مقدمة في التغييرات المناخية

المحاضرة الاولى

Climate change

Paleoclimatology

Dr. Ali Al-Ozeer

الطقس & المناخ

الطقس

هو كل مايحدث في الخارج

الان

(لقطة يومية)

- قصير الأمد
- حالة الجو في أي وقت من الأوقات
- منطقة محدودة
- يمكن أن تتغير بسرعة
- من الصعب التنبؤ به

المناخ

هو متوسط سنوات طويلة من

مراقبة الطقس

(فليم طويل)

- طويل الأمد
- حالة النظام المناخي
- منطقة واسعة
- تغيرات موسمية
- يقاس على مدى فترات طويلة من الزمن

ما هو تغير المناخ؟

يقصد بتغير المناخ التحولات طويلة الأجل في درجات الحرارة وأنماط الطقس. قد تكون هذه التحولات طبيعية ناتجة من **عوامل طبيعة** او نتيجة **العوامل البشرية** ناتجة من فعل الانسان وتدخلاته في موازين الطبيعة.

هل التغييرات المناخية حديثة الحدوث؟

التغيرات المناخية ليست جديدة على الأرض؛ فقد شهد الكوكب على مر التاريخ العديد من الفترات المناخية المتغيرة بسبب عوامل طبيعية. ومع ذلك، فإن التغيرات المناخية الحالية التي نشهدها تُعد مختلفة لأنها تحدث بسرعة كبيرة وترتبط بشكل كبير بالنشاط البشري.

علم المناخ القديم Paleoclimatology

- يقصد بعلم المناخ القديم علم دراسة التغيرات المناخية على مستوى تأريخ الأرض والأزمنة والعصور.
- ويعتمد العلم على مجموعة من التقنيات والأساليب المتنوعة المساندة في علوم الأرض والحياة للحصول على بيانات تكشف ما مرت به الأرض من تغير في عناصر المناخ وهذا مايعرف **(الحاضر مفتاح الماضي)**، ومن ثَم يتم تحديد الحالات المناخية التي شهدتها المناطق المختلفة على سطح الأرض والنظام الجوي.
- وتأتي أهمية ذلك أنه غالبًا ما تنعكس دراسات علم المناخ القديم للتغيرات خلال العصور المختلفة في البيئة والتنوع البيولوجي على الوضع الحالي، وبخاصة تأثير المناخ على تدهور النظم الإيكولوجية أو الانتعاش البيولوجي.

علم المناخ القديم Paleoclimatology

- يعتمد للتعرف على المناخ القديم على **شواهد ودلائل بديلة** تنوب عن العناصر المناخية المقاسة؛ حيث يستدل بوساطتها عن حالات المناخ التي كانت سائدة في الماضي البعيد قبل مئات وآلاف السنين، ذلك من خلال ما كان يحدث عن أنشطة بشرية وبيئية مختلفة، ومن الدارج أيضا تسميتها **بالعناصر الاستدلالية (Evidence Elements)**.

- تتمثل العناصر البديلة بالأوابد الأثرية (الشواهد الأبدية) بما تحتويه من بقايا قصور ومباني ومعابد وما بها من نقوش ورسوم وكتابات قديمة وأواني فخارية، وأيضا الرسوم على جدران الكهوف القديمة التي ترجع ما قبل التاريخ في العصور القديمة، كذلك في الحفريات الجيولوجية والحيوانية المتحجرة خلال طبقات الصخور، أو بقاياها المحفوظة خلال الطبقات الجليدية القطبية، وطمي البحيرات والأنهار الكبرى ورسوباتها القديمة، وتغير مستويات البحار والأنهار والبحيرات، وتعاقب نمو حلقات الأشجار المعمرة، والأشجار المتحجرة.

العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

- نموذج لمواقع الأوابد الأثرية الموجودة الآن في الصحاري في مناخ مغاير تماما عن المناخ وقت تشييدها وازدهارها، وتعد الجرار الفخارية المستخرجة من الأوابد التاريخية التي كانت تستخدم في خزن الحبوب لمزروعات معينة دليلا على ملائمة المناخ في الماضي لزراعة مثل هذه المحاصيل الزراعية.

المصدر: https://hiveminer.com/Tags/palmyra%2Ctemple/Timeline

العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

- نموذج للرسوم على جدران كهوف قديمة والموجودة الآن في قلب الصحراء الكبرى تبين نوعية الحيوانات التي كانت تعيش فيها قبل 18000 سنة في مناخ مغاير تماما عن المناخ الحالي.

المصدر: https://www.sutori.com/item/untitled-5ea3-6268 https://www.pinterest.co.uk/pin/545357836100033673

العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

- الحفريات نموذج لمستحاثات نباتية جيولوجية Fossils المكونة من بقايا الكائنات العضوية النباتية التي كانت تنمو في عصور قديمة تدل على نوع المناخ الذي كان سائدا في ذلك الوقت، ودليلا على ملائمة المناخ في الماضي لزراعة مثل هذه النباتات.

المصدر: http://www.kgg.org.uk/alethopterish.html, http://greaterancestors.com/giant-fossil-algae-140x-larger/

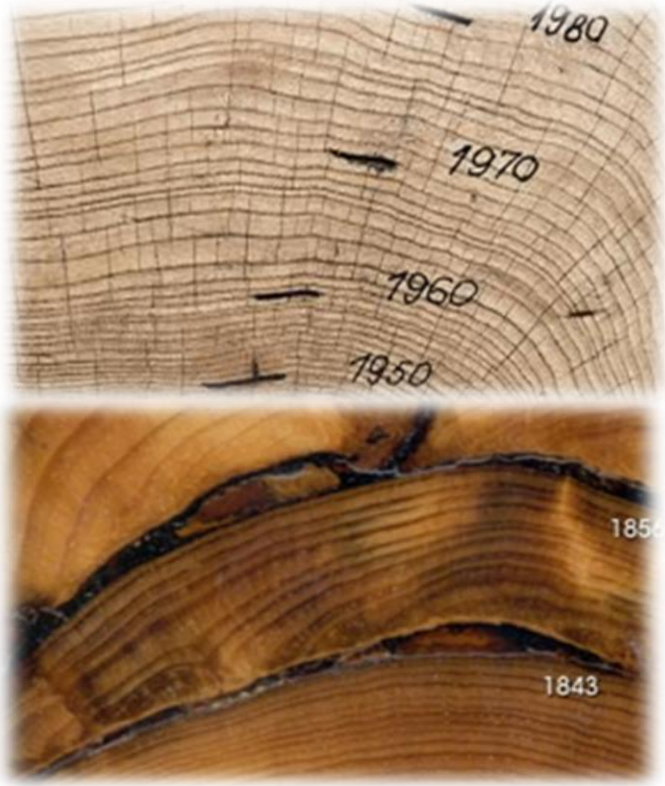
العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

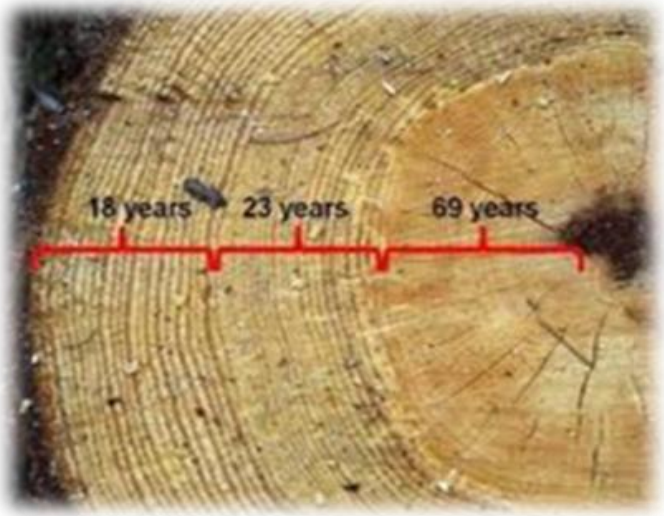
- الحفريات نموذج لمستحاثات حيوانية بحرية المكونة من بقايا حيوانية بيئتها الأصلية بحرية، وتنتشر في كثير من أراضي اليابس، وتدل على طغيان بحري كان سائدا في ذلك الوقت، ودليلا على ارتفاع منسوب سطح البحر.

المصدر: https://jurassiccoast.org/fossilfinder/ https://www.merriam-webster.com/words-at-play/fossil-

العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

- حلقات نمو الأشجار السنوية نموذج لحلقات الأشجار المعمرة Dendrochronology دليلا على تقلبات المناخ خلال فترة نموها، إذ تدل الحلقات السميكة على فترات ممطرة وحرارة مناسبة لنمو الأشجار، بينما تدل الحلقات الضيقة على فترات جافة ودرجة حرارة مرتفعة. وتدل الحلقات السوداء على آثار لحرائق الغابات.





المصدر:

,https://www.pinterest.co.uk/pin/217369119486811068,https://www.tes.com/lessons/BDYULIJCbXY2IA/tree-rings-of-your-life-a-visual-metaphorical-self-,https://pixers.de/fototapeten/baumstamm-querschnitt-der-jahresringe-36282867, https://www.pinterest.co.uk/pin/1067494536371077768/?lp=true

العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

- يعتبر الغطاء الجليدي القطبي كشاهد للتغير في المناخ القديم؛ حيث تحتوى جبال الثلج /الغطاء الجليدي القطبي الكثير من البيانات عن المناخ القديم. فقد توصلت ابحاث تجويف الثلج في الجبال الجليدية في القارة القطبية الجنوبية إلى بيانات تعود إلى مئات الآلاف من السنين (ما يزيد عن 800000 عام). ومن الدلائل ما يلي:
- فالهواء الذي يحبس داخل الثلج المتساقط يصبح مغطى بفقاقيع صغيرة، بينما يتم ضغط الثلج إلى جليد في النهر الجليدي تحت وزن الثلج المتراكم على مدى السنوات المتتالية. وبذلك يتم استخدام الهواء المحبوس في القياس المباشر لتكَّونه والتي يعبر عن فترة زمن تكَّون الجليد.
- يمكن من ملاحظة الطبقات المحددة بالفواصل الموسمية لتراكم الجليد، إعداد تسلسل زمني لتكونها؛ حيث يتم الربط بين عمق لب الجليد والفترة الزمنية.
- ويمكن استخدام التغيرات في سماكة طبقات الجليد في تحديد التغيرات التي طرأت على الترسيب أو درجة الحرارة.

