याने विशेषतः हायड्रोजन व हीलियम यांच्यासारखे अधिक हलके वायू या पातळीच्या वर अधिक विपुल प्रमाणात असतात.

पाण्याची वाफ, कार्बन डाय-ऑक्साइड, ओझोन व नायट्रोजन डाय-ऑक्साइड या वायूंचे हवेतील प्रमाण बदलणारे असून त्यांचा हवेतील शेकडा प्रमाणाचा पल्ला पुढे दिला आहे : पाण्याची वाफ (० ते ७), कार्बन डाय-ऑक्साइड (०.०१ ते ०.१ सरासरी सुमारे ०.०३२), ओझोन (० ते ०.१), सल्फर डाय-ऑक्साइड (० ते ०.०००१) आणि नायट्रोजन डाय-ऑक्साइड (०.००००००२). यांशिवाय हवेत अमोनिया व कार्बन मोनॉक्साइड हेही वायू अत्यल्प बदलत्या प्रमाणात असतात. अर्थात, हे वायू हवेत सापेक्षतः अल्प प्रमाणात आढळत असले, तरी भूपृष्ठावरील जीवसृष्टी टिकून राहण्याच्या दृष्टीने अतिशय महत्त्वाचे आहेत.

२) **हवामान :** कोणत्याही भौगोलिक क्षेत्रावर किंवा पृथ्वीवरील कोणत्याही ठिकाणी अनेक वातावरणीय आविष्कार एकाच वेळी घडून आल्यामुळे वातावरणाला जी स्थिती प्राप्त होते, त्या स्थितीला त्या वेळेचे हवामान असे म्हणतात. वातावरणाची ती तत्कालीन स्थिती असते. वातावरणीय दाब, वाऱ्यांची दिशा व वेग, तापमान, ढगांचा

विस्तार, ढगांच्या तळपृष्ठाची उंची आणि त्यांचे प्रकार, आर्द्रता, वर्षण आणि त्याचे विविध प्रकार, दृश्यमानता इ. भौतिक घटकांवर व त्यांच्यातील क्रिया-प्रक्रियांवर हवामान अवलंबून असते. हे भौतिक घटक सातत्याने बदलत असतात. हवामानही त्याप्रमाणे सारखे बदलत असते. निरनिराळ्या ऋतूंत वृष्टी, हिमवर्षाव, अंधुकता, वीजवादळ, चंडवात व तडिताघात हे साधारणपणे नेहमी प्रत्ययाला येणारे हवामानाचे आविष्कार आहेत. प्रतिवर्षी थोड्याफार अंतराने त्यांची पुनरावृत्ती होत असते.

प्रत्येक वातावरणीय घटक वातावरणाचे विशेष गुणधर्म दर्शवितो. निरनिराळ्या घटकांमुळे व आविष्कारांमुळे वातावरणाला एक प्रकारचे भौतिक स्वरूप प्राप्त झालेले असते, त्याला हवामान-संहती किंवा वातावरणीय आविष्कारांचा समूह (वेदर सिस्टीम) असे म्हणतात. त्यात भूपृष्ठावरील तसेच उच्च वातावरणातील सर्व पातळ्यांवर प्रतीत होणाऱ्या आविष्कारांचा समावेश करण्यात येतो. मानवी व्यवहारांचा हवामानाशी फार घनिष्ठ संबंध असतो. मानवी व्यवहारांचे असे एकही अंग किंवा उपांग नाही की, ज्याचा हवामानाशी प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्ष संबंध घडून येत नाही. या दृष्टीने हवामानाच्या निरीक्षणांत सूर्यप्रकाशाचे प्रमाण, उष्णतेच्या किंवा थंडीच्या लाटा, समुद्रपृष्ठावरील लाटांची उंची व तरंगलांबी आणि भूमिपृष्ठावर निर्माण होणारे महापूर यांसारख्या घटनाही अंतर्भूत केल्या जातात. काही वातावरणीय घटकांशी तडित्, ध्रुवीय प्रकाश, सौर आणि चांद्र किरीट (कोरोना) किंवा तेजोवलय, प्रभामंडल (हॅलो) इत्यादींसारखे विवक्षित प्रकाशीय आणि विद्युत् आविष्कार निगडित झालेले असतात. त्यांचीही हवामान निरीक्षणांत नोंद केली जाते.

३) वातावरण :

पृथ्वी आणि इतर ग्रह व मोठे उपग्रह यांच्या भोवतालचे अनेक वायूंच्या मिश्रणाचे (हवेचे) आवरण म्हणजे वातावरण होय. पुरेशा सामर्थ्यवान गुरुत्वाकर्षणामुळे वातावरण या स्वस्थ गोलांच्या पृष्ठभागाला चिकटून राहते. स्वस्थ गोल स्वतःभोवती आणि इतर तारे किंवा ग्रह यांच्याभोवती आपल्या आवरणासह निरनिराळ्या अंतरांवरून फिरत असतात. सूर्यकुलातील बुधाखेरीज बहुतेक सर्व ग्रहांभोवती कमीअधिक प्रमाणात वातावरण आहे. सूर्यापासून दूर असलेल्या ग्रहांभोवती फिरणारे मोठे उपग्रहसुद्धा याला अपवाद नाहीत.

पृथ्वीचा जन्म ज्या वायूच्या व धुळीच्या ढगापासून झाल्याचे मानतात. त्याच्याशी सध्याच्या वातावरणाचा फारसा संबंध राहिलेला नाही, असे आढळले आहे. पृथ्वीवर ज्वालामुखीतून उत्सर्जित झालेली बाष्पनशील (बाष्परूपात

वर आलेली) द्रव्ये, भूकवचातील खडक, पाणी व पृथ्वीवरील जीवसृष्टी यांनी एकमेकांवर वेळोवेळी केलेल्या रासायनिक व इतर प्रकारच्या प्रक्रियांचा परिणाम होऊन सध्याचे वातावरण निर्माण झालेले आहे. वातावरणात बदल घडवणाऱ्या अशा प्रक्रिया सौर प्रारणाच्या (तरंगरूपी ऊर्जेच्या) तीव्रतेवर आणि गुरुत्वांकर्षणाच्या प्रभावावर अवलंबून असतात.

पृथ्वीच्या वातावरणाचे एकूण वजन ५.६×१०१५ टन (५६ लक्ष अब्ज टन, १ टन = १,०१६ किग्रॅ.) असून ते पृथ्वीच्या वजनाच्या एक दशलक्षांश आहे. वातावरण पृष्ठभागापासून वर शेकडो किमी. उंचीपर्यंत पसरलेले आहे. वातावरणाची घनता व दाब वाढत्या उंचीनुसार कमी कमी होत जातात. पण तापमानात मात्र चढ उतार होत असलेले दिसतात. पृष्ठभागालगत वातावरणाची घनता १.२९ किग्रॅ./मी^{3} असून ४० किमी. उंचीवर घनता फक्त ४ ग्रॅ./मी^{3} इतकी कमी होते. वातावरणाचा सुमारे ९९% भाग भुपृष्ठालगतच्या फक्त ३० कि.मी. जाडीच्या थरांत सामावलेला आहे. मानवावर प्रत्यक्ष परिणाम करणाऱ्या हवामानाच्या बहुतेक घटना याच थरांत घडतात. वातावरणाच्या अति-उच्च निर्वात सम विभागांत सौर प्रारण व चुंबकीय क्षेत्र यांच्या प्रभावाखाली वायुरेणूंच्या एकमेकांशी रासायनिक विक्रिया चालू असतात पण त्याचे परिणाम भूपृष्ठाजवळ सहजपणे प्रत्यक्ष अनुभवण्यास मिळत नाहीत. समुद्रसपाटीला सरासरी वातावरणीय दाब १,०१३ मिलिबार असतो (१ मिलिबार = १,००० डाइन/सेंमी^{2} = वातावरणीय दाबाचा हजारावा भाग). पृथ्वीसभोवती पाण्याचे १० मी. जाडीचे वेष्टन आहे, असे मानल्यास ते वातावरणा इतका दाब निर्माण करील. हवेचे तापमान, आर्द्रता, वारे व ऋतू यांसारख्या घटकांच्या परिणामामुळे भिन्न ठिकाणच्या दाबांत फरक असतो. वाढत्या उंचीनुसार कोणत्याही ठिकाणावरील वातावरणाच्या स्तंभाची उंची कमी होत असल्यामुळे वातावरणीय दाब उंचीनुसार घातीय प्रमाणात कमी कमी होतो.

