منهاج مادة الانواء الجوية

- الفصل الاول
- تركيب الغلاف الجوي
- Atmosphere Component
- اصل الجو الارضي
- مكونات الهواء
- التركيب الحراري للجو
- اسئلة الفصل الاول
- الفصل الثاني
- قياس العناصر الجوية
- Atmosphere Elements Meter
- العناصر الجوية
- اجهزة الانواء الجوية
- اوقات الرصد الجوي الدولية
- اجهزة الرصد السطحي
- قياس الضغط الجوي
- قياس درجة الحرارة
- قياس الرطوبة الجوية
- قياس سرعة الرياح
- قياس كمية الهطول
- قياس التبخر
- قياس مدى الرؤية
- قياس الاشعاع وسطوع الشمس
- رصد السحب
- تصنيف السحب

- رصد الهواء الاعلى
- ١- قياس الرياح العليا
- ٢- استخدام بالون الرصد
- ٣- الراديو سوند
- اسئلة الفصل الثاني
- **الفصل الثالث**
- **اساسيات التنبؤ الطقسي**
- Principle of Weather Forecasting
- الدوران العام للرياح
- تيارات المحيط
- الكتل الهوائية
- الجبهات
- المنخفضات الجوية
- المرتفعات الجوية
- خارطة الطقس
- معادلات الرياح المهمة وطرق حسابها
- انواع الرياح
- اسئلة الفصل الثالث

علم الجو Atmospheric science

يقسم علم الجو الى فرعين اساسيين هما:

- **علم الانواء الجوية Meteorology**
- يقسم الى ثلاثة انواع منها .Physical Met يشمل دراسة مكونات الغلاف الجوي من حيث التركيب والخصائص وانتقال الاشعاع الشمسي وكافة العمليات الفيزيائية ، و synoptic يمثل وصف وتحليل والتنبؤ لحركة الهواء واخيرا dynamic يعتمد على دراسة تحليلية لمكونات الغلاف الجوي (حركة الموائع).

- **علم المناخ Climatology**

- Physical climatology تخص دراسة المناخ بصورة عامة للبقعة الجغرافية ، اما بالنسبة لل Climatograph فهو علم اكثر شمولا في دراسة مناخ الارض ،واخيرا Applied climatology يختص بدراسة النواحي التطبيقية للإحصاء المناخي .

الغلاف الجوي

يحيط بالكرة الأرضية غلاف من الغازات المتنوعة يدعى بالغلاف الجوي أو يدور مع الأرض ويشكل جزءاً منها غير محدود تماما لكنه لا يزيد عن (٤٥٠كلم) ويتميز بالخصائص التالية :
- هو مزيج من الغازات، وفي مقدمتها النيتروجين (٧٨%) والأوكسجين (٢١%) ومجموعة من الغازات النادرة بنسبة (١%) وكمية ضخمة من غاز الفحم أو ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغبار . وإذا كانت نسب هذه الغازات ثابتة تقريباً في الجو القريب من السطح الأرض فإنها تختلف في الطبقات العليا : فالأكسجين يخف بعد ٥كلم ارتفاع والأجسام الغريبة كبخار الماء والغبار تختلف في الطبقات العليا كما يكثر الهيدروجين والهليوم في نهاية الغلاف الجوي .

- تختلف كثافة الغلاف الجوي بين المناطق القريبة من سطح الأرض والمناطق الجوية العليا ، فالكيلومترات الخمسة الأولى المحيطة بنا تحتوي على نصف وزن الغلاف الجوي ، وبالتالي فان الكثافة تقل تدريجياً كلما ارتفعنا في الفضاء حيث يتخلخل الهواء ويتحلل إلى أيونات على ارتفع ٨٠كلم تقريباً عن سطح الأرض .

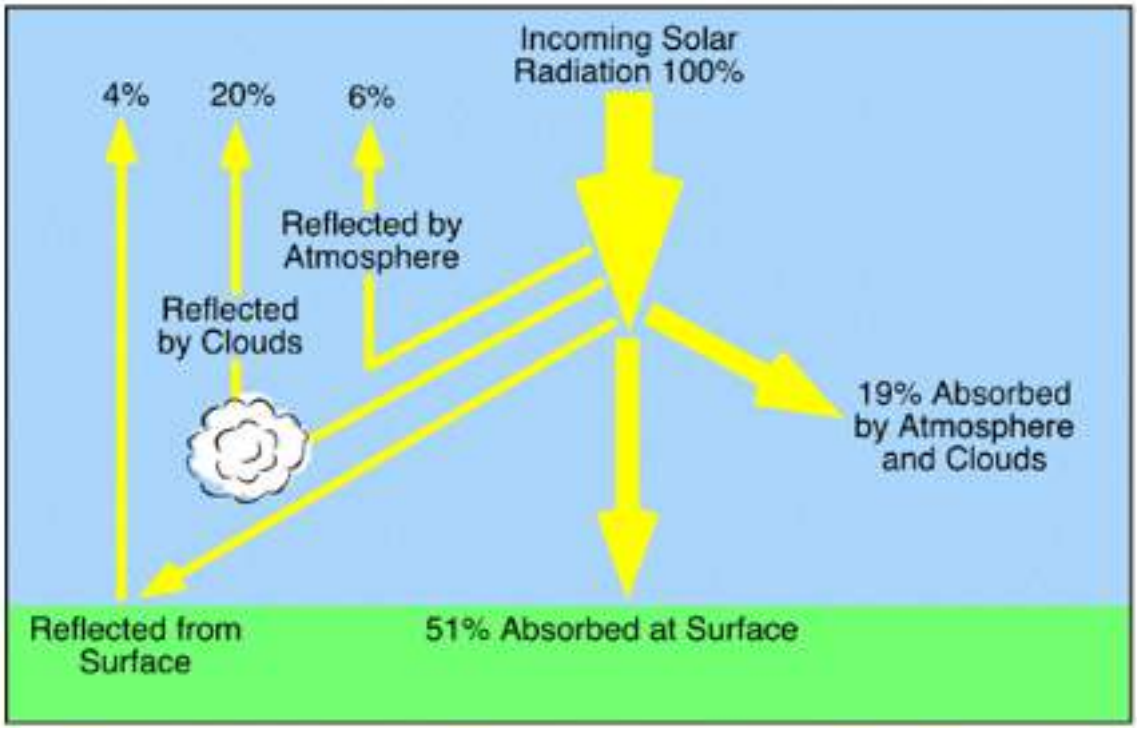
Average composition of the atmosphere up to an altitude of 25 km.