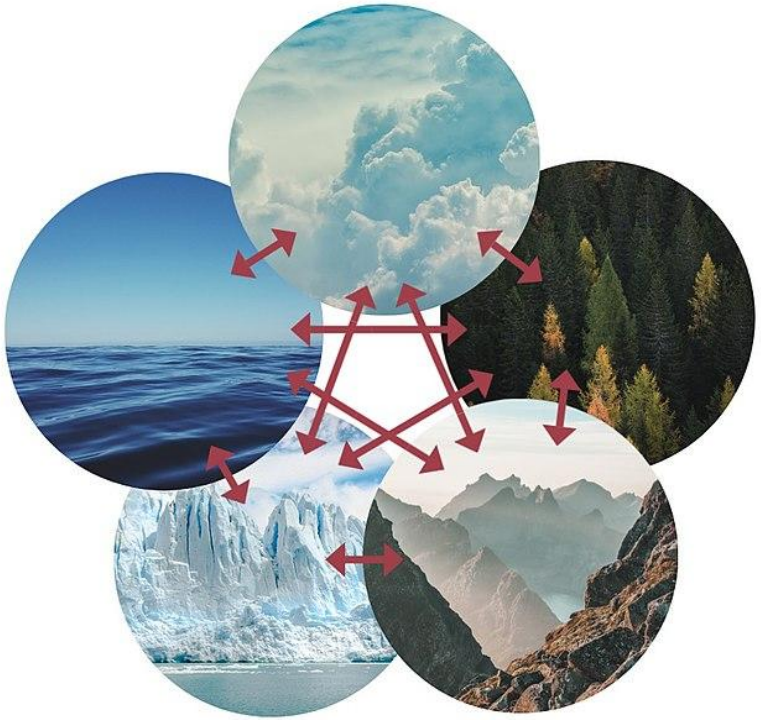
العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)

يمكن الاستعانة بحبوب لقاح في لب الجليد في التعرف على النباتات التي كانت موجودة في الوقت الذي تشكلت فيه طبقة الجليد؛ حيث يمكن التعرف على عدد حبوب اللقاح في طبقة معينة من خلال ملاحظة إجمالي عدد حبوب اللقاح المصنفة حسب النوع والشكل. كما يمكن تحديد التغيرات في معدل تكرار نمو النبات مع مرور الوقت عبر التحليل الإحصائي لأعداد حبوب اللقاح في اللب، ويؤدي معرفة النباتات إلى فهم الترسيب ودرجة الحرارة وأنواع الحياة الحيوانية التي كانت موجودة في فترة زمنية معينة.

ويمكن استخدام الرماد البركاني في بعض الطبقات في الاستدلال على وقت تشكيل الطبقة؛ حيث يقوم كل نشاط بركاني بتوزيع رماد يتصف بمجموعة من الخصائص الفريدة- الشكل ولون الجسيمات والبصمة الكيميائية- ويسهم الاستدلال على مصدر الرماد في تحديد الفترة الزمنية المرتبطة بطبقة الجليد.

ماهو سبب التغييرات المناخية

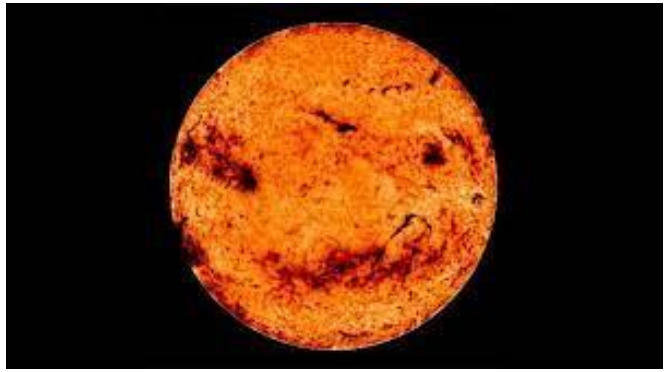
1
عوامل طبيعية
تغيرات قديمة



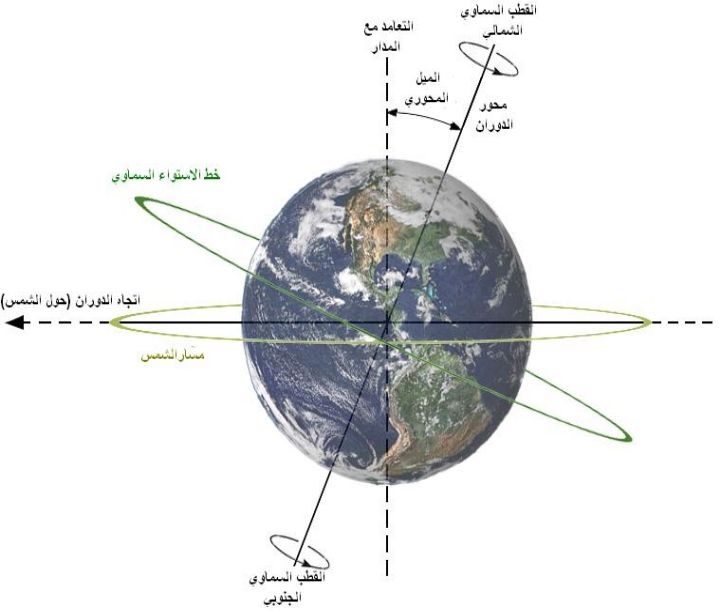
2
تدخلات بشرية
تغيرات حديثة

1. العوامل الطبيعية

تتغير العوامل الطبيعية ببطء شديد ، لذلك ينتج عنها تغير بطيء في المناخ يمتد عبر مئات الى ملايين السنين . ومن هذه العوامل:



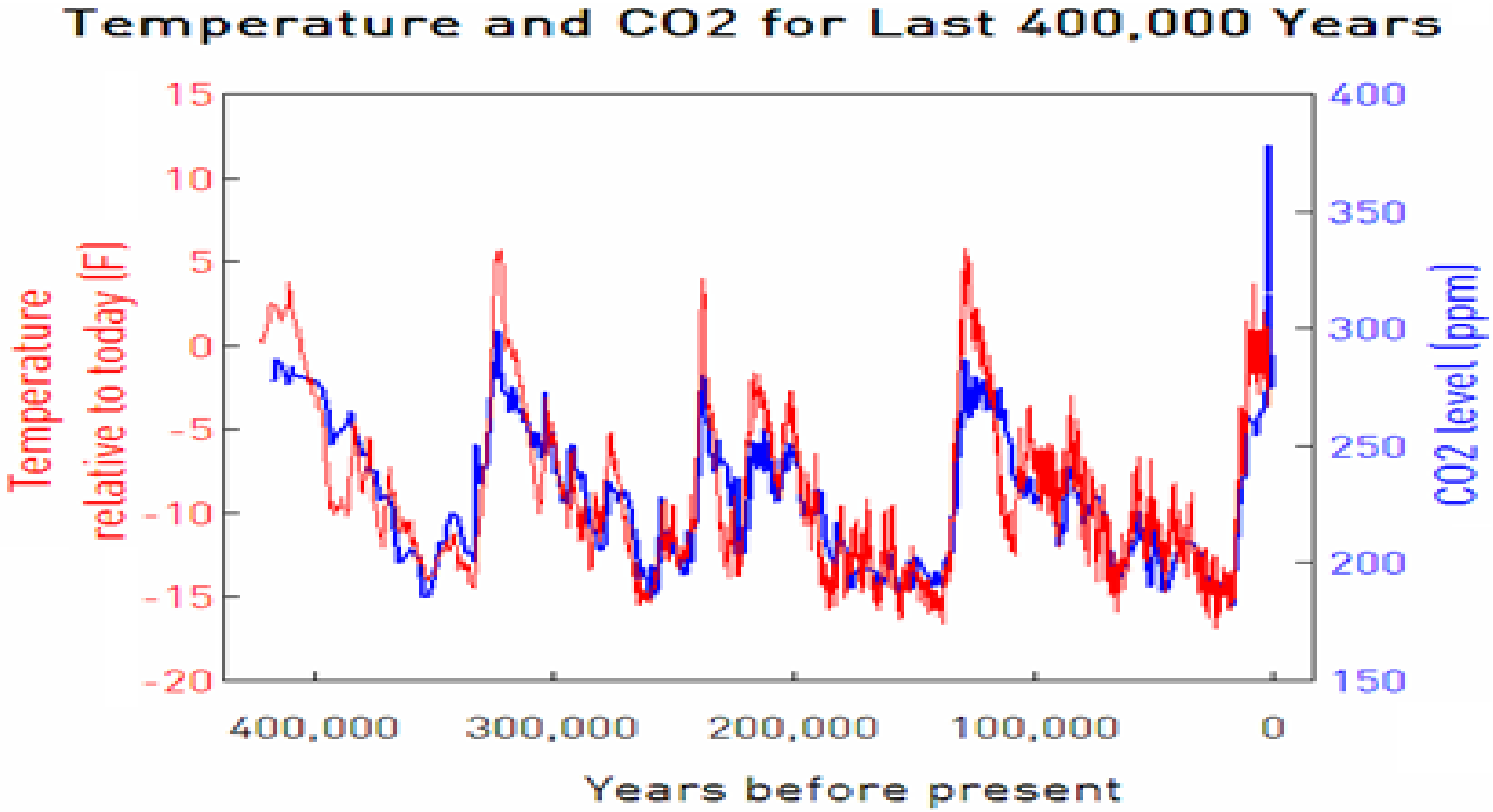
- **تباين كمية الأشعة الشمسية** من سنة الى أخرى بحوالي 7% نتيجة لتغير المسافة بين الأرض والشمس . وينتج هذا التباين أيضا من البقع الشمسية التي تظهر على الشمس وتمر بدورة 11سنة او 22سنة . والبقع الشمسية هي مناطق داكنة تظهر على سطح الشمس ودرجة حرارتها اقل من درجة حرارة الأجزاء الأخرى من الشمس بحوالي 2000-3000 درجة . وان تزايد أو تناقص البقع الشمسية قد يؤدي الى تغير درجة الحرارة بحوالي 1 م .