पृथ्वीला सूर्यापासून ऊर्जा प्राप्त होते. या ऊर्जेचा जवळजवळ ४२% भाग वातावरणातील धुळीचे कण, वायुरेणू, ढग हिम तसेच वाळवंटी प्रदेश यांच्याकडून अवकाशात परावर्तित केला जातो. तसाच ऊर्जेचा काही थोडा भाग परावर्तनाने व प्रकीर्णनाने (विखुरला जाऊन) वातावरणात शोषिला जातो. मात्र प्रत्यक्ष सौर किरणामुळे वातावरण फारसे तापू शकत नाही म्हणजे वातावरण सौर ऊर्जेला बहुतांशी पारदर्शक असते. वातावरण पार करून भूपृष्ठावर आलेल्या सौर किरणांनी भुमी, समुद्र, खडक व वन्यसृष्टी ही प्रथम तापतात आणि नंतर त्यांना चिटकून असलेली

हवा संवहन व अभिसरण क्रियांनी तापते. तापलेली हवा हलकी होऊन वर उचलली जाते व तिच्या जागी थंड हवा येऊन तशीच क्रिया सुरू होते. विषुववृत्ताचा परिसर अधिक तापत असल्यामुळे विषुवृत्तापासून ध्रुवांकडे व भूपृष्ठापासून ऊर्ध्व (वरच्या) दिशेत तापमान कमी होत जाते. त्यामुळे वारे निर्माण होऊन त्यांच्याद्वारे उष्णतेचे वितरण होते. अशा तऱ्हेने सुमारे ५८% ऊर्जेचा विनिमय होतो. तापलेले भूपृष्ठ व उष्ण हवा दीर्घ तरंगलांबीचे अवरक्त (दृश्य वर्णपटातील तांबड्या रंगाच्या अलीकडील अदृश्य) प्रारण उत्सर्जित करू लागतात. यातील काही भाग ढगांवरून परत पृथ्वीकडे परावर्तित होतो. यामुळे ढग असतील त्या ठिकाणी भूपृष्ठ थंड होत नाही. सौर प्रारण शोषणाने पाण्याची वाफ होते व ती वातावरणांत मिसळून वातावरणाला ऊर्जा प्राप्त होते. वाफेचे सांद्रिभवन (पाण्यात रूपांतर) झाल्यावर उष्णता बाहेर पडून परिसराचे तापमान वाढते. पाण्याची वाफ व कार्बन डाय-ऑक्साइड वायू यांच्यातून लघू तरंगलांबीचे प्रकाश किरण आरपार जातात पण पृथ्वीकडून उत्सर्जित होणारे दीर्घ तरंगलांबीचे अवरक्त प्रारण त्याच्यात शोषले जातात. अशा तऱ्हेने वातावरण मुख्यतः तळाकडून वर तापत जाते. वातावरणातील हवेची स्थलांतरे (किंवा वारे) प्रक्षोभी (खळबळजनक) असण्याचे हे एक कारण आहे. समुद्रपृष्ठवरून तापत असल्यामुळे सागरातील पाण्याची स्थलांतरे (किंवा प्रवाह) तितकी प्रभावी असत नाहीत. दिवसभरात शोषलेल्या ऊर्जेचे वितरण गतिमान वाऱ्याकडून सर्वत्र होत राहते.

वातावरणात तरंगणारे जलबिंदू, धूलिकण व वायुरेणू यांमुळे आकाशातील ग्रह, ताऱ्यांचे वेध घेण्यास अडथळा होत असला, तरी त्यांच्यामुळे इंद्रधनुष्य, चंद्राला व सूर्याला पडणारी खळी, सूर्योदयापूर्वी व सूर्यास्तानंतर क्षितिजावर दिसणारे मनोवेधक रंग इ. सौंदर्यपूर्ण आविष्कार पृथ्वीवरून पहावयास मिळतात.

वातावरणाने पृथ्वीवरील जीवांना संरक्षण मिळते. उच्च वातावरणातील ओझोन वायूचा थर सौर प्रारणातील जंबुपार (दृश्य वर्णपटातील जांभळया रंगापलीकडील अदृश्य) किरण शोषून घेतो. यामुळे या विनाशकारी प्रारणाचा पृथ्वीवरील सजीवांना उपद्रव होत नाही व पृथ्वीचे तापमान प्रमाणाबाहेर वाढत नाही. वातावरण नसते, तर दिवसा पृथ्वी ९४° से. पर्यंत तापून रात्री-१८५° से. इतकी थंड झाली असती व तापमानांतील इतका मोठा दैनंदिन फरक जीवसृष्टीस अपायकारक झाला असता. माणूस व इतर प्राण्यांनी निःश्वासित केलेल्या कार्बन डाय-ऑक्साइड वायूमुळे वनस्पतींचे संवर्धन होते. उलट मानव व अन्य प्राण्यांना वनस्पती ऑक्सिजन वायू उपलब्ध करून देतात. हवेतील पाण्याच्या वाफेमुळे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या तापमानाचे नियंत्रण होते. एखाद्या क्षेत्रातील

भूपृष्ठ खूप तापल्यास त्यालगतची हवा उष्ण व हलकी होते आणि वर जाऊ लागते व चोहोअंगानी विविध गुणधर्मांच्या वायुराशी त्या क्षेत्रांत प्रवेश करतात आणि मेघनिर्मिती व पर्जन्यासारख्या अनेकविध वातावरणीय आविष्कारांची शृंखला निर्माण होते व शेवटी वातावरणाला त्याची पूर्वस्थिती प्राप्त होते. चंद्रावर वातावरण नसल्यामुळे तेथे अशा प्रकारचे वातावरणातील आविष्कार घडू शकत नाहीत. पृथ्वीच्या गुरूत्वाकर्षणामुळे प्रतिदिनी काही कोटी अशनी (पृथ्वीबाहेरून येणारे खडकाचे तुकडे) सेकंदाला १६ किमी. वेगाने पृथ्वीकडे खेचले जातात. त्यांच्या माऱ्यापासून पृष्ठभागाचे व सजीवांचे संरक्षण केवळ वातावरणामुळे होत असते. वातावरण प्रक्षोभी होते त्या वेळी पृष्ठभागावर अनेक बदल घडून येतात.

४) पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाचे संघटन :

विविध रासायनिक आणि प्रकाशरासायनिक प्रक्रियांमुळे आणि पृथ्वीपृष्ठापासून खूप दूर असलेले व द्रव्यमानाने हलके असलेले द्रुतगतिमान वायुरेणू पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचे बंधन तोडून अवकाशात निघून गेल्यामुळे पृथ्वीभोवतालच्या वातावरणाला गेल्या ५० कोटी वर्षापासून सध्याचे स्थायी स्वरूप प्राप्त झाले आहे. पृथ्वीच्या वातावरणात हायड्रोजन व हीलियम वायू अतिबाह्य थरांत अल्पांशाने आढळतात. पृथ्वीभोवतालचे वातावरण अत्यंत ऑक्सिडीकृत अवस्थेत आहे. वन्यसृष्टीमुळे प्रकाशसंश्लेषण (सूर्यप्रकाशाच्या ऊर्जेचा वापर करून हरितद्रव्याच्या मदतीने हवेतील कार्बन डाय-ऑक्साइड व पाण्याची वाफ यांपासून कार्बोहायड्रेटे-अन्नघटक-निर्माण करण्याची क्रिया) होऊन ऑक्सिजन वायु विपुल प्रमाणात निर्माण होतो.

पृथ्वीच्या वातावरणात नायट्रोजन (७८.१ टक्के), ऑक्सिजन (२०.९ टक्के), आर्‌गॉन (१ टक्क्याहून कमी) ह्या मुख्य घटकांबरोबर कार्बन डाय-ऑक्साइड, जलबाष्प आणि ओझोन यांसारखे प्रारणशील (प्रारणाचे शोषण वा उत्सर्जन करणारे) घटकही अल्प प्रमाणात आहेत. नायट्रोजन उदासीन व पाण्यात न विरघळणारा आहे. ज्वालामुखीपासून अगदी अल्प प्रमाणात मिसळलेला ऑर्‌गॉन उदासीन आहे. ह्यामुळे वातावरणातील नायट्रोजन व आर्‌गॉन यांचे प्रमाण फारसे बदलत नाही. कार्बन डाय-ऑक्साइडाचे माध्य (सरासरी) प्रमाण दशलक्षभाग कोरड्या हवेत ३४० भाग असे असते. जलबाष्पात खूप मोठे बदल होतात. जलबाष्पाचा मुख्य साठा समुद्र असून जलबाष्पाचे हवेतील प्रमाण हे हवेचे सागरावरील वास्तव्य व तापमान यांवर बहुतांशी अवलंबून रहाते. यांशिवाय पृथ्वीच्या वातावरणात निऑन, हीलियम, क्रिप्टॉन, झेनॉन, मिथेन, हायड्रोजन व नायट्रीक ऑक्साइड (NO) हे

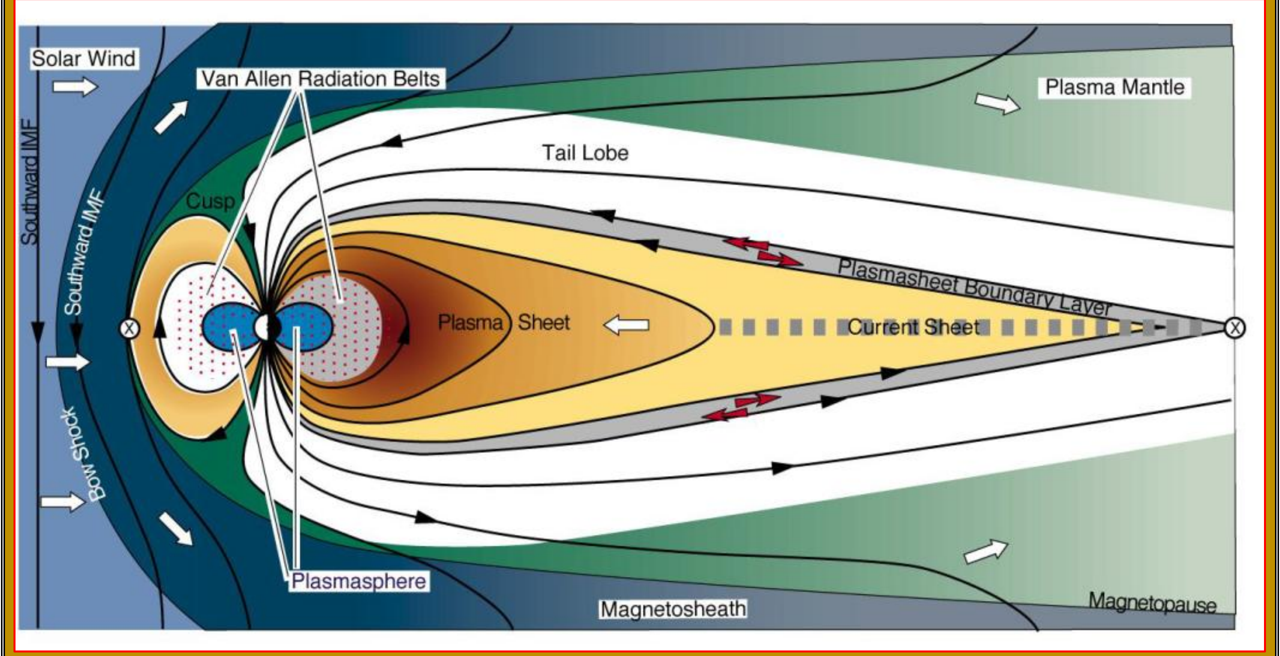
वायूही अल्प प्रमाणात असतात. अत्यल्प प्रमाणात कार्बन मोनॉक्साइड (CO), नायट्रस ऑक्साइड (N_2O) व नायट्रोजन डाय-ऑक्साइड (NO_2) यांसारखे वायूही असतात. अत्यल्प प्रमाणातील ओझोन वातावरणाचा अत्यंत महत्त्वाचा घटक आहे. तो सौर प्रारणातील अतितापदायक जंबुपार किरणांपासून पृथ्वीवरील जीवसृष्टीचे संरक्षण करतो. वातावरणाच्या खालच्या थरांत कोरड्या हवेच्या मिश्रणातील घटकांच्या प्रमाणात फारसे बदल घडत नाहीत. उच्च वातावरणात सौर प्रारणाच्या परिणामामुळे घटकांत बदल होतात. रेणवीय ऑक्सिजनाचे आणवीय ऑक्सिजनामध्ये रूपांतर होते.