Gas Name	Chemical Formula	Percent Volume
Nitrogen	N_2	78.08%
Oxygen	O_2	20.95%
*Water	H_2O	0 to 4%
Argon	Ar	0.93%
*Carbon Dioxide	CO_2	0.0360%
Neon	Ne	0.0018%
Helium	He	0.0005%
*Methane	CH_4	0.00017%
Hydrogen	H_2	0.00005%
*Nitrous Oxide	N_2O	0.00003%
*Ozone	O_3	0.000004%

* variable gases

- يمتص الغلاف الجوي قسماً من الحرارة التي تحتويها أشعة الشمس ويحتفظ بقسم منها ويعكس القسم الآخر . تحتوي الأشعة الشمسية ، كما هو معروف ، على طاقة حرارية وأخرى ضوئية وثالثة كيميائية تسهم في عمليات كثيرة تتم على سطح الأرض أو لها التمثيل تنعكس نسبة ٤٠% من أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض وتصطدم بالغلاف الجوي ، وينتشر ١٧% منها في الجو ويصل ٤٣% إلى سطح الأرض ، الذي يعكس بدوره ١٠% منها وتمتص الباقي سطوح الأرض من يابسة ومسطحات مائية وهي بدورها نعكس جزاً منه عند غروب الشمس .

- تختلف كمية الحرارة في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض بين خط الاستواء والقطبين ، والسبب في ذلك يعود إلى درجة انحناء أشعة الشمس لدى وصولها إلى سطح الأرض ، ثم أن الأشعة تقطع مسافة أكبر في الغلاف الجوي نحو المناطق القطبية ، من تلك التي تقطعها في غلاف المناطق الاستوائية .



نشأة الغلاف الجوي:

عند كثير من الناس، الغلاف الجوي هو ذلك الهواء الذي نستنشقه، ولكن في الحقيقة هو مزيج من الغازات و الجزيئات الصلبة التي تحيط بالأرض، فتشكل طبقة غازية مثبتة حول الأرض بفعل الجاذبية وسمك الغلاف الجوي يعتبر دقيقا جدا مقارنة بالأرض، فلا يكاد يوازي قشرة التفاحة مقارنة مع كتلتها الكاملة، فيرى من الفضاء كأنه طبقة دقيقة من الضوء الأزرق الغامق في الأفق. ويبلغ أقصى ارتفاع له عن سطح الأرض من (٣٠ إلى ٥٠ كم)، وحيث أن (٩٩%) من الغلاف الجوي يقع تحت (٣٠كم)، وإذا كان نصف قطر الأرض يبلغ (٦٤٠٠ كم) فان ارتفاع الغلاف الجوي يعادل (٠,٥%) من قيمة نصف قطر الأرض.

وعلى مر العصور، اتجهت درجة حرارة الأرض إلى الانخفاض، فتكونت على السطح، مع مرور

الزمن، قشرة أرضية صلبة بفعل البرودة التدريجية، فنتجت عنها ثورات بركانية عنيفة وزلازل قوية، ألقت بالصخور البركانية المنصهرة على السطح، وساهمت في تكوين الرواسي و الجبال، مما أتاح للأرض الاستقرار التدريجي وهبوطا حادا في النشاط البركاني. هذه الثورات البركانية العنيفة قذفت في الهواء غازات كانت سجينة في أعماق الأرض، وتتكون، أساساً من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والأوزون و الميثان وغبار الجزيئات الصلبة، فنتج عن هذا: الغلاف الجوي البدائي للأرض. وفي هذه الحقبة التاريخية من حياة الأرض كانت هذه الأخيرة هدفا لوابل من النيازك والمذنبات والمجسمات الصغيرة الغنية بالماء، مما ساهم في إغناء الغلاف الجوي ببخار الماء. وساهم الغبار الناتج عن الثورات البركانية واحتراق النيازك والمذنبات المتساقطة على الأرض في حجب الشمس عن سطح الأرض، فانخفضت درجة الحرارة مما أتاح الفرصة لبخار الماء المتواجد في الغلاف الجوي أن يتحول إلى ماء سائل، ليسقط بعد ذلك على الأرض بفعل الجاذبية. وهو ما نتج عنه أمطارا طوفانية، كانت الأساس في تكوين المحيطات والبحار.

وهذه الأمطار الطوفانية الناتجة عن الأعاصير مكنت من إذابة ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، الموجودين في الغلاف الجوي، فتفاعل ثاني أكسيد الكربون، المذاب في الماء، داخل المحيطات مع الكلسيوم فأنتج الجير الذي ترسب في قاع المحيطات، وتحول ثاني أكسيد الكبريت بفعل نشاطه الكيميائي إلى مركبات الكبريت.

وسمحت الأمطار الطوفانية الناتجة عن الزوابع والأعاصير بتطهير الجو من الجزيئات الصلبة التي كانت تلعب دورا أساسيا في تحول بخار الماء إلى ماء سائل، والتي كانت تحجب أشعة الشمس عن سطح الأرض مما يزيد في برودة الجو.

وهكذا أصبح الغلاف الجوي شفافا مما مكن وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض وخصوصا البحار والمحيطات، مما أعطى الفرصة لظهور الحياة داخل البحار والمحيطات من خلال تكوين أولى الجزيئات العضوية داخل الماء، وبعد ذلك تكونت الطحالب الوحدانية الخلية. بظهور الحياة على الأرض أمكن إنتاج عنصر جديد في الغلاف الجوي، ألا وهو الأكسجين من خلال ميكانيزمات التخليق الضوئي، ومن خلال تفاعلات كيماوية معقدة بين الميثان والأوزون والماء والأكسجين والطاقة الشمسية نتج مولود جديد هو الأوزون الذي كون مع الوقت طبقة دقيقة في الأجواء العليا، وقد أعطت هذه الطبقة من الأوزون في الغلاف الجوي الأرض غطاء واقياً من الأشعة فوق البنفسجية التي تضر بالحياة، مما مكن من ظهور الحياة على اليابسة، بعدما كانت مقتصرة على البحار والمحيطات، وبالتالي إنتاج المزيد من الأكسجين.

وهكذا تكون غلاف جوي جديد عوض الغلاف الجوي البدائي منذ مليارين من السنين وبقي على حاله إلى الآن. والغلاف الجوي الجديد المتسم بالشفافية، كون غطاء حراريا للأرض مما نتج عنه استقرار درجة حرارة الأرض السطحية في حدود (١٥ درجة حرارية في المعدل). مما مهد للحياة البشرية على سطح الأرض.

نشر الغلاف الجوي لأشعة الشمس (ضوء النهار) أشعة الشمس التي تسقط على الغلاف الجوي، تتكون من موجات الكترومغناطيسية، تتأرجح من موجات الراديو السلمية إلى موجات جاما المميتة، والضوء المرئي جزء يسير من ضوء الشمس، إذ يتراوح مداه من (٤٠٠ إلى ٧٠٠ نانومتر)، ويحد بالأشعة ما فوق البنفسجية والأشعة ما تحت الحمراء.