- **تغييرات فلكية في حركة الأرض** والتي تتكون من **ثلاثة عناصر** . الأول تغير شكل مدار الأرض حول الشمس والذي يمر بدوره مدتها حوالي 96000سنة. والثاني تغير ميلان محور الأرض بين 22-24.5 (حاليا23.5) والذي يمر بدورة مدتها حوالي 41000سنة . والثالث هو تقدم وقت الاعتدال الناتج عن تذبذب محور الأرض والذي يمر بدورة مدتها حوالي 21000سنة وان هذه العناصر تؤثر على توزيع الأشعة الشمسية على الأرض ومن على مناخها خلال عشرات آلاف السنين.

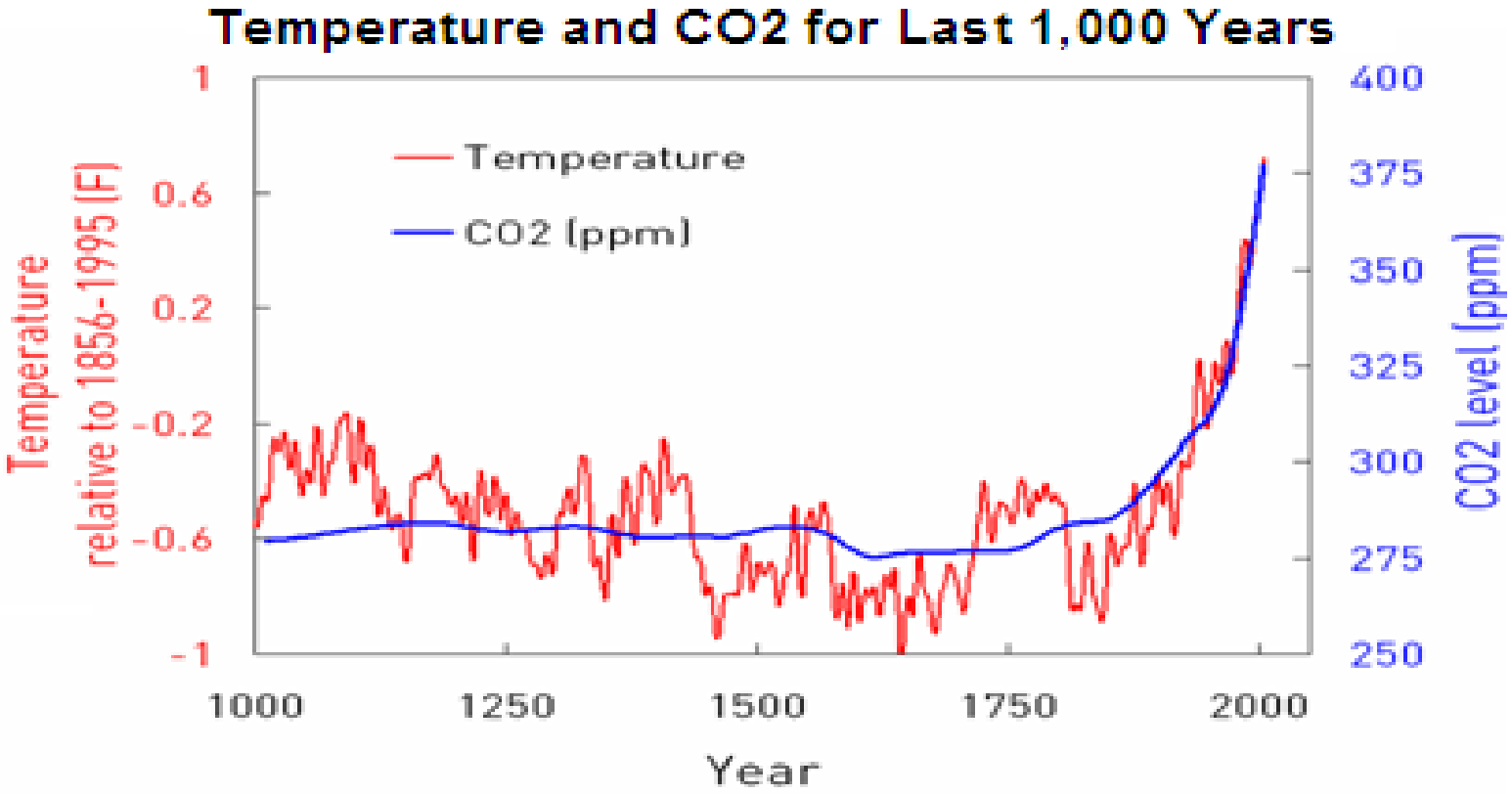
CO_2 concentrations and temperature from 400,000 years ago to the present (NOAA)

يُظهر الرسم البياني أدناه ، الذي يعتمد على بيانات الجليد الأساسية ، تركيزات ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة من 400000 عام إلى الوقت الحاضر.فإنه يدل على أن درجة الحرارة تباينت بشكل كبير مع مرور الوقت ، وهذا الاختلاف يرتبط بقوة بتركيزات ثاني أكسيد الكربون.



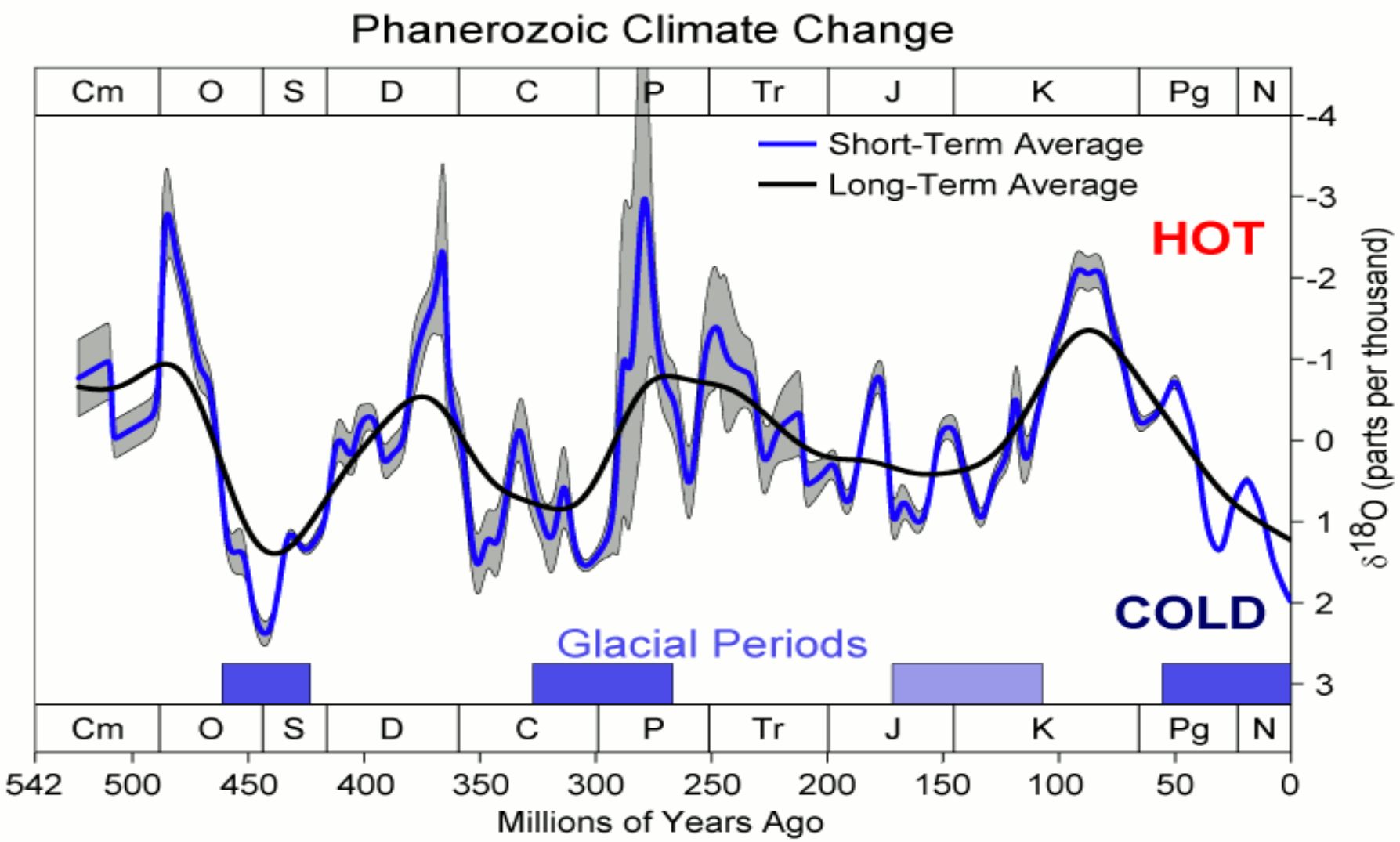
CO_2 and temperature in the recent past (NOAA)

دعنا نركز على التاريخ الأكثر حداثة حتى نتمكن من إلقاء نظرة أفضل. الرسم البياني أسفل التكبير في آخر 1000 سنة فقط

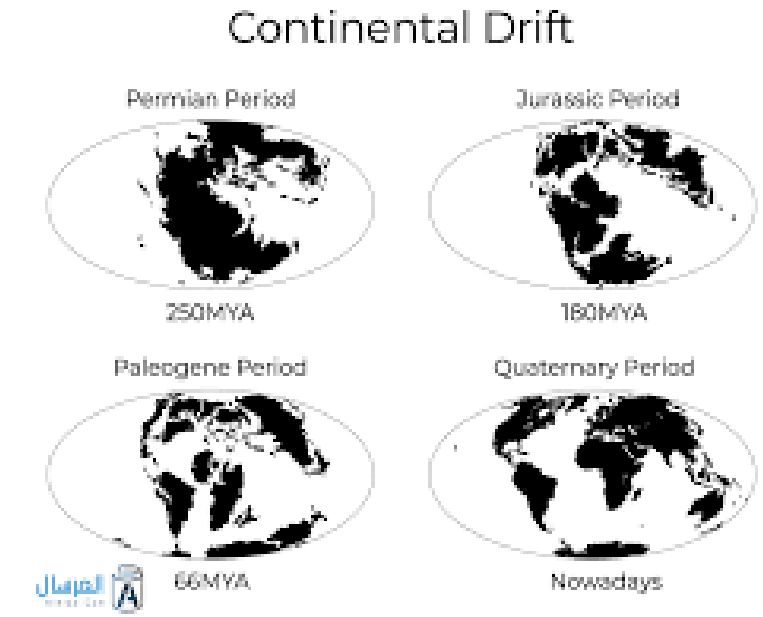


ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/contributions_by_author/jones2004/jonesmann-nhrecon-rescale.txt

العناصر الاستدلالية (Evidence Elements)



المصدر: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phanerozoic_Climate_Change.png#/media/ ملف:Phanerozoic_Climate_Change.png



- **العمليات التكتونية** مثل زحزحة القارات التي كان لها تأثير كبير على مناخ الارض خلال العصور الجيولوجية نتيجة لتأثيرها في تغير مساحة وشكل وموقع القارات والمحيطات ،أثرت أيضا على مواقع الجبال . نتيجة لذلك تعرضت الدورة الجوية العامة للتغير تحت تأثير بناء الجبال وتغير نمط دورة المحيطات والتيارات البحرية . وأدى ذلك الى تعاقب الفترات الرطبة والجافة على الأرض .