जलबाष्प, ओझोन व कार्बन डाय-ऑक्साइड हे प्रमाण बदलणारे वायू सोडल्यास भूपृष्ठालगतच्या १०० किमी. जाडीच्या थरात उंचीप्रमाणे वातावरणाची घनता कमी होत गेली, तरी इतर वायूंचे प्रमाण प्रत्येक पातळीवर स्थिर असते. यामुळे ह्या थरास समांगावरण हे नाव देण्यात आले आहे . हा वातावरणातील व्यवस्थितपणे ढवळला जात असलेला संमिश्र थर आहे. १०० कि.मी.पेक्षा अधिक उंचीवरच्या वातावरणात संमिश्रणक्रिया घडून येत नाही. ६० किमी.च्या उंचीनंतर संपूर्ण वातावरणात सूर्यकिरणातील जंबुपार भाग आणि क्ष-किरण यांची तीव्रता प्रकर्षाने प्रतीत होऊ लागते. त्यामुळे विविध प्रकारांच्या वायुरेणूंचे विच्छेदन होऊन आयन (विद्युत् भारित अणू) निर्माण होतात. १०० कि.मी. नंतर प्रसरणक्रियेमुळे विविध वातावरणीय घटकांचे विभक्तीकरण होते. हलके वायूरेणू वर उंच फेकले जातात. वाढत्या उंचीप्रमाणे त्यांची संख्या, प्रभाव व वर्चस्व वाढते. अधिक जड वायुरेणू खाली ओढले जातात. तीव्र सौर प्रारणामुळे जलबाष्प व कार्बन डाय-ऑक्साइड या घटकांचे विच्छेदन होते. ३०० किमी.च्या उंचीवर व त्यानंतर आणवीय ऑक्सिजन वायूचे वर्चस्वी परिणाम प्रत्ययास येतात. ८०० किमी.च्या उंचीनंतर प्रथम हीलियम व त्यानंतर हायड्रोजन वायूंचे प्रमाणधिक्य व प्रभाव वाढतो. १०० ते ८०० किमी. उंचीपर्यंतच्या या थराला सातत्याने बदलत्या संघटनामुळे विषमांगावरण ही संज्ञा मिळाली आहे. बहुतेक सर्वच घटक आयनीकृत अवस्थेत असतात. पृथ्वीवरील एका ठिकाणाहून ऊर्ध्व दिशेत गेलेले रेडिओ तरंग या आयनांच्या थरावरून परावर्तित होऊन भूपृष्ठाकडे परत येतात व रेडिओ संदेशवहन सुलभ होते.

५) वातावरणाची तापमान संरचना :

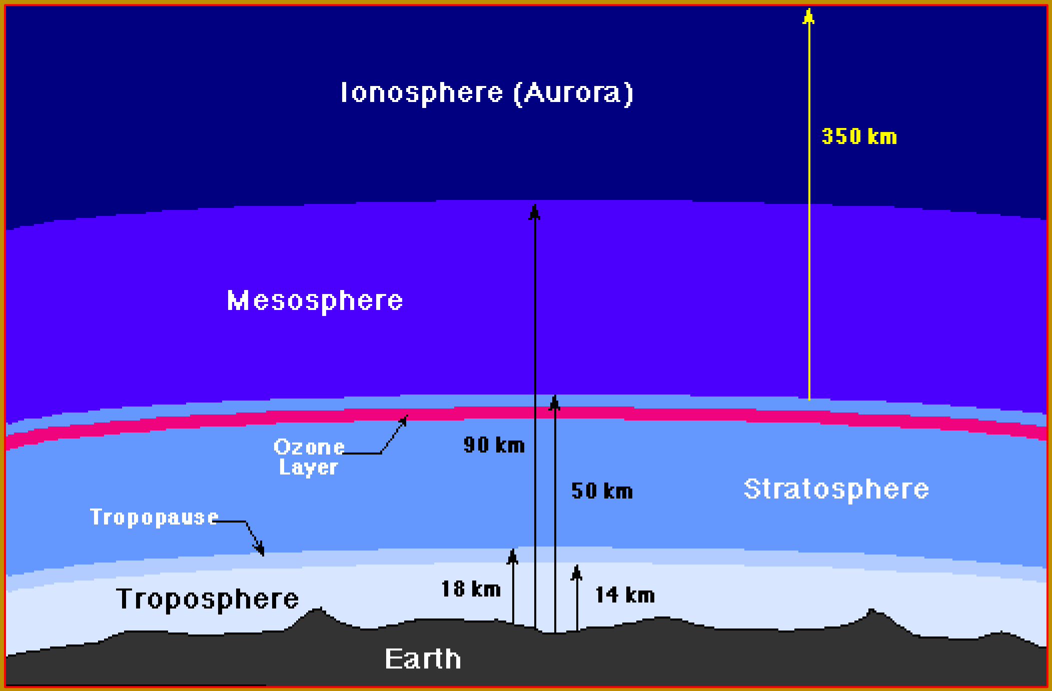
तापमानावर आधारित वातावरणाची बहिर्सीमा कोठे संपते आणि अवकाशाला प्रारंभ कोठे होतो हे सांगणे कठीण आहे. विषुववृत्तावर ३३,२०० किमी. उंचीवर पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण आणि पृथ्वीच्या परिभ्रमणामुळे निर्माण

होणारी केंद्रोत्सारी (केंद्रापासून दूर नेणारी) प्रेरणा साधारणपणे समप्रमाणात असतात. ह्या उंचीनंतरची हवा इतकी विरल असते की, पृथ्वीचे वातावरण आणि अवकाश यांना विभागणारी सीमारेषा निश्चित स्वरूपाची असू शकत नाही. त्यामुळे ३३,००० किमी. नंतर आत्यंतिक विरलतेमुळे वातावरणीय गुणधर्मच लोप पावतात. प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉनयुक्त सौरवात (सूर्यापासून उत्सर्जित होणारा प्रोटांनांचा प्रवाह) पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्राभोवतालून पृथ्वीपलीकडे जाताना एक लांबट गोल पोकळी तयार होते तीमध्ये पृथ्वीचे वातावरण समावून रहाते. भूचुंबकीय क्षेत्र सूर्याकडील अंगास दबलेले असून विरुद्ध अंगास शेपटासारखे पसरलेले असते. त्यामुळे **भूचुंबकीय क्षेत्र-सीमा** हीच वातावरणाची बाह्य सीमा मानता येईल.



पृथ्वीच्या वातावरणाची संरचना बहुतांशी सूर्यापासून मिळणाऱ्या उष्णतेच्या शोषणामुळे वातावरणात ज्या क्रियाप्रक्रिया घडतात त्यांवर अवलंबून असते. हे ऊष्मीय शोषण वातावरणातील वायूंमध्ये विच्छेदन, आयनीभवन, तापन आणि गतिशीलता निर्माण करते. कधीकधी द्वि-आणवीय ऑक्सिजन वायूचे विशिष्ट उंचीवरच एक आणवीय ऑक्सिजनामध्ये विच्छेदन होते. काही प्रक्रिया ठराविक उंचीवरच होत असल्यामुळे काही थरांत वाढत्या उंचीप्रमाणे तापमान वाढते काही थरांचे वाढत्या उंचीप्रमाणे तापमान घटते. तापमानाच्या बदलांच्या दृष्टीने वातावरणाच्या थरांचे निरनिराळे भाग करणे सोईस्कर ठरले आहे. वातावरणाचे **क्षोभावरण**,

स्तरावरण, **मध्यावरण**, **आयनांबर** किंवा **ऊष्मावरण** असे चार विभाग करता येतात. ह्या चार विभागांशिवाय आयनांबराच्या पलीकडे **अतिबाह्यावरण** नावाचा एक पाचवा विभाग मानता येण्यासारख्या आहे.