وضوء الشمس الناصع البياض ما هو إلا مزيج من الألوان. حيث أن سقوط الضوء الأبيض على الموشور أو على قطرة من الماء، ينتج عنه طيف من الألوان، وهو ما نراه في السماء في يوم ممطر، على شكل قوس قزح. فعندما يسقط ضوء الشمس على الغلاف الجوي، فإن جزء منه ينعكس على الجزيئات الصلبة، فيرسل في جميع الاتجاهات، فتظهر السماء بلون مائل إلى البياض، وهذه الظاهرة تكون أكثر حدة في الصيف حيث يكثر الغبار (جزيئات صلبة) في السماء.

أما الجزء الأكبر من الضوء فيدخل إلى الغلاف الجوي ويمكن أن يخترقه حتى يصل إلى عين المشاهد. وكما سبق الذكر فإن الغلاف الجوي يتكون بالأساس من ذرات الأوزون والأكسجين، فبمجرد سقوط الضوء على الذرات، تمتصه هذه الأخيرة، ثم ترسله في جميع الاتجاهات. وهكذا يتم نشر الضوء في الغلاف الجوي (رايلي ١٨٧٠)

وهذا يعني أن هذه الظاهرة لا تتم بنفس الوتيرة والقوة لجميع الألوان، فالضوء الأزرق(موجات قصيرة) أكثر قوة ونفاداً، فتمتصه الذرات بكثرة وينتشر في السماء بكثافة فتظهر السماء بلون أزرق، وتكون هذه الظاهرة أكثر بروزا إذا كانت السماء صافية، خالية من الغبار.

إن تواجد الغلاف الجوي ونشره لضوء الشمس في جميع الاتجاهات هو الذي يمكننا من رؤية الأشياء من حولنا، بحيث أن كل ذرة أو جزيء من هذا الغلاف الجوي يكون مصدرا من مصادر الضوء، وهو ما نسميه بالنهار. ولو خرجنا من الغلاف الجوي، لأصبحنا في ظلام دامس، لا نرى شيئا، رغم تواجد الشمس في السماء.

الحقل المغناطيسي للأرض

وإذا كان الغلاف الجوي للأرض يضيء لنا الطريق بأشعة الشمس، ويحمينا من النيازك التي تحترق بدخولها إليه على شكل شهب، ويحمينا كذلك من الأشعة فوق البنفسجية الضارة بالحياة، فإن الأرض أعطاها الله بحقل مغناطيسي يحميها وساكنيها من الرياح الشمسية.

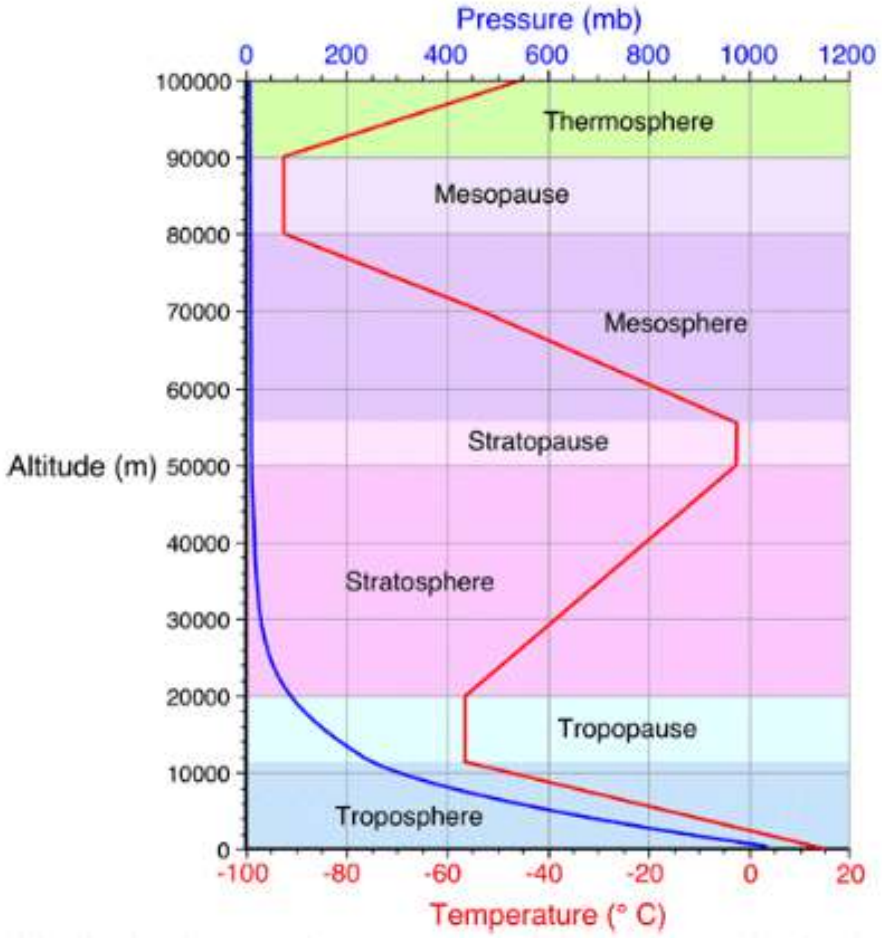
وتفاعل الحقل المغناطيسي مع الجزيئات الناتجة عن الرياح الشمسية كون منطقة تسمى المانيوتوسفير. وحركة واتجاه الجزيئات الناتجة عن الرياح الشمسية يحدده الحقل المغناطيسي، وهذه الطبقة تمتد في اتجاه الشمس إلى ٦٠٠٠ كلم، أما في الاتجاه المعاكس فتكون ذيلا يمتد إلى ملايين الكيلومترات. وهكذا فأغلب جزيئات الرياح الشمسية المتجهة إلى الأرض يتم تحويل مسارها بفضل تواجد الحقل المغناطيسي، أما القلة القليلة من هذه الجزيئات التي تمكنت من اختراق الحاجز المغناطيسي فإنها تسجن في حركة لولبية حول خطوط الحقل المغناطيسي، فتسافر بين القطب الشمالي والقطب الجنوبي فيعطينا منطقة غنية بالجزيئات الناتجة عن الرياح الشمسية وهذه المنطقة تسمى حزام أشعة " فان ألان " على علو يتراوح ما بين (٥٠٠٠كم) و (٢٥٠٠٠ كم).

ولكن بين الفينة والأخرى، خصوصا بعد ثورات شمسية قوية، تتمكن بعض الإلكترونات والبروتونات الفائقة السرعة من دخول الغلاف الجوي في منطقة القطبين، فتتفاعل مع الذرات والجزيئات المتواجدة في الجو فتعطينا ظاهرة مضيئة تسمى ضياء الفجر.