- ان **ثوران البراكين** الكبيرة يؤدي الى خروج كميات هائلة من المواد الى أعلى التروبوسفير والستراتوسفير ، مثل ثاني اكسيد الكبريت والغبار. وتبقى هذه المواد تدور في الجو لعدة سنوات وتحجب جزء من الأشعة الشمسية مما يؤدي الى انخفاض درجة حرارة الأرض . ولقد أدت البراكين الكبيرة التي حدثت في أواخر القرن العشرين الى تناقص حرارة الأرض 0.5-1م في السنة التالية لحدوث البركان مثل بركان تشيشون في عام 1982 وجبل بيناتوبو في 1991

2.التدخلات البشرية

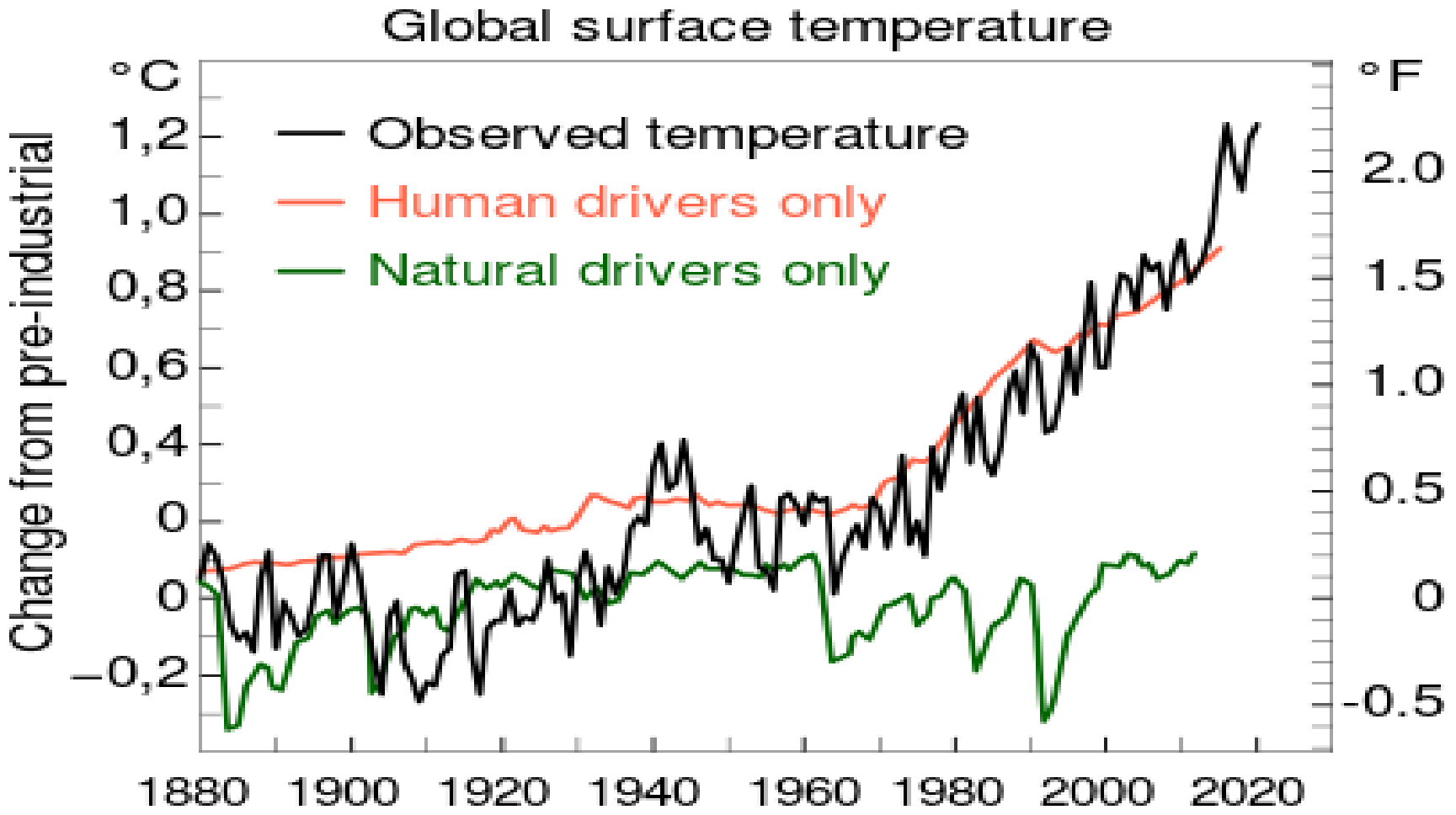
1. الانبعاثات الغازية الناتجة عن الأنشطة الصناعية

منذ بداية الثورة الصناعية، شهدت البشرية زيادة كبيرة في استخدام الوقود الأحفوري (مثل الفحم، النفط، والغاز الطبيعي) لتوليد الطاقة وتشغيل المصانع. وهذا أدى إلى ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة الأخرى في الجو. هذه الغازات تعمل على احتجاز الحرارة في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى الاحتباس الحراري وارتفاع درجات الحرارة على مستوى العالم.

الوقود الأحفوري: يشكل حرق الفحم والنفط والغاز الطبيعي المصدر الرئيسي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

الأنشطة الصناعية: العديد من الصناعات مثل الحديد، الأسمنت، والبتروكيماويات تنتج غازات دفيئة، مثل ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى الميثان وأوكسيد النيتروز.

ارتفاع درجات الحرارة نتيجة التدخلات البشرية بعد الثورة الصناعية (NASA)



https://web.archive.org/web/20200922095945/https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4//

التدخلات البشرية

2. إزالة الغابات

إزالة الغابات هي من الأسباب الرئيسية الأخرى للتغيرات المناخية. حيث تُعتبر الغابات من أكبر المخازن الطبيعية لثاني أكسيد الكربون. عندما يتم قطع الأشجار أو تدمير الغابات، يتم إطلاق الكربون المخزون في الغلاف الجوي، مما يزيد من تركيز الغازات الدفيئة ويزيد من تأثيرات الاحترار العالمي.

زراعة الأراضي الزراعية: خاصة في المناطق الاستوائية، يتم قطع الغابات لإفساح المجال للزراعة (مثل زراعة النخيل والكاكاو).

الحرائق الطبيعية والبشرية: يمكن أن تؤدي حرائق الغابات (سواء كانت طبيعية أو ناتجة عن أنشطة بشرية) إلى إطلاق كميات ضخمة من الكربون في الجو.

التدخلات البشرية

3. الزراعة وتربية الماشية

الزراعة وتربية الماشية تساهم بشكل كبير في انبعاث الغازات الدفيئة.

الميثان: يعتبر الميثان من الغازات الدفيئة القوية، ويطلق في الهواء أثناء عمليات الهضم في الحيوانات المجترة مثل الأبقار.

الزراعة المكثفة: يستخدم المزارعون كميات ضخمة من الأسمدة الكيميائية التي تحتوي على أوكسيد النيتروز، وهو غاز دفيء آخر.

تربية الماشية: بالإضافة إلى تدمير الأراضي الزراعية للزراعة، تساهم بشكل كبير في انبعاث الغازات الدفيئة. حيث يشكل إنتاج اللحوم والألبان نسبة كبيرة من انبعاثات الميثان.

التدخلات البشرية

4. النقل

يعد قطاع النقل من أكبر المساهمين في انبعاثات الغازات الدفيئة بسبب الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري.

المركبات: السيارات والشاحنات والطائرات والسفن كلها تساهم في تلوث الجو عن طريق انبعاث ثاني أكسيد الكربون وأوكسيد النيتروز أثناء حرق الوقود.

زيادة الطلب على النقل: مع تزايد أعداد السكان وزيادة حركة التنقل العالمية، زادت بشكل كبير انبعاثات الغازات من وسائل النقل، وهو ما يفاقم من ظاهرة الاحتباس الحراري.

5. التوسع الحضري

التوسع في المدن والمناطق الحضرية يؤدي إلى تدمير المساحات الطبيعية مثل الغابات والمناطق الرطبة. هذا يؤدي إلى:

زيادة استهلاك الطاقة: حيث يتم استخدام كميات كبيرة من الكهرباء والوقود لتشغيل المدن الحديثة، مما يزيد من انبعاثات الغازات الدفيئة.

تغيير استخدام الأراضي: حيث يتم تحويل الأراضي الزراعية والمناطق الطبيعية إلى مناطق سكنية وتجارية، مما يقلل من قدرة الأرض على امتصاص الكربون.

التدخلات البشرية

6. التلوث الصناعي

العديد من الصناعات تُنتج غازات سامة تؤدي إلى تفاقم تغير المناخ:

التلوث بالكبريت: بعض المصانع، مثل تلك التي تنتج الأسمنت والمعادن، تطلق ثاني أكسيد الكبريت في الهواء. هذه الغازات تؤدي إلى تكوين المطر الحمضي وتلويث المياه.