१) **क्षोभावरण :** वातावरणाचा हा सर्वांत खालचा भाग आहे. संपूर्ण वातावरणाच्या वजनाचा ७५ टक्के भाग, बहुतेक सर्व जलबाष्प व धूलिकण ह्या विभागात सामाविलेले असतात. हवामानाचे बहुतेक सर्वच आविष्कार येथे घडतात. घर्षण तसेच पृष्ठभागाच्या तापमानांतील दैनिक फरक हे पृष्ठभागापासून सुमारे २ किमी. उंचीपर्यंतच्या वातावरणाच्या सूक्ष्म थरांवर अधिक परिणाम करतात. या थरांत तापमान कधीकधी उंचीनुसार वाढत जाऊन मग कमी होते. याचा अंतर्भाव क्षोभावरणात केला जातो. या स्तरावरील हवेचे सरासरी तापमान पृथ्वीपृष्ठापासून वाढत्या उंचीप्रमाणे कमी कमी होत जाऊन जेथे प्रथम किमान होते ती क्षोभावरणाची वरची सीमा ठरते. कमी अक्षवृत्ताच्या प्रदेशात पृष्ठभागाचे सरासरी तापमान २७० से. असते. उच्च अक्षवृत्ताच्या प्रदेशात ते -१३० से. असते. उष्ण कटिबंधात क्षोभावरण सीमा १६ किमी. उंचीवर आढळते. त्या उंचीवरचे तापमान केव्हा केव्हा -९३० से. इतके असते. ध्रुवीय प्रदेशांवर क्षोभावरण-सीमा १० किमी.उंचीवर आढळते व तेथील तापमान -४३० से. असते. सौर प्रारणामुळे पृथ्वीपृष्ठ तापून निघते व निकटवर्ती वातावरणात ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होतात. त्यामुळे पृथ्वीपृष्ठाजवळच्या उष्णतेचे संक्षोभजन्य मिश्रणक्रियेमुळे व संनयनी

प्रवाहांमुळे उच्चतर वातावरणीय थरांत स्थानांतर होते. तसेच ध्रुवीय प्रदेशांपेक्षा विषुववृत्तीय प्रदेश अधिक तापतात. ह्या ऊष्मीय विषमतेमुळे वातावरणात क्षैतिज व ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होऊन विषुववृत्तीय प्रदेशांतील उष्णता ध्रुवीय प्रदेशांकडे व उच्चस्तरांकडे वाहून नेली जाते. ऊष्मीय प्रक्रियामुळे पृथ्वीपृष्ठावरील पाण्याचे बाष्पीभवन,संद्रवण, सुप्त उष्णतेची मुक्तता, मेघनिर्मिती, पर्जन्यवृष्टी, हिमवर्षाव, गडगडाटी वादळे, गारांचा वर्षाचा, धुळी वादळे, विध्वंसक चक्री वादळे, द्रुतगतिमान वायुस्रोत, धुके, तुहिन इ. आविष्कार क्षोभावरणातच प्रत्ययास येतात.

क्षोभावरण-सीमेची सर्वसाधारण उंची ११ किमी. धरण्यात येते. अनेक कारणांमुळे या सीमेच्या उंचीत कमीअधिक बदल घडून येतात. खालच्या थरांचे तापमान किंवा दाब अधिकतर झाल्यास या सीमेची उंची वाढते. क्षोभावरणात उंचीनुसार सरासरी तापमान ऱ्हास ६.५० से./किमी. प्रमाणे असतो. तापमान ऱ्हास १०० से./किमी. पेक्षा अधिक झाल्यास वातावरणात उलथापालथ घडून लहान मोठे आवर्त (भोवरे) निर्माण होतात.

२) **स्तरावरण :** क्षोभावरणाच्या सीमेनंतरच्या काही थरांत वाढत्या उंचीप्रमाणे तापमान जवळजवळ स्थिर राहते व त्यानंतर वाढत्या उंचीप्रमाणे तेही थोडथोडे वाढू लागते. क्षोभावरणात उद्‌भवणारे ऊर्ध्व प्रवाह स्तरावरणापर्यंत सहसा पोचत नाहीत. ज्वालामुखींच्या उद्रेकांमुळे आणि प्रभावी चक्रवातांत उद्‌भवणाऱ्या उंच राशिमेघांमुळे जलबाष्प व धूलिकण स्तरावरणात शिरतात. वातावरणातील बहुतेक सर्व ओझोन स्तरावरणात व मध्यावरणातील लगतच्या थरांत सामाविलेला आहे. ओझोनाचे महत्तम प्रमाण सु. २५ किमी. उंचीच्या जवळपास आढळते. सौर प्रारणातील लघुतरंगलांबीचा भाग (२,००० ते ३,००० अँगस्ट्रॉम) ऑक्सिजन व ओझोन शोधून घेत असल्यामुळे उच्च स्तरावरणात वाढत्या उंचीप्रमाणे तापमान वाढलेले आढळते. स्तरावरणात ऊर्ध्व प्रवाह निर्माण होत नाहीत व त्यामुळे संक्षोभकारक घटना तेथे जवळजवळ आढळत नाहीत. उच्च अक्षवृत्तांवरील स्तरावरणात हिवाळ्यात अधूनमधून ३० किमी. उंचीवर मोत्यासारखे चकाकणारे मेघ निर्माण झालेले दिसतात. त्यांना मुक्ताद्रव्यी मेघ म्हणतात. स्तरावरणाचा विस्तार क्षोभावरण-सीमेपासून ५५ किमी.पर्यंत असतो. स्तरावरणसीमेवर तापमान -२३° ते १७° से.पर्यंत वाढलेले असते. कधीकधी काही अक्षवृत्तांत पृथ्वीपृष्ठावर आढळते त्यापेक्षा अधिक तापमान स्तरावरण-सीमेवर प्रस्थापित

होते. संपूर्ण स्तरावरणात क्षैतिज वारे मंदावलेले असतात. ह्या कारणांमुळे व वातावरणीय संक्षोभ नसल्यामुळे आवाजाच्या वेगापेक्षा अधिक गतीने जाणाऱ्या विमानांची वाहतूक स्तरावरणात सुकर होते. कधीकधी स्तरावरण व लगतच्या मध्यावरणाला **ओझोनावरण** असेही नाव देतात.

३) **मध्यावरण** : स्तरावरणाच्या वरच्या सीमेपासून किंवा पृथ्वीपृष्ठापासून ५५ किमी. उंचीपासून सु. ८० किमी.पर्यंत विस्तार असलेल्या वातावरणाच्या भागाला मध्यावरण म्हणतात. या विभागात वाढत्या उंचीप्रमाणे तापमानात घट होत असते. सबंध वातावरणातील न्यूनतम तापमान ह्याच थरांत आढळते. मध्यावरण-सीमेवरील तापमान उन्हाळयात सुमारे -१२३° से. (१५०° के.) व हिवाळ्यात -५३° से. (२२०° के.) असते. संपूर्ण वातावरणात सर्वांत कमी तापमान उन्हाळयात प्रत्ययाला यावे ही एक लक्षवेधी घटना आहे. ह्याच विभागात सुमारे ८५ किमी. उंचीवर उन्हाळयात सूर्योदयापूर्वी व सूर्यादयानंतर चमकदार मेघ निर्माण होतात. आयनांबराचा सर्वांत खालचा भाग (डी-थर) मध्यावरणातच ६० ते ८५ अशा २५ कि.मी.जाडीच्या भागात आढळतो. विच्छेदन व आयनीभवन क्रियेमुळे मुक्त झालेल्या इलेक्ट्रॉनांची संख्या दिवसा प्रत्येक घ.मी. मध्ये १०८ – १०९ एवढी असते.