طبقات الغلاف الجوي طبقا للتوزيع الرأسي لدرجات الحرارة

تصل الطاقة الشمسية إلى سطح الغلاف الغازي للأرض بعد أن تقطع المسافة بين الشمس والأرض، التي تبلغ في المتوسط (١٥٠ مليون كيلومتر)، بسرعة تصل إلى (٣٠٠ ألف كيلومتر/الثانية) وتستغرق الأشعة قرابة (٨ دقائق)، لتصل إلى الأرض، وعند بداية اختراقها لغازات الغلاف الجوي للأرض، تمتص الطبقات العليا من الغلاف الجوي جميع الأشعة، التي تبلغ موجاتها (٠,٣ ميكرومتر وما دون)، وتمتص بعض الغازات الأخرى أطوالاً أخرى من الموجات، وتشتت بعضها.

إن ما يصل إلى سطح الأرض من الطاقة الشمسية، يسخنها، بدرجات متفاوتة، تبعاً لزاوية سقوط الأشعة الشمسية، وطبيعة السطح الذي تسقط عليه، بعد تسخين سطح الأرض، يسخن الهواء الملامس له، في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي، ويمكن تتبع التغير في درجات الحرارة، والضغط الجوي، ابتداءً من سطح الأرض إلى أعلى الغلاف الجوي.



يمكن إذاً، تقسيم الغلاف الجوي للأرض بالنظر إلى التغير في درجة حرارته، المصاحب لتغير الارتفاع، إلى خمس طبقات رئيسية، يتخللها فواصل فيما بينها، هي من الأسفل إلى الأعلى كما يلي:

١. تروبوسفير (Troposphere)

وهي الطبقة السفلية من الغلاف الجوى أي أقرب الطبقات من سطح الأرض وهى مجال السحب والعواصف وحركات الرياح والتباين الجغرافي والموسمي للمناخ، أي إنها الطبقة التي تحدث فيها تغيرات المناخ، وتبلغ سماكتها حوالي (٨كم) عند القطبين وتصل إلى (١٨كم) عند خط الاستواء، وفي هذه الطبقة الضغط والكثافة تتناقص سريعا مع الارتفاع، كما تتناقص درجه الحرارة بمعدل ثابت مقداره حوالي (٦,٥ درجه مئوية لكل١كم) أي أنها تصبح حوالي (٢٠ درجة مئوية تحت الصفر) على ارتفاع (٥,٥ كم) وينخفض الضغط الجوي إلى (٥٠٠ مللي بار) ويتوالي انخفاض درجة الحرارة لتصل إلى (٥٧ درجة مئوية تحت الصفر) عند ارتفاع (١١كم)، هذا النطاق من الغلاف الجوي، الممتد من سطح الأرض إلى حيث تتوقف درجة الحرارة عن الانخفاض، يطلق عليه التروبوسفير (Troposphere)، جاءت هذه التسمية من الكلمة اليونانية تروبين (Tropein)، وتعني التغير، وكلمة سفير (Sphere) غلاف أي أن التروبوسفير، تعني، الغلاف المتغير.

أ. تروبوبوز (Tropopause)

وتسمى الطبقة الهادئة، وهي تقع فوق طبقة (التروبوسفير) وتفصلها عن الطبقة التالية (الستراتوسفير) وفيها تتوقف درجه الحرارة عن الانخفاض مع الارتفاع، أي أن درجه الحرارة فيها ثابتة مع الارتفاع وتبلغ سماكة (التروبوبوز) حوالي (١٠ كم) عن سطح الأرض ويسود فيها تياران من الهواء يطلق عليهما (التياران النفاثان) لأنهما المفضلان في رحلات الطائرات وهما يدوران عكس اتجاه دوران الأرض أي (من الشرق إلى الغرب) الجزء المنخفض منهما يقع على ارتفاع (٨كم) من سطح البحر عند خط الاستواء وسرعته (١٦٠كم/ساعة) بينما يقع الجز العلوي على ارتفاع (١٢كم) ويدور بسرعة (٨٠٠كم/ساعة) ويلاحظ أن الأتربة الناتجة عن انفجار البراكين على سطح الأرض تعلق في هذه الطبقة ويحملها التياران النفاثان لسنوات طويلة قبل أن تتساقط كذرات رماد إلى سطح الأرض.

٢. استراتوسفير (Stratosphere)

يسميها العلماء (المنطقة المتوسطة) وهي طبقة جافة وأقل كثافة لشدة التفاعلات التي تحدث بها وتحتوي مع طبقة التروبوسفير على نسبة (٩٩%) من الهواء وهي تنقسم إلى قسمين:
• الطبقة السفلى (السلفيتوسفير): أي الطبقة الغازية الكبريتية التي تحتوي على جزيئات عالية من الكبريت بارتفاع حوالي (١٣كم).

• الطبقة العليا (الأوزونوسفير): تحتوي على غاز الأوزون الذي ينتج باتحاد ثلاث ذرات من الأكسجين بالتفاعل مع الأشعة التي تنبعث من الشمس والتي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية، وأشعة جاما والأشعة السينية وتعمل طبقة الأوزون كمرشح يمنع وصول الأشعة الضارة والفتاكة إلى سطح الأرض والتي تسبب الأمراض القاتلة.

أثناء العمليات الحيوية تتحول الأشعة فوق البنفسجية إلى الأشعة تحت الحمراء وتتولد نتيجة لتلك التفاعلات حرارة شديدة فتعمل طبقة الأوزون على منع تسربها إلى سطح الأرض، فتمتص (٩٩%) من الأشعة فوق البنفسجية ويتبدد الباقي في الطبقات العليا ولا تسمح إلا بمرور كمية مناسبة من الأشعة فوق البنفسجية لتوفير ظروف صحية للكائنات على سطح الأرض، وتختلف نسبة الأوزون من وقت لآخر على مدار السنة، ويعتبر الأوزون الدرع الواقي الذي يمنع وصول الإشعاعات فوق البنفسجية، ولو نقص الأوزون لتعرضت الحياة للخطر ولتأثرت حرارة طبقة التريوسفير وأحدثت تغيرات مناخية.

ب. استراتوبوز (Stratopause)

ويحتوي هذا الجزء على معظم غاز الأوزون الموجود في الغلاف الجوي، إذ يعمل الأوزون على تسخين الهواء هناك بسبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية.طبقة دقيقة تمتاز كسابقتها بانقلاب في اتجاه تغير درجة الحرارة، وتكون منطقة انتقال بين الطبقة الثانية والثالثة.

٣. ميزوسفير (Mesosphere)

وتسمى الطبقة الغازية وتمتد هذه الطبقة من ستراتوبوز حتى خط الميزوبوز والذي يقع علي ارتفاع (٨٠ _ ٨٥ كم) من سطح الأرض وتتميز هذه الطبقة بما يلي:

• درجه الحرارة في الميزوسفير تقل مع الارتفاع وعند أعلى الميزوسفير تكون البرودة أقصى ما يمكن حوالي (٩٠ درجه مئوية تحت الصفر) وهي أقل درجة حرارة للغلاف الجوي في كافة الطبقات.
• ظهور (الومضات المضيئة) وتتحكم في الشهب والنيازك التي ترد من الفضاء الخارجي حيث تحترق (تتلاشي) فيها معظم الشهب الهاوية إلي الأرض.