الغازات السامة: بعض المصانع تفرز الغازات السامة مثل كلوروفلوروكربونات (CFCs)، التي تسبب تآكل طبقة الأوزون وتزيد من تأثيرات الاحتباس الحراري.

التدخلات البشرية

7. التغيرات في استخدام الأراضي

التوسع في استخدام الأراضي من أجل الزراعة والصناعة يتسبب في:تحويل الأراضي الطبيعية: تحويل الغابات والمراعي الطبيعية إلى مناطق صناعية أو زراعية يؤدي إلى تدمير بيئات طبيعية كانت تخزن الكربون.

استهلاك الموارد: بما في ذلك المياه والمعادن والأراضي التي كانت تُستخدم في الأصل لدعم التنوع البيولوجي وامتصاص الكربون.

8. إنتاج الغذاء الصناعي

إنتاج الغذاء على نطاق صناعي يعتمد على استخدام الأسمدة الكيميائية والمبيدات التي تساهم في انبعاث أوكسيد النيتروز، أحد الغازات الدفيئة القوية. كما أن الزراعة المكثفة تؤدي إلى استهلاك كبير للطاقة وإنتاج كميات كبيرة من النفايات العضوية التي قد تتحلل وتطلق الميثان.

الغازات الدفيئة و الاحتباس الحراري
Greenhouse gases and Global warming

المحاضرة الثانية

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

التغيرات المناخية التي تحدث في العصر الحديث يمكن إرجاعها بدرجة كبيرة إلى الأنشطة البشرية التي بدأت منذ الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر. هذه الأنشطة تسببت في زيادة مستويات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، **الغازات الدفيئة** هي الغازات التي توجد في الغلاف الجوي للأرض والتي تساعد على حبس الحرارة ورفع درجات الحرارة على سطح الكوكب. تعمل هذه الغازات كأنها غطاء حراري يساهم في بقاء الحرارة داخل الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى **ظاهرة الاحتباس الحراري**. على الرغم من أن هذه الغازات ضرورية للحفاظ على حرارة الأرض في مستويات مناسبة للحياة، فإن الزيادة المفرطة في تركيزها نتيجة الأنشطة البشرية تؤدي إلى تغيرات مناخية وارتفاع درجات الحرارة بشكل غير طبيعي. أهم الغازات الدفيئة هي:

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

1. غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2

غاز ثاني أكسيد الكربون هو مركب كيميائي يتكون من ذرتين من الأكسجين وذرة واحدة من الكربون. وهو غاز عديم اللون والرائحة في الظروف العادية، ويوجد بشكل طبيعي في الغلاف الجوي بنسبة صغيرة. ثاني أكسيد الكربون ضروري للحياة، حيث يُستخدم في عملية البناء الضوئي للنباتات.

- **من أين يأتي غاز ثاني أكسيد الكربون؟**

1. المصادر الطبيعية:

1. **التنفس البشري والحيواني**: الكائنات الحية تطلق CO_2 أثناء التنفس.
2. **النشاط البركاني**: البراكين تطلق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون عند ثورانها.
3. **تحلل المواد العضوية**: عندما تتحلل النباتات والحيوانات، يُطلق CO_2.
4. **المحيطات**: تطلق وتخزن كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون حسب الظروف المناخية.

2. المصادر البشرية:

1. **حرق الوقود الأحفوري**: مثل النفط، الفحم، والغاز الطبيعي في الصناعة والنقل وإنتاج الكهرباء.
2. **إزالة الغابات**: الأشجار تمتص CO_2 أثناء عملية البناء الضوئي، وإزالتها يقلل من هذا الامتصاص.
3. **الإنتاج الصناعي**: مثل صناعة الإسمنت، الذي ينتج CO_2 أثناء عمليات كيميائية.
4. **الزراعة**: الأنشطة الزراعية تطلق ثاني أكسيد الكربون من التربة وتحلل المواد العضوية.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

استخدامات غاز ثاني أكسيد الكربون:

1.الصناعات الغذائية:

1. يستخدم في المشروبات الغازية لإضافة الفقاعات.
2. كعامل تبريد في الأغذية المجمدة.

2.الصناعات الكيميائية:

1. يدخل في إنتاج المواد الكيميائية مثل اليوريا.
2. يُستخدم في استخراج النفط المعزز لزيادة إنتاجية حقول النفط.

3.في الزراعة:

1. يُستخدم في البيوت الزراعية لتحسين نمو النباتات.

4.الإطفاء:

1. يُستخدم في طفايات الحريق كغاز خامل.

5.الطب:

1. يُستخدم في عمليات تنظير البطن وفي بعض العلاجات الطبية.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

نسبة مساهمة ثاني أكسيد الكربون في الاحتباس الحراري:

- **المساهمة الإجمالية:** ثاني أكسيد الكربون هو الغاز الرئيسي المسؤول عن الاحتباس الحراري، حيث يساهم بنسبة **~76%** من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاط البشري.
- **مدة بقائه في الغلاف الجوي:** يمكن أن يبقى في الغلاف الجوي لعقود أو حتى قرون، مما يجعل تأثيره طويل الأمد على المناخ.
- **كيف يساهم؟**
  - CO_2 يمتص الحرارة المنبعثة من سطح الأرض ويعيد إشعاعها مرة أخرى إلى الأرض، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الكوكب.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

2. غاز الميثان CH_4

الميثان هو غاز طبيعي مكون من ذرة كربون وأربع ذرات هيدروجين. يعد الميثان أحد أبسط وأخف المركبات العضوية. وهو غاز عديم اللون والرائحة في حالته النقية، ولكنه يصبح ذو رائحة مميزة عند إضافة مركبات الكبريت إليه لتسهيل اكتشاف تسرباته. الميثان هو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي المستخدم كوقود.

من أين يأتي غاز الميثان؟

1. المصادر الطبيعية:

التحلل اللاهوائي للمواد العضوية: يحدث في المستنقعات، والمناطق الرطبة، والتربة المشبعة بالماء. الكائنات الدقيقة تحلل المواد العضوية في غياب الأكسجين، ما يؤدي إلى إطلاق الميثان. انبعاثات البراكين تحت سطح البحر: تنبعث كميات من الميثان من البراكين البحرية. المحيطات والجليد القاري: يتم تخزين الميثان على شكل "هيدرات الميثان" في التربة الصقيعية وقاع المحيطات.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

2. المصادر البشرية:

الزراعة:

الماشية (الأبقار والأغنام) تطلق الميثان أثناء عملية الهضم من خلال التجشؤ (تخمر معوي).

زراعة الأرز في الحقول المغمورة بالماء تُنتج كميات كبيرة من الميثان بسبب التحلل اللاهوائي.

إدارة النفايات:

النفايات العضوية في المكبات تتحلل بغياب الأكسجين، مما ينتج الميثان.

استخراج الوقود الأحفوري:

استخراج الغاز الطبيعي والنفط والفحم يؤدي إلى انبعاث الميثان أثناء عمليات التنقيب والنقل.

محطات معالجة المياه العادمة:

التحلل اللاهوائي للمواد العضوية في المياه العادمة ينتج الميثان.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

استخدامات غاز الميثان:

الوقود:

يستخدم كوقود في المنازل للطهي والتدفئة.

يُستخدم في توليد الكهرباء في محطات الطاقة.

الصناعات الكيميائية:

يُستخدم كمواد خام لإنتاج مواد كيميائية مثل الميثانول والهيدروجين.

كمصدر طاقة متجدد:

يتم استخراجه من مكبات النفايات ومحطات معالجة المياه لاستخدامه كوقود حيوي.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

نسبة مساهمة الميثان في الاحتباس الحراري:

المساهمة الإجمالية: الميثان هو ثاني أهم غاز دفيئة بعد ثاني أكسيد الكربون، ويشكل حوالي **16% من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة** الناتجة عن النشاط البشري.

تأثيره الحراري:

الميثان أكثر فعالية في احتجاز الحرارة من ثاني أكسيد الكربون بمقدار **25-30 مرة** خلال فترة 100 عام.

ولكن، عمره في الغلاف الجوي أقصر؛ حوالي **12 عامًا** فقط مقارنة بثاني أكسيد الكربون.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

3. أكسيد النيتروز N_2O

أكسيد النيتروز، المعروف باسم "غاز الضحك"، هو غاز عديم اللون وله رائحة حلوة خفيفة. يُعتبر أحد غازات الدفيئة القوية وله تأثير على طبقة الأوزون.

مصادر أكسيد النيتروز:

1. المصادر الطبيعية:

التربة الزراعية والغابات:

يتم إطلاقه أثناء تحلل المواد العضوية وعمليات نزع النتروجين بواسطة البكتيريا في التربة.

المحيطات:

المحيطات تطلق أكسيد النيتروز نتيجة الأنشطة البيولوجية.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

2. المصادر البشرية:

الزراعة:

استخدام الأسمدة النيتروجينية في التربة يؤدي إلى انبعاث N_2O نتيجة التفاعلات الكيميائية والبيولوجية.

الصناعة:

ينبعث من الصناعات الكيميائية، خاصة إنتاج الأحماض (مثل حمض النيتريك).

معالجة المياه العادمة:

ينتج من عمليات معالجة المياه العادمة نتيجة تحلل المواد العضوية.

حرق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية:

يؤدي حرق الوقود في المصانع والسيارات إلى إطلاق كميات صغيرة من أكسيد النيتروز.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

استخدامات أكسيد النيتروز:

الطب:

يستخدم كغاز للتخدير والتسكين في العمليات الجراحية وعيادات الأسنان.

الصناعة الغذائية:

يُستخدم كمادة دافعة في علب الكريمة المخفوقة.

السيارات:

يُستخدم في سيارات السباق لتحسين أداء المحركات.

الصناعة الكيميائية:

كمواد خام لإنتاج المركبات الكيميائية.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

دوره في الاحتباس الحراري:

القوة الحرارية:

أكسيد النيتروز أقوى بـ **265-298 مرة** من ثاني أكسيد الكربون في احتجاز الحرارة على مدى 100 عام.