नीच स्तरावरण आणि उच्च स्तरावरण व मध्यावरण यांतील हवेचे अभिसरण भिन्न प्रकारच्या कारणांमुळे निर्माण होते . नीच स्तरावरणातील अभिसरण क्षोभावरणात घडणाऱ्या ऊष्मीय क्रिया-प्रक्रियांमुळे निर्माण झालेल्या अभिसरणाचाच एक भाग असतो. उच्च स्तरावरणातील व मध्यावरणातील वातावरणीय अभिसरण वेगळया परिस्थितीतून निर्माण होते. उन्हाळयात या विभागातील **ओझोन** सौर प्रारणातील लघुतरंगलांबीचे किरण शोषून घेतो व तेथील वातावरण तापते. त्यातील काही ऊर्जा स्थानिक वातावरणातील ओझोन व कार्बन डाय-ऑक्साइड हे घटक दीर्घतरंगलांबीच्या अवरक्त प्रारणांच्या रूपाने उत्सर्जित करतात. त्यामुळे ध्रुवावर उन्हाळयात परिणामी ऊर्जाधिक्य आढळते. ध्रुवावर हिवाळयात ऊर्जात्रुटी प्रत्ययास येते. दोन ध्रुवांवरील ऊर्जांमधील या फरकाने उच्च स्तरावरण व मध्यावरण यांतील वातावरणाला गती मिळते व तेथे विशिष्ट प्रकारचे वातावरणीय अभिसरण निर्माण होते. स्तरावरणात व लगतच्या मध्यावरणात असलेल्या ओझोनाकडून सौर प्रारणाचा प्रखर भाग शोषिला जातो. याच थरात प्राथमिक व द्वितीयक विश्वकिरणांच्या (बाह्य अवकाशातून येणाऱ्या भेदक किरणांच्या) ऊर्जेचे प्रकर्षाने उष्णतेत रूपांतरण होते. काही उष्णता

उल्कांमुळे मिळते. ह्या सर्व घटनांमुळे पृथ्वीपृष्ठापासून ४० ते ६५ किमी. उंचीमधील थर खूप उष्ण होतात व मध्यावरणात अनेक प्रकाशरासायनिक विक्रिया घडून येतात. या कारणांमुळे मध्यावरणाला काही शास्त्रज्ञांनी रसायनवरण हे नाव दिले आहे.

४) **ऊष्मावरण :** ८० किमी. नंतरच्या काही वातावरणीय थरांत उंचीप्रमाणे तापमान झपाट्याने वाढत जाते. सुमारे १५० किमी. उंचीवर तापमान १००° से. (३७३° के.) असते. ५०० किमी.उंचीवर तापमान १,२२३° से. (१,४९६० के.) असल्याचे आढळले आहे. त्यानंतर उंची वाढली तरी तापमान जवळजवळ स्थिरच राहते . ह्या कारणांमुळे मध्यावरणापासून वातावरणाच्या बहिःसीमेपर्यंतच्या आवरणाला **ऊष्मावरण** हे नाव दिले आहे. ह्या आवरणाला सौर वर्णपटातील २,००० अँगस्ट्रॉमपेक्षा कमी असलेल्या लघुतरंगलांबीच्या प्रारणापासून ऊर्जा मिळते. तसेच इलेक्ट्रॉन, प्रोट्रॉन व आयन यांच्यासारखे सूर्यापासून निघालेले कण, आंतरतारकीय अवकाशातून येणारे वैश्विक कण व व्हॅन ॲलन कण (पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्रात अडकून पडलेले इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन ⟶प्रारण पट्ट) यांच्यासारखे अतिशय गतिमान कणही उच्चतर वातावरणात प्रवेश करून वातावरणीय द्रव्यांबरोबर ऊर्जा-विनिमय करतात. त्यामुळे या द्रव्यांचे आयनीकरण, पुनःसंयोग, विच्छेदन, त्यांची गतिशीलता, विसरण, ऊष्मीय विसरण इ. आविष्कार ऊष्मावरणात घडून येतात. मध्यावरणानंतरच्या वातावरणात घडणाऱ्या भौतिक चमत्कृतींवर ऊष्मागतिक संतुलनापेक्षा (यांत्रिक, रासायनिक व ऊष्मीय समतोल असणाऱ्या गुणधर्मापेक्षा) सूर्याचेच अधिक नियंत्रण असते. सौर प्रारण व कणप्रारण (सूर्यापासून येणारा कणांचा प्रवाह) यांमुळे रेणवीय ऑक्सिजनाचे आणवीय ऑक्सिजनामध्ये रूपांतर ९० किमी. उंचीवर व्हावयास लागते. या उंचीवरील वातावरणात आणवीय ऑक्सिजन हाच मुख्य घटक असतो. याव्यतिरिक्त सुमारे १०० किमी. उंचीवर रेणवीय विसरणक्रिया सुरू होते. तीमुळे हलके वायू अधिक उंचीवर व जड वायू कमी उंचीवर जमू लागतात. याहूनही अधिक उंच पातळीवर हीलियम व हायड्रोजन यांसारख्या हलक्या वायूंचे विशेष आधिक्य निर्माण होते.

५) **आयनांबर :** सुमारे ८० ते ३०० किमी. उंचीमधील हवेच्या आवरणाला आयनांबर असे म्हणतात. सूर्य प्रारणाचा शक्तिशाली जंबुपार भाग व कणप्रारण ह्या आवरणातील विरल हवेत शिरल्यामुळे घटक वायूंच्या रेणूंचे अणूंत आणि अणूंचे मूलघटकांत विच्छेदन होते. त्यामुळे अगणित धन विद्युत् भारित आयन (अणू,

रेणू किंवा अणुगट) व मुक्त इलेक्ट्रॉन या स्तरात परिभ्रमण करीत असतात. असे आयन व मुक्त इलेक्ट्रान असल्यामुळे वातावरणाच्या ह्या भागाला **विद्युत् संवाहकाचा** गुण प्राप्त झाला आहे.

आयनांबरात वाढत्या उंचीप्रमाणे तापमान अतित्वरेने वाढते. तेथील वायुकणांच्या गतीवर व पर्यायाने आयनांबराच्या संरचनेवर मुख्यत्वेकरून सौर प्रारणाचे वर्चस्वी परिणाम होतात. यांशिवाय चंद्रसूर्यामुळे निर्माण झालेल्या वातावरणीय वेला (भरती-ओहोटीसारख्या गती), विश्वकिरण, उल्का, सौरशिखा [सूर्याच्या वर्णगोलातून होणारा तेजस्वी उद्रेक ⟶ सूर्य], सौरवात, सौर चक्र (सौर ऊर्जेत ११ वर्षांच्या आवर्तनामुळे होणारे बदल), चुंबकीय वादळे, वातावरणाची गती इत्यादींमुळे आयनांबरात विक्षोभ (खळबळ) निर्माण होतात. त्यामुळे पृथ्वीवरून येणाऱ्या रेडिओ तरंगांचे शोषण होऊन संदेशवहनात व्यत्यय येतो. कधीकधी ते पूर्णपणे बंद पडते.