ج. ميزوبوز (Mesopause)

طبقة دقيقة كسابقاتها ينعكس فيها تغير درجة الحرارة، و تشكل فاصلا بين الطبقة الثالثة والرابعة.

٤. ثيرموسفير (Thermosphere)

وهى الطبقة الممتدة من الميوبوز حتى الثرموبوز أي بين ارتفاعي (٨٠ – ٨٠٠ كم) وهي طبقه ساخنة فوق الميزوسفير وتحدث فيها تبدل حاد في درجات الحرارة بين الليل والنهار، وتتميز هذه الطبقة بارتفاع

درجة الحرارة بدرجة كبيرة نظرا لوجود الأكسجين الذي له القدرة أيضا على امتصاص حزم أخرى من الأشعة فوق البنفسجية (من ٠,١٧ – ٠,٣٠ ميكرون) ويتحول جزء من هذه الأشعة عند امتصاصها إلى طاقة كيمائية تحلل الأكسجين الذرى إلى جسيماته الكهربية اللازمة لإتمام عمليات التأين التي تتم في هذه الطبقة وذلك تحت ضغوط منخفضة جدا، كما يتحول البعض الآخر إلى طاقة حرارية هي ألزم ما يكون لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحراري فيها، وهذه الطبقة تتميز بخفة غازاتها حيث يسود فيها غازي الهيدروجين والهليوم وتطلق الغازات بهذه الطبقة الكترونات بفعل الموجات القصيرة من أشعة الشمس مما يسبب تحول ذرات الغازات إلى أيونات والتي يمكن لذلك تسميتها بطبقة الجو المؤين والتي تتميز بشحناتها الكهربية مما يجعلها وسطا موصلا للكهربية.

د. ثيرموبوز (Thermopause)

طبقة دقيقة كسابقاتها ينعكس فيها تغير درجة الحرارة، و تشكل فاصلا بين الطبقة الثالثة والرابعة.

٥. إكزوسفير (Exosphere)

تمتد هذة الطبقة من الثرموبوز حتى تتلاشى في الفضاء الكوني، أي تمتد بين ارتفاعي ٨٠٠ إلى أكثر من ١٠٠٠ كم نحو الفضاء الكوني الذي بين الكواكب والشمس والنجوم بعضها البعض ... وهنا توجد الذرات والايونات ، وليس بينها أي تجاذب .

ولذا لا ينتشر الصوت العادي لان المسافات بين مكونات الهواء تكون مساوية تقريبا لأطوال الموجات الصوتية أو حتى اكبر منها وإذا تيسر للإنسان أن يجاوز هذه الطبقة إلى الفضاء الكوني فإنه يرى الكون مظلما حوله حيث لا يتشتت ضوء الشمس ولا يضئ سوى الجزء الذي تسقط عليه الأشعة فقط.
طبقات الغلاف الجوي طبقا لمواءمته للحياة الأرضية

نطاق المواءمة الكاملة للحياة الأرضية:

ويمثل الجزء الغازي من نطاق الحياة الذي يمتد من أعماق المحيطات(بمتوسط عمق٣٨٠٠ متر تحت مستوي سطح البحر) إلي ارتفاع في الغلاف الغازي للأرض لا يتعدي الثلاثة كيلو متر فوق مستوي سطح البحر. وهذا الجزء الهوائي من نطاق الحياة هو نطاق المواءمة البيئية الكاملة لحياة الإنسان، أي التي يستطيع الإنسان العيش فيها بدون مخاطر صحية، لملاءمة التركيب الكيميائي والصفات الطبيعية للغلاف الغازي للأرض في هذا النطاق لطبيعة جسم الإنسان ولوظائف كل أعضائه وأجهزته من مثل وفرة الأوكسجين، وتوسط كل من الضغط ودرجات الحرارة.

ومتوسط ارتفاع اليابسة لا يكاد يصل إلي هذا الحد من الارتفاع فوق مستوي سطح البحر الذي تكون التغيرات الطبيعية والكيميائية عنده محتملة، ولذلك لا تظهر علي البشر الذين يعيشون في مثل هذه الارتفاعات أو يصلون إليها أية أعراض من أعراض نقص الأوكسجين أو تناقص الضغط، علي الرغم من الانخفاض في درجة الحرارة، وبعض الاختلافات في سلوك سائل مثل الماء في تلك الارتفاعات العالية.

نطاق شبه المواءمة للحياة الأرضية :

ويمتد هذا النطاق من ارتفاع ثلاثة كيلو مترات فوق مستوي سطح البحر إلي ارتفاع ستة عشر كيلو مترا فوق ذلك المستوي ويقترب في منتصفه من أعلي قمم الأرض ارتفاعا(٨٨٤٨ مترا) ويتميز بنقص تدريجي في نسبة الأوكسجين، وتناقص الضغط بمعدلات ملحوظة، ويمكن للإنسان العيش في الأجزاء السفلي من هذا النطاق بصعوبة فائقة لصعوبة التنفس، والخلل الذي يعتري بعض وظائف أعضاء جسده نتيجة لانخفاض الضغط الجوي فتبدو عليه أعراض نقص الأوكسجين (هيبوكسيا) وأعراض انخفاض الضغط الجوي (ديسباريزم).

نطاق استحالة وجود الإنسان بغير عوامل وقائية كاملة:

ويمتد من ارتفاع ستة عشر كيلو مترا فوق مستوي سطح البحر إلي نهاية الغلاف الغازي للأرض، وهو نطاق يستحيل بقاء الإنسان فيه بغير عوامل كافية للوقاية من مخاطر هذا النطاق، وذلك بتكييف الجو المحيط به من حيث الضغط ودرجتي الحرارة والرطوبة، وإمداده بالقدر الكافي من الأوكسجين وتنقيته من ثاني أكسيد الكربون، وغير ذلك من النواتج الضارة، مع المراقبة المستمرة للأحوال الصحية ويتم ذلك بتزويده بحلل مشابهة لحلل رواد الفضاء المزودة بأجهزة كاملة لدعم حياة الإنسان في مثل هذه البيئات الخطرة من مثل النقص الحاد في كل من الضغط الجوي، ونسبة الأوكسجين، والتغيرات الشديدة في درجات الحرارة.