مدة بقائه:

يبقى في الغلاف الجوي حوالي **114 عامًا**، مما يجعله مؤثراً على المدى الطويل.

نسبة مساهمته:

يساهم أكسيد النيتروز بحوالي **6%** من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة العالمية.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

4. غازات الفلور؟

غازات الفلور هي مجموعة من الغازات الصناعية التي تحتوي على عنصر الفلور (F) ضمن تركيبها الكيميائي. تُعرف هذه الغازات أيضًا باسم الغازات الفلورية أو المركبات الفلورية، وهي غازات اصطناعية بالكامل، أي أنها لا توجد طبيعيًا، وتُنتج غالبًا في العمليات الصناعية.

تشمل غازات الفلور الأنواع التالية:

الهيدروفلوروكربونات HFCs

بيروفلوروكربونات PFCs

أكسيد سداسي الفلوريد الكبريت SF_6

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

1. الهيدروفلوروكربونات HFCs

تُستخدم كبدائل لمركبات الكلوروفلوروكربونات (CFCs) والهيدروكلوروفلوروكربونات (HCFCs) التي تم التخلص منها تدريجيًا بسبب تأثيرها السلبي على طبقة الأوزون.

تُستخدم في:

أجهزة التبريد (مثل الثلاجات ومكيفات الهواء).

منتجات العزل الحراري.

أنظمة إطفاء الحرائق.

2. بيروفلوروكربونات PFCs

تُستخدم في:

صناعة أشباه الموصلات، إنتاج الألومنيوم.، تطبيقات صناعية أخرى.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

3. سداسي فلوريد الكبريت SF_6

يُستخدم كغاز عازل في المعدات الكهربائية ذات الجهد العالي. يعتبر أحد أقوى غازات الدفيئة تأثيرًا، لكنه يُستخدم بكميات محدودة.

دور غازات الفلور في الاحتباس الحراري:

القوة الحرارية: غازات الفلور هي من بين أقوى غازات الدفيئة تأثيرًا. يمكن أن تكون تأثيراتها أكبر بآلاف المرات من ثاني أكسيد الكربون فيما يتعلق باحتجاز الحرارة.

مدة بقائها في الغلاف الجوي: تتميز غازات الفلور بأعمار طويلة جدًا قد تصل إلى آلاف السنين، ما يجعل تأثيرها طويل الأمد على المناخ.

نسبة مساهمتها: على الرغم من أن تركيزها في الغلاف الجوي أقل من ثاني أكسيد الكربون والميثان، إلا أن قدرتها العالية على احتجاز الحرارة تجعلها تساهم بشكل ملحوظ في الاحتباس الحراري.

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

5. بخار الماء

بخار الماء هو الشكل الغازي للماء الناتج عن عملية التبخر أو الغليان. وهو غير مرئي للعين المجردة ويُعد جزءًا أساسيًا من دورة الماء في الطبيعة. بخار الماء هو أكثر غازات الدفيئة وفرةً في الغلاف الجوي، ويؤدي دورًا مهمًا في تنظيم درجة حرارة الأرض.

كيف يتكون بخار الماء؟

التبخر:

عند تعرض الماء السائل (مثل البحيرات والأنهار والمحيطات) للحرارة، تتفكك جزيئاته إلى حالتها الغازية (بخار ماء).

الغليان:

عندما يصل الماء إلى درجة الغليان (100 درجة مئوية عند مستوى سطح البحر)، يتحول بسرعة إلى بخار.

النتح:

النباتات تطلق بخار الماء إلى الجو عبر المسامات الموجودة في أوراقها.

التنفس والكائنات الحية:

تطلق الكائنات الحية بخار الماء أثناء التنفس.

ذوبان الجليد:

الجليد يتحول مباشرة إلى بخار ماء عند ظروف معينة، وهي عملية تُعرف بـ"التسامي".

الغازات الدفيئة Greenhouse gases

دور بخار الماء في المناخ واحتباس الحرارة:

أهم غاز دفيئة طبيعي:

بخار الماء هو المساهم الأكبر في الاحتباس الحراري الطبيعي. يمتص الحرارة ويحتفظ بها، ما يساعد في إبقاء الأرض دافئة.

تأثير مضاعف:

عندما يزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون أو الميثان، ترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي، ما يؤدي إلى زيادة التبخر وزيادة بخار الماء. هذا يعزز الاحتباس الحراري أكثر.

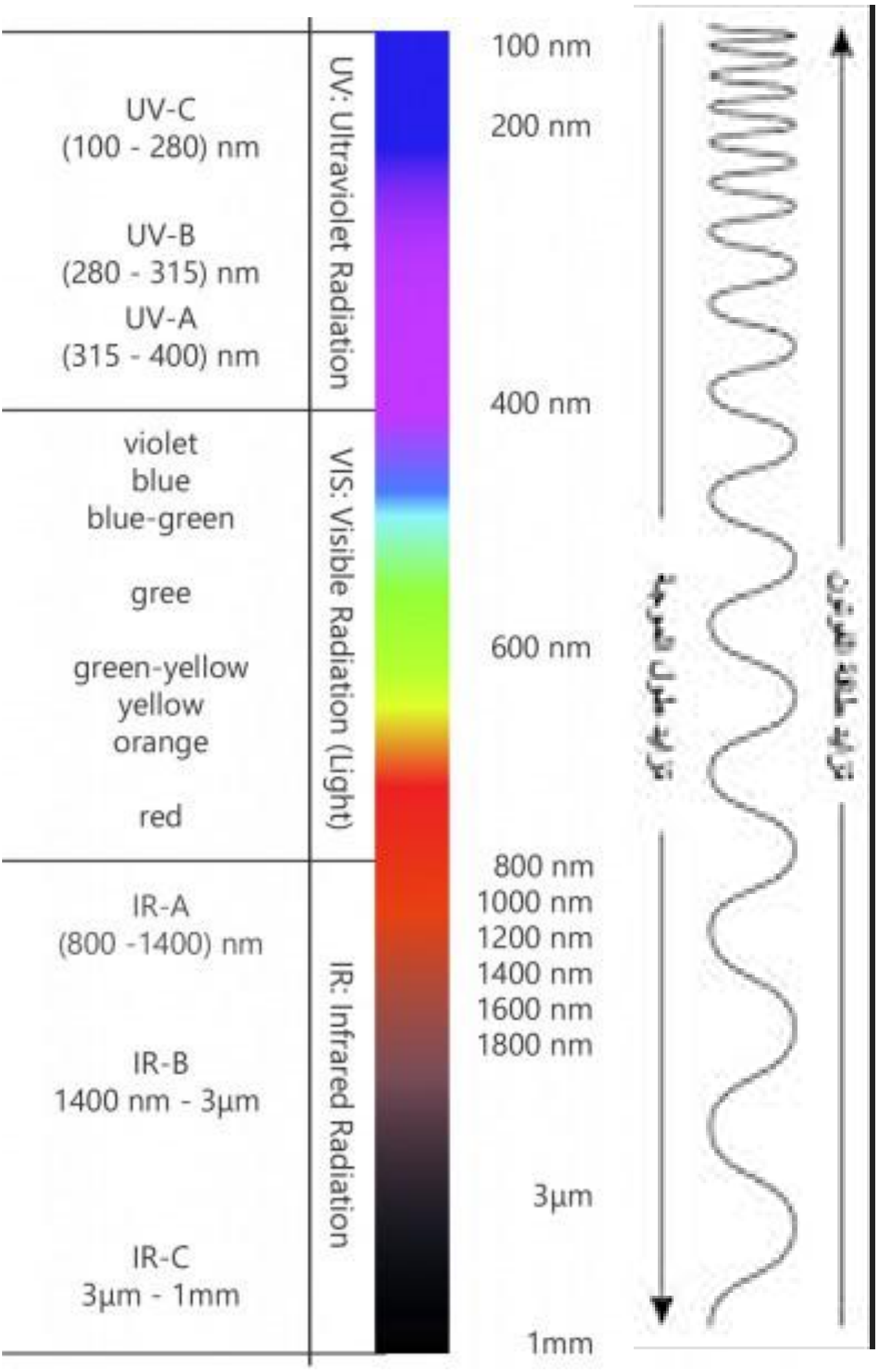
سحابة وتأثير التبريد:

عند تكثف بخار الماء ليشكل الغيوم، تعكس الغيوم بعض الأشعة الشمسية إلى الفضاء، مما يؤدي إلى تبريد الأرض.

الاحتباس الحراري

الاحتباس الحراري هو ظاهرة بيئية تنتج عن تراكم غازات معينة في الغلاف الجوي للأرض، مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة على سطح الكوكب. لفهم هذه الظاهرة بالتفصيل، دعنا نناقش العملية خطوة بخطوة :