आयनांबराचे मुक्त इलेक्ट्रॉन असलेले डी, ई आणि एफ असे तीन मुख्य विभाग केले जातात. सुमारे ६० ते ८५ किमी. उंचीमध्ये डी-थर आढळतो. ह्या थरांचा वरचा भाग वातावरणातील नायट्रिक ऑक्साइड या वायुघटकाच्या रेणूंचे हायड्रोजनाच्या लघुतरंगलांबीच्या प्रारणामुळे विच्छेदन व आयनीभवन झाल्याने अस्तित्वात येतो. ह्याच थराचा खालचा भाग विश्वकिरणाद्वारे वायुकणांचे विच्छेदन झाल्यामुळे अस्तित्वात येतो. हा थर मुख्यत्वेकरून दिवसा आढळतो, रात्री लुप्तप्राय होतो. सौर शिखा, क्ष-किरण, उद्रेक (विस्फोट) व ध्रुवीय प्रकाश (ध्रुवीय प्रदेशांतून आकाशांत दिसणारे विविध रंगी प्रकाशीय आविष्कार) यांसारख्या सौर घटनांचे डी-थराच्या क्रियाशीलतेवर विघातक परिणाम होतात. ८५ पासून १४० किमी. उंचीमधील वातावरणीय थरात सूर्यापासून उत्सर्जित झालेले दीर्घतरंगलांबीचे क्ष-किरण व तीव्र जंबुपार प्रारण शोषिले गेल्यामुळे दिवसाच्या वेळी मुक्त इलेक्ट्रॉनांची संख्या दर घ.मी. मध्ये १०११ किंवा तत्सम मूल्यांइतकी वाढते व रेडिओ तरंग परावर्तित करू शकणारा ई-थर अस्तित्वात येतो. धन विद्युत् भारित ऑक्सिजनाचे रेणू व अणू (O2+, O+) व घन विद्यूत् भारित नायट्रिक ऑक्साइडाचे रेणू (NO+) हे ई-थरांतील प्रमुख आयन होत. एफ-थर १४० किमी. उंचीपासून सुरू होतो. त्याचे एफ-१ आणि एफ-२ असे दोन भाग केले जातात. एफ-१ भाग १४० ते २०० किमी. उंचीमध्ये सामाविलेला असतो. एफ-२ भाग २०० किमी. नंतर सुरू होतो.

सूर्यापासून उत्सर्जित होणारे वर्णपटाचे २०० ते ९०० अँगस्ट्रॉम तरंगलांबी असलेले अतिजंबुपार प्रारण प्रकर्षाने शोषिले गेल्यामुळे एफ-थर निर्माण होतात.

रेडिओ तरंगांच्या संवहनाच्या दृष्टीने आयनांबराचा ऊर्ध्व दिशेने विस्तार साधारणपणे ३०० किमी.पर्यंत असतो. ३०० किमी. उंचीनंतर होणाऱ्या प्रकाश-आयनीभवनात (दृश्य वा जंबुपार किरणातील फोटॉन शोषला जाऊन अणू वा रेणूतून एक वा अनेक इलेक्ट्रॉन निघून जाण्याच्या क्रियेत) आणवीय ऑक्सिजनाचाच भाग अधिक असतो. ५०० किमी. उंचीनंतर हीलियम आणि आणवीय हायड्रोजन असलेल्या भागांना अनुक्रमे हीलियमावरण आणि प्रोटॉनावरण अशी नावे दिली आहेत. विषुववृत्तीय भागात सु. ४०० किमी. उंचीवर एक वेगळाच 'जी' नावाचा थर क्वचितच अस्तित्वात येतो.

उच्चतर वातावरणात बहुसंख्येने निर्माण होणारे आयन इतस्ततः फिरत असतात. या आयनांच्या समूहांच्या (आयनद्रायूच्या म्हणजे पूर्णतया आयनीकृत झालेल्या ⟶ आयनद्रायु भौतिकी) गतीवर भूचुंबकीय क्षेत्राचे नियंत्रण व वर्चस्व असते. वातावरणाच्या अशा आयनद्रायूच्या भागाला चुंबकावरण असे म्हणतात. एफ-१ थरापासून किंवा १५० किमी. उंचीपासून तो सुरू होतो. त्याची बाह्य सीमा दिवसा पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या दहापट उंच असलेल्या पातळीपर्यंत असावी. रात्रीच्या वेळी चुंबकावरण अवकाशात शेपटासारखे अतिदूर अंतरापर्यंत पसरलेले असते. (⟶ आयनांबर).

६) **बाह्यावरण :** आयनांबरानंतर किंवा सुमारे ६०० किमी.नंतर बाह्यावरण सुरू होते. तेथील आयन, अणू व रेणू इतस्ततः दूरदूरच्या अंतरावर पसरलेले असतात. त्यामुळे ते एकत्र येऊन किंवा त्यांचा संयोग होऊन एखादी विक्रिया घडून येण्याचे प्रसंग कमीच घडतात. त्या झाल्या तरी त्यांचे परिणाम पृथ्वीवर जाणवत नाहीत.

६) वातावरण बदल म्हणजे काय?

आपण पृथ्वीचा हरित गृहसापेक्ष (ग्रीन हाउससापेक्ष) विचार करू या. हरित गृहामध्ये ज्याप्रमाणे इच्छित पिकासाठी अनुकूल अशी नियंत्रित स्थिती निर्माण करून भरघोस उत्पादन घेतले जाते, अगदी तसेच पृथ्वीभोवतीच्या वातावरणाने आणि त्याच्या शिरस्थ ओझोन थराने हरित गृहासारखी नियंत्रित स्थिती निसर्गतः आहे. यामधील ओझोन वायूचा थर म्हणजे हरित गृहाचा छत असून पर्यावरण/वायुमंडल हे हरित गृहाच्या

आतील नियंत्रित वातावरण आहे. या ओझोन थराखाली असलेल्या विविध वायूंचे प्रमाण, तापमान याच्या निकषांवर आधारित याचा समतोल घडत असतो. ओझोनचा थर हा सूर्यापासून पृथीवर येणाऱ्या हानिकारक किरणांना (अतिनील किरणांना) अवरोध करण्याची, म्हणजे पर्यावरण रक्षणाची भूमिका अदा करत असतो. ज्या वेळी पर्यावरणाचा समतोल होता, त्यामुळे आपण वरील तालिकेमध्ये अनुभवलेली आपल्या बालपणीची पर्जन्य, हिवाळा आणि उन्हाळयाची स्थिती होती. म्हणजे त्या वेळी पृथ्वीभोवतीच्या वातावरणात ज्या प्रमाणात विविध वायूंचे प्रमाण होते आणि जे पृथ्वीचे सरासरी तापमान होते, त्या समतोलाचा हा परिणाम होता. याचाच दुसरा अर्थ असा आहे की आज अशी समतोल स्थिती निर्माण केली, तर आपण त्या वेळेसारखेच पर्जन्य, थंडी आणि उष्णता किंवा उन्हाळा घडवून आणू शकतो. म्हणजे पृथ्वीच्या पर्यावरणातील विविध वायूंच्या प्रमाणामध्ये आणि सरासरी तापमानामध्ये घडलेले बदल म्हणजे 'वातावरण बदल'.