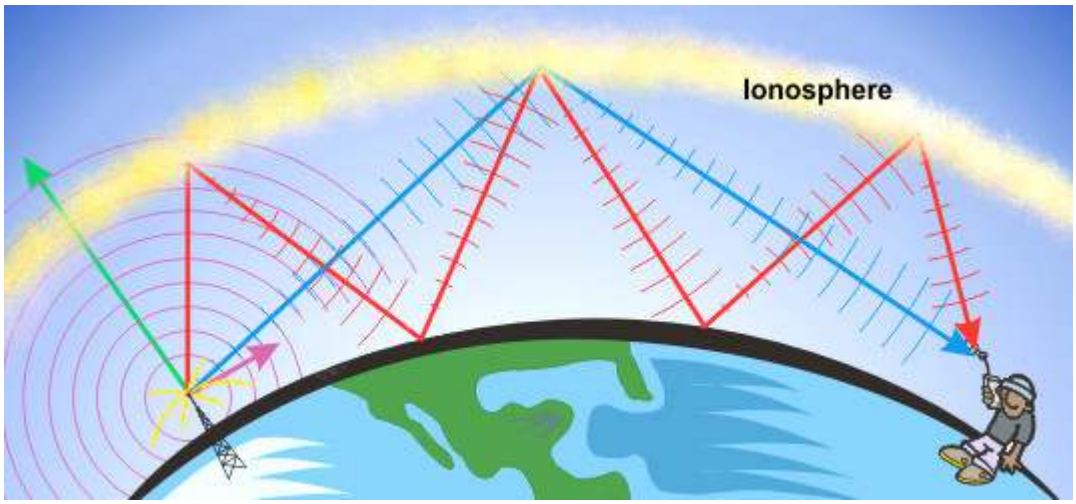
الطبقة المتأينة " أيونوسفير" (Ionosphere):

تظهر الطبقة المتأينة (إيونوسفير) في الغلاف الجوي عند ارتفاع ٥٠ كم ممتدة حتى نهايته، لكنها تكون أكثر وضوحاً وتأثيراً بين ارتفاع ٥٠- ٤٠٠ كم عن سطح البحر. وتتكون هذه الطبقة من جزيئات وذرات غازية (O_2 و O و N_2 وNO) فقدت إليكتروناً أو أكثر لتصبح أيونات (Ions) ذات شحنات كهربائية موجبة مشكلة الطبقة المتأينة. ومنذ أن اكتشفها عام ١٩٠٢ العالمين كنيلي (Kennelly) وهيفيسايد (Heaviside).

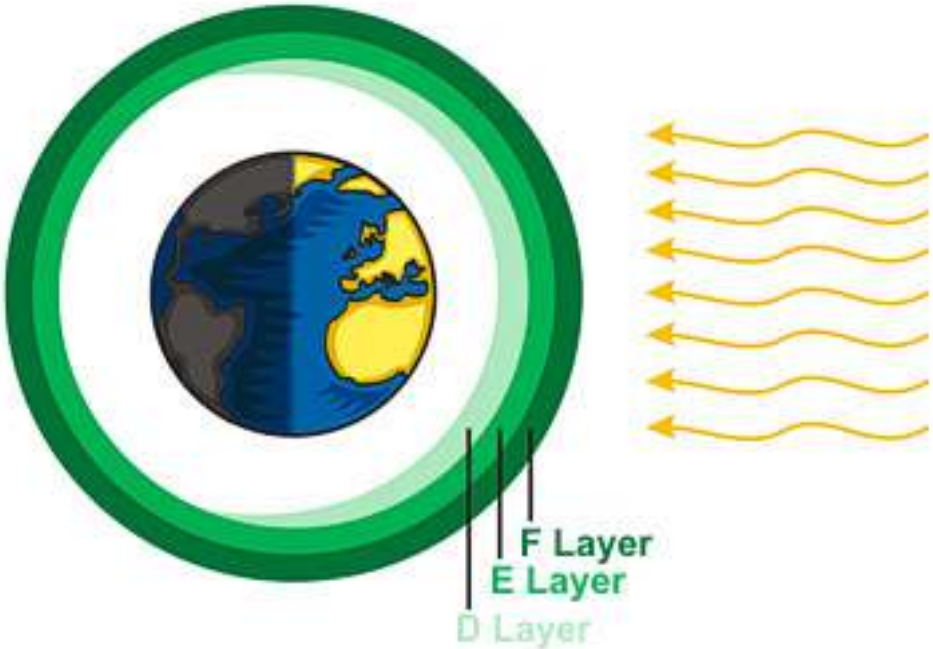
وحتى عهد قريب كان يظن أنها طبقة من طبقات الغلاف الجوي لكن تأكد مؤخرا، بعد استخدام الصواريخ والأقمار الصناعية، أنها ليست إلا أقاليم مكهربة موجودة خلال طبقات الغلاف الجوي العالية مترعة بجزيئات وذرات غازية متأينة والكترونات حرة (٤، ٥، ٦، ١٨، ١٩، ٢٠). ويعود فقدان الجزيئات الغازية وذراتها إلكتروناتها وظهور طبقة إيونوسفير إلى تصادمها مع الأشعة

الشمسية فوق البنفسجية والأشعة الكونية الشمسية مثل أشعة X، والأشعة المنطلقة من انفجار النجوم ومع ذرات مشحونة بطاقة عالية منطلقة من الغلاف المغناطيسي للأرض.

تعمل الإلكترونات والأيونات على عكس موجات الراديو ذات التردد العالي (HF)، المعروفة بأمواج الراديو القصيرة، والمتوسطة (AM) المنطلقة من سطح الأرض إلى الفضاء باتجاه سطح الأرض مرة أخرى، فتزيد من مساحة انتشارها. وتعتمد قوة انعكاس موجات الراديو على كثافة الإلكترونات المتشكلة وعلى طول الأمواج (الشكل ١) . وتقسم طبقة إيونوسفير إلى عدة طبقات تعرف بالأقاليم تتمثل بأقاليم "F, E, D" كما هو مبين في الجدول ٢-٤ والشكل ٢، ولكل منها سماتها الخاصة.



انعكاس موجات الراديو عن الطبقة المتأينة (أيونوسفير).



أقاليم طبقة المتأينة (أيونوسفير).

الجدول يبين أقاليم الطبقة المتأينة (إيونوسفير).