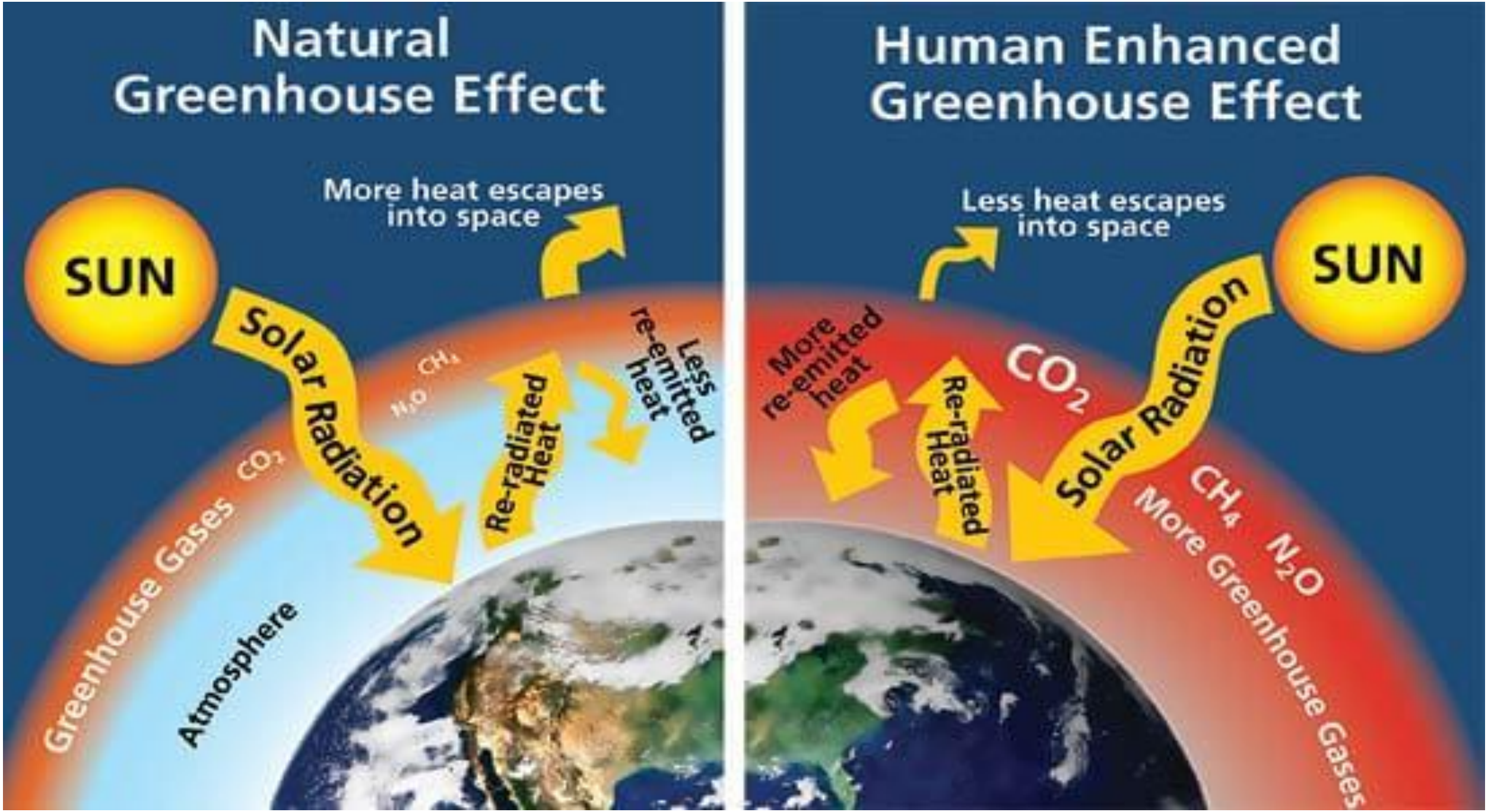
1. **أشعة الشمس أو الأشعة الشمسية أو ضوء الشمس** هو عبارة عن مجموع من الموجات الكهرومغناطيسية، يمكن للإنسان رؤية جزء منها يسمى ضوء مرئي وبقيتة لا يرى بالعين المجردة. تتميز الأشعة المرئية من طيف الشمس بأنها تتكون من أشعة لونية من الأحمر إلى البنفسجي وهي ألوان قوس المطر. موجات الأحمر لها طول موجة 700 نانومتر وموجات البنفسجي قصيرة الموجة وطول موجتها 400 نانومتر. جزئين من طيف الشمس لا ترى بالعين المجردة: كما في الشكل الجزء ذو موجة أطول من 700 نانومتر (تصل إلى نحو 2700 نانومتر) وهذا هو نطاق الأشعة تحت الحمراء، والجزء الآخر ذو طول موجات أقل من 400 نانومتر (إلى اليسار في الرسم البياني للطيف)، وهو يسمى نطاق الأشعة فوق البنفسجية.


UV-C
(100 - 280) nm
UV-B
(280 - 315) nm
UV-A
(315 - 400) nm
UV: Ultraviolet Radiation
violet
blue
blue-green
gree
green-yellow
yellow
orange
red
VIS: Visible Radiation (Light)
IR-A
(800 -1400) nm
IR-B
1400 nm - 3µm
IR-C
3µm - 1mm
IR: Infrared Radiation
100 nm
200 nm
400 nm
600 nm
800 nm
1000 nm
1200 nm
1400 nm
1600 nm
1800 nm
3µm
1mm
تزايد طاقة الفوتون
تزايد طول الموجة

2. دور الغلاف الجوي:

الشمس ترسل أشعتها إلى الأرض في شكل موجات ضوئية وحرارية. جزء من هذا الإشعاع يُمتص بواسطة سطح الأرض، مما يؤدي إلى تسخينه، بينما يُعكس الجزء الآخر إلى الفضاء على شكل موجات تحت الحمراء.

- الغلاف الجوي يحتوي على غازات تسمى *الغازات الدفيئة* مثل: ثاني أكسيد الكربون CO_2، الميثان CH_4، أكسيد النيتروز N_2O، بخار الماء، الأوزون. عندما يُشع سطح الأرض الحرارة (الإشعاع الحراري)، تُحتجز هذه الحرارة جزئيًا في الغلاف الجوي بفعل غازات الدفيئة. هذا يشبه تأثير الزجاج في البيوت البلاستيكية الزراعية، حيث يدخل الضوء ولكن تُحتجز الحرارة.


Natural
Greenhouse Effect
More heat escapes
into space
SUN
Solar Radiation
Re-radiated
Heat
Less
re-emitted
heat
Greenhouse Gases
Atmosphere
Human Enhanced
Greenhouse Effect
Less heat escapes
into space
SUN
More
re-emitted
heat
Re-radiated
Heat
Solar Radiation
More Greenhouse Gases

آثار الاحتباس الحراري:

التغير في
درجة الحرارة

تغيّر أنماط
هطول الأمطار

ذوبان الثلوج
والجليد

زيادة حموضة
المحيطات

الأعاصير المدارية

التيّارات المحيطيّة

صحة الإنسان

النُظم البيئية

تأثير الاحتباس الحراري على الإنسان:

1. تدنّي قدرة الأجسام على مقاومة الفيروسات والالتهابات
2. تفشّي الالتهابات الضارّة
3. انتشار مرض حصى الكلى الناتج عن الجفاف

التقنية من أجل السلام

T4P.CO

آثار الاحتباس الحراري

1.التغيرات المناخية:

1. ارتفاع درجات الحرارة العالمية.
2. تغير أنماط الطقس (الجفاف، الفيضانات).

2.ارتفاع مستوى سطح البحر:

1. ذوبان الجليد القطبي والأنهار الجليدية.
2. تهديد المناطق الساحلية بالغرق.

3.انقراض الأنواع:

1. اضطرابات في النظم البيئية.
2. فقدان التنوع البيولوجي.

4.الأمن الغذائي:

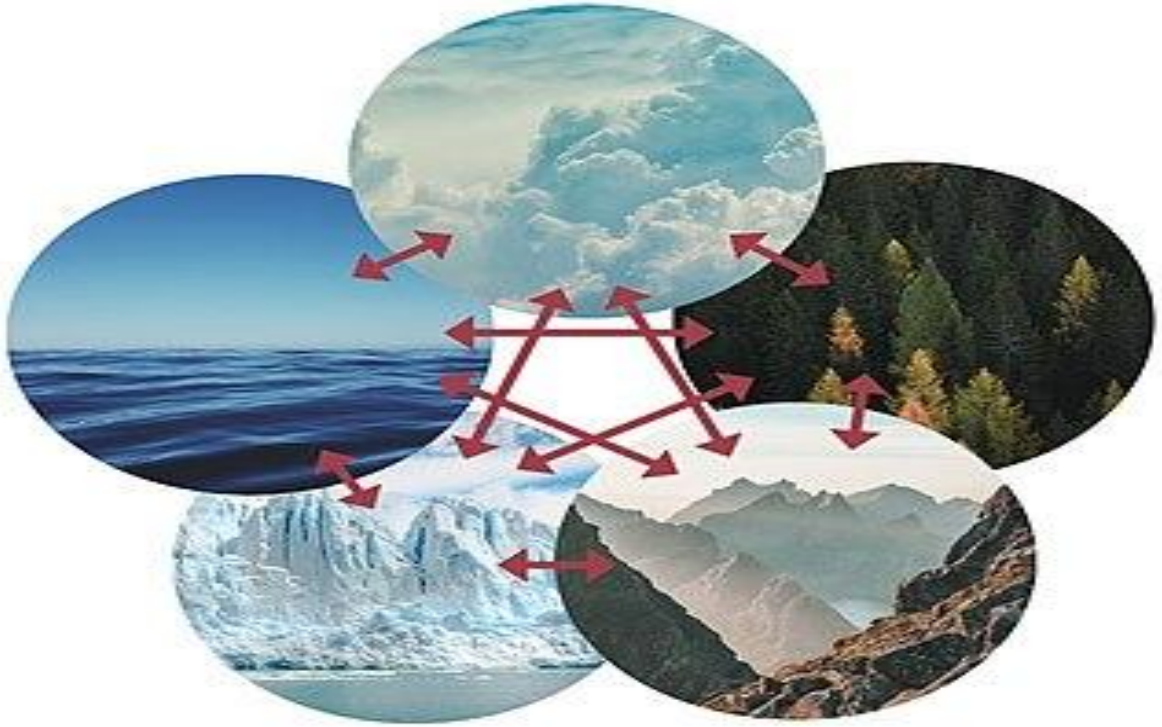
1. انخفاض الإنتاج الزراعي.
2. نقص الموارد المائية.

5.آثار اقتصادية وصحية:

1. انتشار الأمراض مثل الملاريا.
2. تكاليف إعادة بناء البنية التحتية بسبب الكوارث الطبيعية.

النظام المناخي العالمي
مكوناته وآليات تنظيم المناخ

المحاضرة الثالثة



النظام المناخي العالمي

• ينشأ مناخ الأرض من تفاعل خمسة مكونات رئيسية في **النظام المناخي**:

الغلاف الجوي (الهواء) والغلاف المائي (الماء) والغلاف الجليدي (الجليد والتربة الصقيعية) والغلاف الصخري (الطبقة الصخرية العليا للأرض) والمحيط الحيوي (الكائنات الحية). المناخ هو متوسط الطقس عادة على مدى 30 عامًا، ويحدد من خلال مجموعة من العمليات في النظام المناخي، مثل تيارات المحيط وأنماط الرياح. الدوران في الغلاف الجوي والمحيطات يسبب في المقام الأول حركة الإشعاع الشمسي، وينقل الحرارة من المناطق الاستوائية إلى المناطق التي تتلقى طاقة أقل من الشمس. كما أن دورة المياه تنقل الطاقة عبر النظام المناخي. بالإضافة إلى ذلك يعاد تدوير العناصر الكيميائية المختلفة الضرورية للحياة باستمرار بين المكونات المختلفة.