तापमानवाढ कशी बदलत गेली, आज तिची नेमकी स्थिती काय आहे आणि धोक्याची पातळी नेमकी किती आहे. याचे उत्तर असे आहे की, १८५० सालापासून पृथ्वीच्या सरासरी तापमानाच्या नोंदी उपलब्ध आहेत. त्यात दोन अंश से. वाढ झाल्यास पृथीवरच्या जीवसृष्टीसमोर अस्तित्वाचे भयंकर प्रश्न उभे राहणार आहेत आणि आता दीड अंश से. इतकी तापमानवाढ झालेली आहे, त्यामुळेच त्याचे अकराळविकराळ स्वरूप आपणास अनुभवास येत आहे. जर हे याच गतीने चालू राहिले, तर २०५० साली २ अंश से.ची मर्यादा ओलांडली जाईल असे अनुमान होते, आता २०३० सालीच ही स्थिती येईल, असे शास्त्रज्ञाचे सुधारित अनुमान आहे. यावरून स्थिती किती स्फोटक आहे हे स्पष्ट व्हावे.

वातावरण बदलाची कारणे:

वातावरण बदलाच्या कारणांचे नैसर्गिक आणि मानवनिर्मित असे वर्गीकरण होते.

नैसर्गिक कारणे:

यामध्ये पृथ्वीचा अक्ष १०० वर्षांनी अर्धा अंश या गतीने झुकणे, भूखंडांचे विस्थापन, ज्वालामुखी, जंगलातील वणवे, समुद्रातील उष्ण-शीत प्रवाहांची स्थिती ही कारणे आहेत, ज्यामध्ये मानवजातीस करण्यासारखे फारसे काही नाही. तथापि मानवनिर्मित कारणांच्या योग्य नियंत्रणाने आपण मानवी आणि जीवसृष्टीस अनुकूल स्थिती नक्की करू शकतो, ज्याप्रमाणे शितकरण यंत्र लावून आपण आपल्या

घरातील स्थिती हवी तशी ठेवू शकतो. येथे लक्षात घ्यावयाची गोष्ट अशी आहे की, घरातील निर्णय आणि अंमलबजावणी ही एकचालकानुवर्ती पध्दतीने म्हणून काटेकोर होते, तर येथे मात्र पृथ्वीवरील ७०० कोटी लोकांच्या सामूहिक आणि एकदिशेने प्रयत्नांची नितांत आवश्यकता आहे.

मानवनिर्मित कारणे:

वातावरणामध्ये मिथेन, कार्बन डाय ऑक्साइड, फॉस्फेट्स आणि नायट्रेट्स या वायूंचे प्रमाण (या वायूंना हरित गृह वायू - ग्रीन हाउस गॅसेस असे म्हणतात) वाढल्याने दोन परिणाम होत आहेत. एक - हरित गृह वायू, पृथ्वीवर सूर्यापासून येणारी उष्णता कार्यक्षमतेने शोषून घेतात, वातावरणातील बाष्प/वाफेमुळे या उष्णतेचे सर्वदूर वहन होते आणि पृथ्वीचे सरासरी तापमान वाढण्यास मदत होते. आणि दोन - या वायूंच्या अतिप्रमाणाने ओझोनचा थर पातळ होतो, त्याला भोकही पडते आणि सूर्याची घातक अतिनील किरणे पृथ्वीच्या हरित गृहात प्रवेश करून इथली नियंत्रित स्थिती उद्ध्वस्त करतात. म्हणजे आमच्या हरित गृहामध्ये कोणी भट्टी पेटवून तापमान वाढले आणि त्याचा हिरवा कपडा फाटल्यावर मधल्या पिकांचे जे होते, तेच पृथ्वीवरच्या जीवसृष्टीचे होत आहे. त्याचप्रमाणे सुस्थितीतील एखाद्या गुलाबाच्या हरित गृहात स्वच्छंदपणे बागडणाऱ्या फूलपाखरांची या पडदा फाटण्याने आणि भट्टी पेटवण्याने जी स्थिती होईल, तीच पृथ्वीवरील प्राण्यांची, वनस्पतींची आणि अर्थात मानवाचीही होत आहे, पुढे होणे अपरिहार्य आहे. पडदा शिवून घेतल्यास आणि भट्टी बंद केल्यास जसे गुलाब टवटवीत होतील, पुन्हा फूलपाखरे बागडतील तसे होणेही निश्चित आहे. त्यासाठी नेमके काय करावे लागेल याचा विचार आता करू. तत्पूर्वी या वायूंच्या उत्पत्तीची कारणे जाणून घेऊ.

मिथेन: मिथेन वायू हा बायोमास - म्हणजे जंगलातील, शेतातील, उद्यानातील पालापाचोळा, प्राणिजन्य घटक - म्हणजे मेलेली जनावरे, जलचर, पशुवधगृहातील कचरा, पशुधनाचे आणि मानवी मलमूत्र, स्वयंपाकघरातील ओला कचरा, शहरांचे सांडपाणी - विशेषतः मैलायुक्त पाणी, हे आणि असे घटक सडण्याच्या जीवरासायनिक प्रक्रियेतून हा वायू मुक्त होतो आणि वातावरणात मिसळला जातो. प्रत्येक मोठया शहराबाहेर असलेल्या कचरा डेपोला वारंवार लागणाऱ्या आगी या त्या घनकचऱ्यामधून विघटित होणाऱ्या मिथेनमुळेच लागत असतात. हा वायू वातावरणासाठी प्रचंड घातक आहे.

कार्बनडाय ऑक्साइड: प्रचंड प्रमाणात झालेले औद्योगिकीकरण, मानवी आणि प्राण्यांचे श्वासोच्छश्वास, ऊर्जानिर्मितीसाठी होणारे इंधनांचे प्रचंड ज्वलन, वाहनांमध्ये जाळले जाणारे इंधन, घराघरात आणि हॉटेल्समध्ये स्वयंपाकासाठी जाळले जाणारे लाकूड, कोळसा किंवा जैविक कचरा, जंगलामध्ये लागणारे वणवे, विविध रासायनिक उद्योगांमधून विघटित होणारा कार्बन डाय ऑक्साइड ही या वायूच्या उत्पत्तीचे प्रमुख स्रोत आहेत.

फॉस्फेट्स आणि नायट्रेट्स: हे विविध रासायनिक प्रक्रियांतून अतिशय मर्यादित मात्रेत विघटित होतात आणि त्यांचा फारसा परिणामही नाही, त्यामुळे आपण हे सध्या बाजूला ठेवू. रासायनिक खतांच्या वापरानेसुध्दा याचे प्रमाण वाढते.

यावर उपाय म्हणजे एकतर या वायूंचे उत्सर्जन नियंत्रित करणे आणि वातावरणातील त्याचा प्रभाव शिल्लक उरणार नाही अशा पध्दतीने त्याला गुंतविणे (sequestration) स्थिरीकरण करणे. प्राणी ऑक्सिजन घेऊन कार्बन डाय ऑक्साइड सोडतात, तर वनस्पती कार्बन डाय ऑक्साइड घेऊन ऑक्सिजन सोडतात. जोपर्यंत लोकसंख्या मर्यादित होती आणि जंगलक्षेत्र आणि हरित आवरण मुबलक होते, तेव्हा या वायूंच्या प्रमाणाचा समतोल राखला गेला. पुढे लोकसंख्येचा स्फोट, जंगलतोड आणि वर चर्चिलेल्या इतर कारणांनी हरित गृह वायूंचा उद्भव होऊन हा समतोल बिघडला. त्यांच्या परिणामांचे यशस्वी निष्प्रभीकरण करता येईल, इतकेच नाही, तर त्यापासून भरीव उत्पन्न घेता येईल आणि इंधनाच्या बाबतीत राष्ट्र स्वयंपूर्ण होण्यास मदत ही होईल.