الطبقة	الارتفاع (كم)	وقت الظهور	الأهمية
F	١٤٠ – ٤٠٠	دائمة، وتصبح أكثر قوة خلال النهار	إقليم الانعكاس الرئيسي
E	٩٠ - ١٤٠	دائمة، وتصبح أقل قوة خلال الليل	إقليم انعكاس التردد المنخفض
D	٥٠ - ٩٠ كم	خلال النهار فقط	إقليم الامتصاص الرئيسي

١- اقليم- د (D – Region):

يظهر إقليم- د خلال طبقة ميزوسفير بين ارتفاع ٥٠- ٩٠ كم فوق سطح البحر. ويتشكل من أيونات وإلكترونات وجزيئات وذرات غازية عادية حيادية غير مشحونة، تعرف بالجزيئات الحيادية. نتجت عن تصادم الأشعة الشمسية التي تناهز أطوالها ١٢١,٥ مكم التي تأين جزيئات أكسيد النتريك (NO)، وعندما تكون الشمس نشيطة تتمكن أشعة X من تأيين جزيئات $N2 ,O2$

يقوم إقليم- D بعكس أموج الراديوAM المتوسطة، وفي الوقت نفسه تقوم الإلكترونات الحرة الموجودة فيه بامتصاص الطاقة من هذه الأمواج فتضعفها وتحصرها في مجال لا يزيد عن ١٦٠كم. وما أن تغيب الشمس تعود وتتحد الأيونات الغازية الموجبة مع الالكترونات السالبة الحرة ويغيب إقليم – D (الشكل ٣) ويصبح في مقدرة أمواج AM من التوغل ليلا عبر إقليم - E و الوصول إلى إقليم -F العالية فتنعكس إلى سطح الأرض قوية مغطية مجالا واسعا يتعدى عدة مئات من الكيلومترات لأنها لا تتعرض إلا إلى امتصاص ضئيل خلال هذا الإقليم.

وفي بعض الأحيان عندما تكون الشمس نشيطة تنطلق اندلاعات شمسية يصاحبها سيلا عظيما من ذرات الرياح الشمسية المشحونة بطاقة عالية (بلازما شمسية) ومن الأشعة السينية (x) مسببة اضطرابات في الغلاف المغناطيسي للأرض ومحدثة ما يعرف بالعواصف المغناطيسية (Magnetic Storm) التي من شأنها أن تقوي عمليات تأين الجزيئات الغازية وتسرعها مما يزيد في قوة إقليم – D ويؤدي ذلك إلى انقطاع كامل في البث الإذاعي.

يعود سبب عدم تشكل الطبقة المتأينة دون ارتفاع ٥٠ كم في الغلاف الجوي إلى عدم كفاية الأشعة الشمسية فوق البنفسجية الواصلة إلى ما دون ذلك لتأين جزيئات وذرات الغازات، لذلك يعد هذا الارتفاع قاعدة الطبقة المتأينة (أيونوسفير).

٢- إقليم- ي (E - Region):

يظهر إقليم- ي بين ٩٠- ١٤٠ كم عن سطح البحر في أسفل طبقة ثرموسفير. يعد الإقليم د الإقليم الثاني من أقاليم الطبقة المتأينة ويعمل كإقليم انتقالي بين إقليم- د وإقليم - F الذي فوقه، إذ أن كثافة الإلكترونات والأيونات فيه متوسطة نسبياً. وتنتج عن تأين جزيئات O_2 عندما

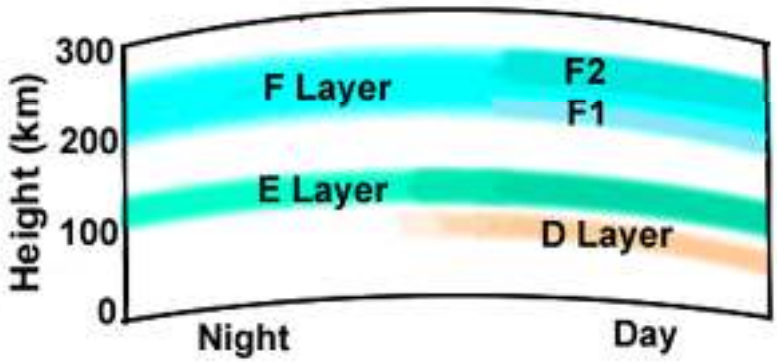
تتصادم مع أمواج الأشعة فوق البنفسجية البعيدة (FUV) التي تتراوح أطوالها بين ١٠٠-٢٠٠ نانومتر والأشعة السينية اللينة (X) التي تتراوح أطوالها بين ١- ١٠ نانومتر.

ويعمل إقليم- ي كما يعمل الإقليم- د على عكس موجات الراديو AM وامتصاصها، لكنه في الوقت نفسه يعمل على عكس موجات الراديوHF المنخفضة نسبياً التي تقل أطوالها عن ١٠ ميجاهرتز (10 MHz) . وفي الليل يغيب معظم الإقليم- ي (الشكل ٣) ويضعف عندما تتحد من جديد معظم الإلكترونات مع الأيونات، وبالتالي يصبح بمقدرة أمواج الراديو AM الوصول إلى إقليم- F، والانعكاس عنه مغطية مجالاً واسعاً.

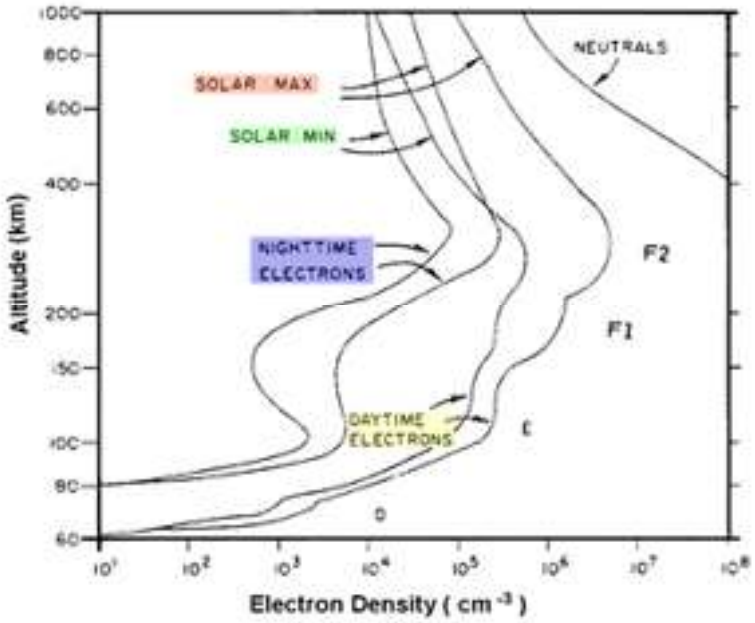
٣- إقليم- ف (F - Region):

يظهر إقليم- ف بين ١٤٠- ٤٠٠ كم عن سطح البحر في الأجزاء السفلى من طبقة ثرموسفير نتيجة لتأين ذرات O عندما تتصادم مع الأشعة فوق البنفسجية المتطرفة (EUV) التي تتراوح أطوال أمواجها بين ١٠- ١٠٠ نانومتر. ويعد إقليم- ف أهم أقاليم طبقة أيونوسفير وأكثرها كثافة بالإلكترونات، وبالتالي فهو الإقليم الرئيس الذي يعكس موجات الراديو HF. يدوم ظهور إقليم- F طوال اليوم، نهاراً وليلاً، لكنه يزداد قوة خلال النهار وينقسم إلى إقليمين فرعيين يعرفان، بإقليم - ف١ (F1 - Region) بين ١٤٠-٢٠٠كم، وإقليم – ف٢ (F 2 - Region) بين ارتفاع ٢٠٠- ٤٠٠كم عن سطح البحر (الشكل ٣). ويعد الإقليم- F2 أقواها وأهمها. وهذا ما يفسر بقاء أمواج الراديو القصيرة قوية ليلا ونهارا، لأنها قصيرة إلى حد يمكنها من اختراق كل من إقليم - D وإقليم- E والوصول إلى إقليم - F، ولكنها تعد طويلة إلى حد لا يمكنها من أن تخترق إقليم - F، بل تنعكس عنه بقوة إلى سطح الأرض مغطية مجالاً يتعدى آلاف الكيلومترات. والأمر نفسه يحدث لأمواج الراديو AM خلال الليل عندما يغيب إقليم -D ويضعف إقليم- E، فيصبح في مقدرة أمواج AM من التوغل ليلاً إلى إقليم - F فتنعكس إلى سطح الأرض قوية مغطية مجالاً واسعاً يتعدى عدة مئات من الكيلومترات لأنها لا تتعرض إلا إلى امتصاص ضئيل في هذا الإقليم.

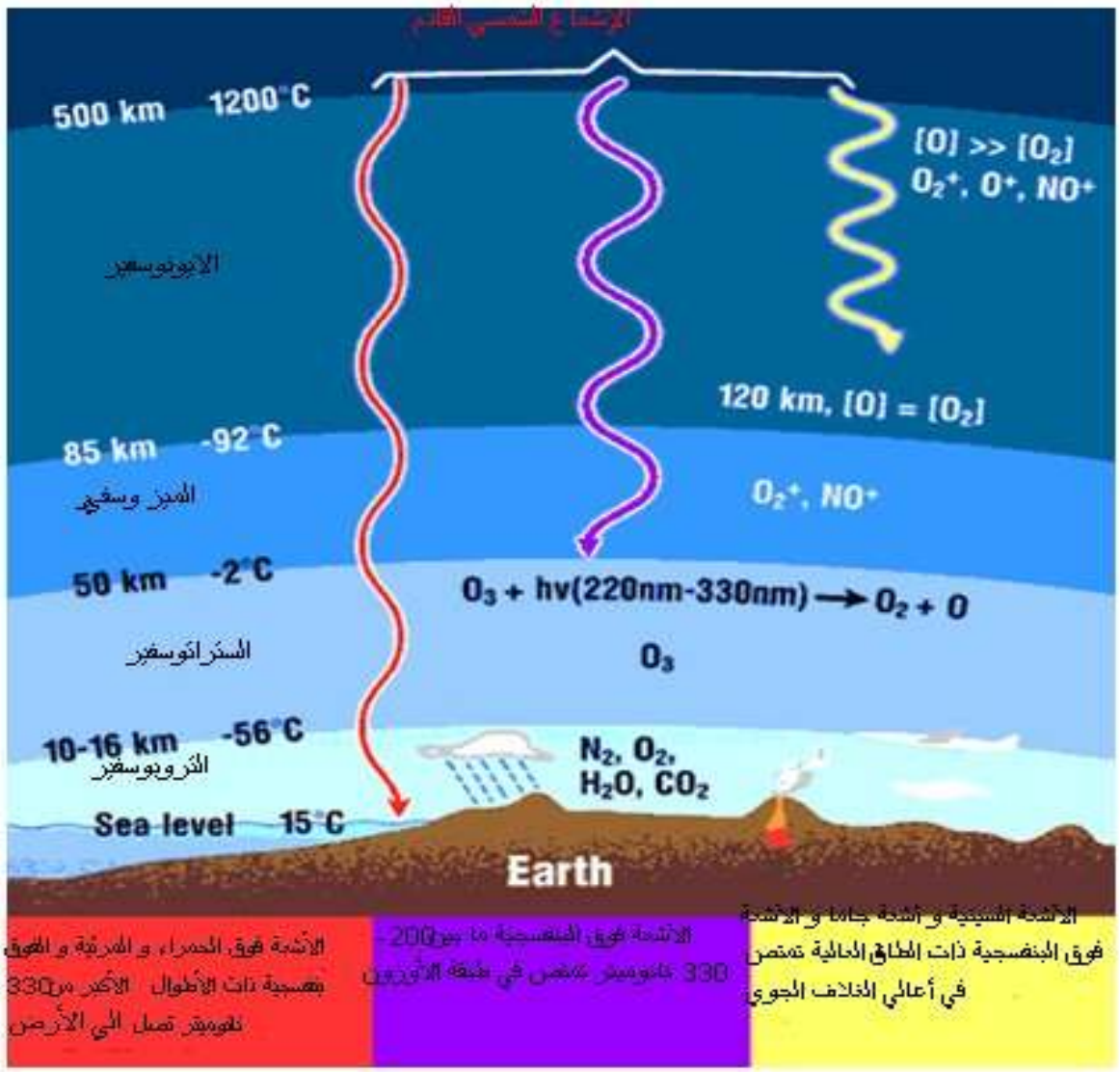
ويعود استمرار إقليم- F ليلاً ونهاراً لأن كثافة الهواء القليلة فوق ارتفاع ١٨٠كم تجعل عملية إتحاد الجزيئات والذرات الغازية المتأينة مع الالكترونات الحرة مرة أخرى بطيئة وصعبة إلى حد كبير، لذلك تكون كثافة الإلكترونات فيها أكثر مما هي عليه في إقليمي D وE (الشكل ٤).



الشكل ٣: وضع أقاليم طبقة أيونوسفير ليلاً ونهاراً، في النهار تظهر كل الأقاليم: F ,E D,، ويصبح إقليما E وF أكثر قوية، وعادة ما ينقسم إقليم F إلى إقليمين فرعيين F1 و F2. وفي الليل يغيب الإقليم D بينما يظل إقليما E وF.



الشكل٤: كثافة الإلكترونات مع الارتفاع عن سطح الأرض خلال النهار والليل في الأقاليم المتأينة (D, E, F1, F2,).


500 km 1200°C
الايونوسفير
[O] >> [O2]
O2+, O+, NO+
120 km, [O] = [O2]
85 km -92°C
المزوسفير
O2+, NO+
50 km -2°C
الستراتوسفير
O3 + hv(220nm-330nm) → O2 + O
O3
10-16 km -56°C
التروبوسفير
N2, O2,
H2O, CO2
Sea level 15°C
Earth
الأشعة فوق الحمراء و المرئية و الفوق بنفسجية ذات الأطوال الأكبر من330 نانومتر تصل الى الأرض
الأشعة فوق البنفسجية ما بين200 - 330 نانومتر تمتص في طبقة الأوزون
الأشعة السينية و أشعة جاما و الأشعة فوق البنفسجية ذات الطاقة العالية تمتص في أعالي الغلاف الجوي