الغلاف الجوي

الغلاف المائي

المحيط الحيوي

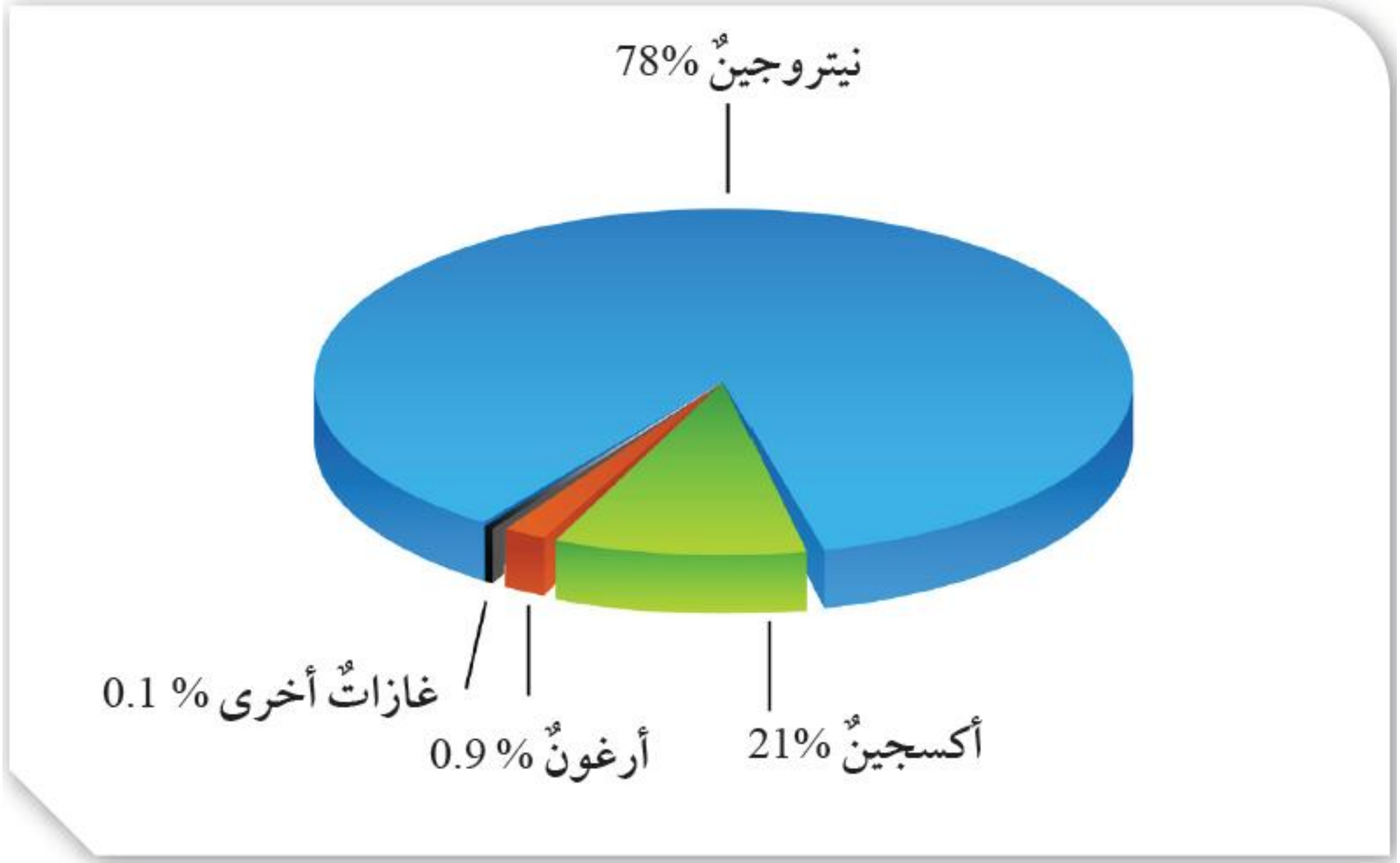
الغلاف الجليدي

الغلاف الصخري

مكونات النظام المناخي

1. الغلاف الجوي :

الغلاف الجوي يحيط الأرض ويمتد لمئات الكيلومترات من السطح. حيث يتكون في الغالب من النيتروجين الخامل (78%) والأكسجين (21%) والأرغون (0.9%). بعض الغازات لها أثر أيضًا في الغلاف الجوي، مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون، وهي الغازات الأكثر أهمية لعمل النظام المناخي، حيث أنها غازات دفيئة تسمح للضوء المرئي من الشمس باختراق السطح، ولكن حجب بعض الأشعة تحت الحمراء التي ينبعث منها سطح الأرض لموازنة إشعاع الشمس. يؤدي هذا إلى ارتفاع درجات حرارة السطح. الدورة الهيدرولوجية هي حركة الماء عبر الغلاف الجوي. لا تحدد الدورة الهيدرولوجية أنماط هطول الأمطار فحسب، بل تؤثر أيضًا على حركة الطاقة في جميع أنحاء النظام المناخي.

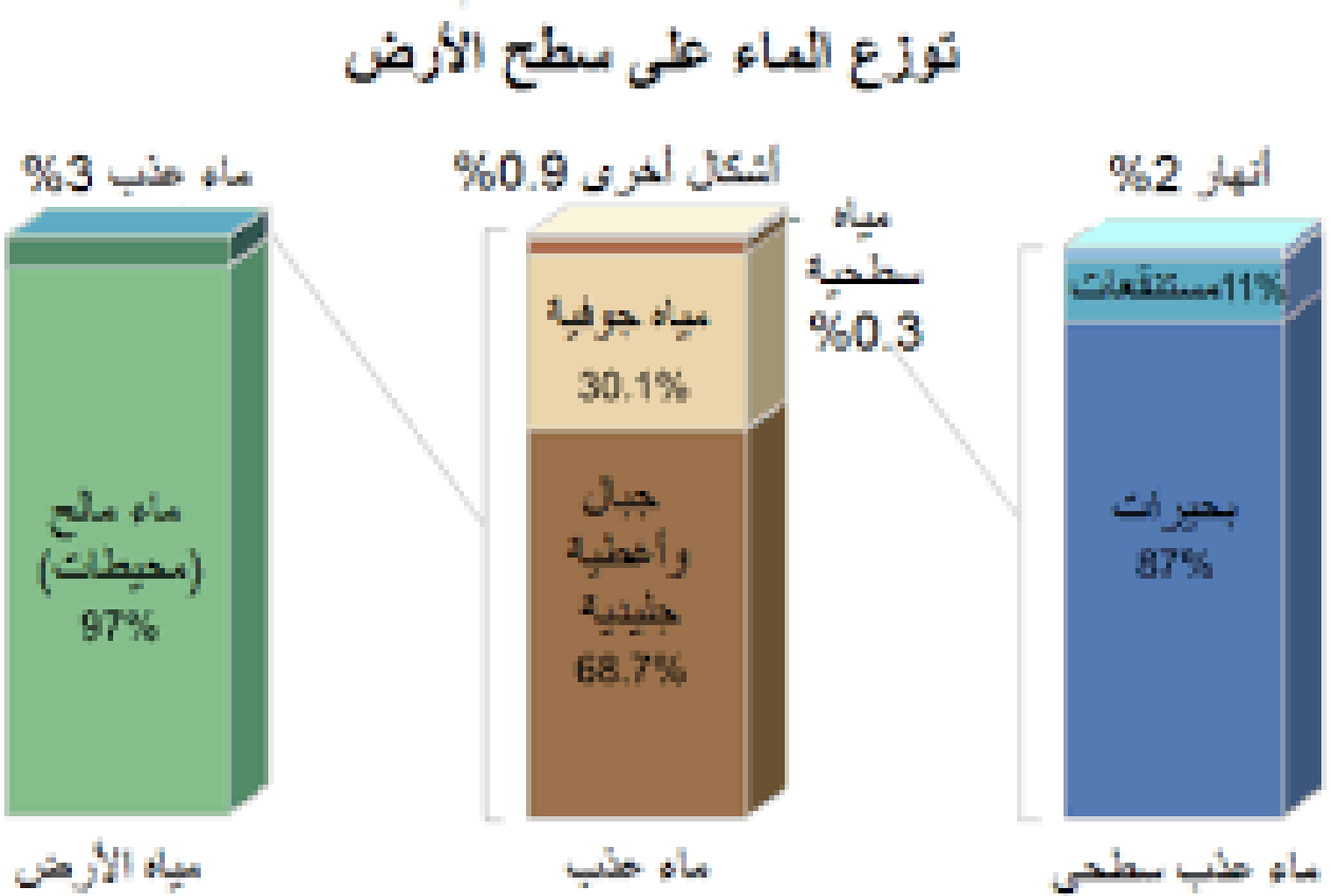

نيتروجينٌ 78%
غازاتٌ أخرى 0.1 %
أرغونٌ 0.9 %
أكسجينٌ 21%

مكونات النظام المناخي

2. الغلاف المائي :

يحتوي الغلاف المائي الصحيح على كل الماء السائل على الأرض، ومعظمه موجود في محيطات العالم. يغطي المحيط 71% من سطح الأرض بمتوسط عمق يبلغ حوالي 4 كيلومترات (2.5 ميل)، ويمكن أن يحمل حرارة أكبر بكثير من الغلاف الجوي. يحتوي على مياه البحر بمحتوى ملح يبلغ حوالي 3.5% في المتوسط، ولكن هذا يختلف مكانيًا. توجد المياه قليلة الملوحة في مصبات الأنهار وبعض البحيرات ومعظم المياه العذبة، 2.5% من المياه ككل تُحفظ في الجليد والثلج.

مكونات النظام المناخي



مكونات النظام المناخي

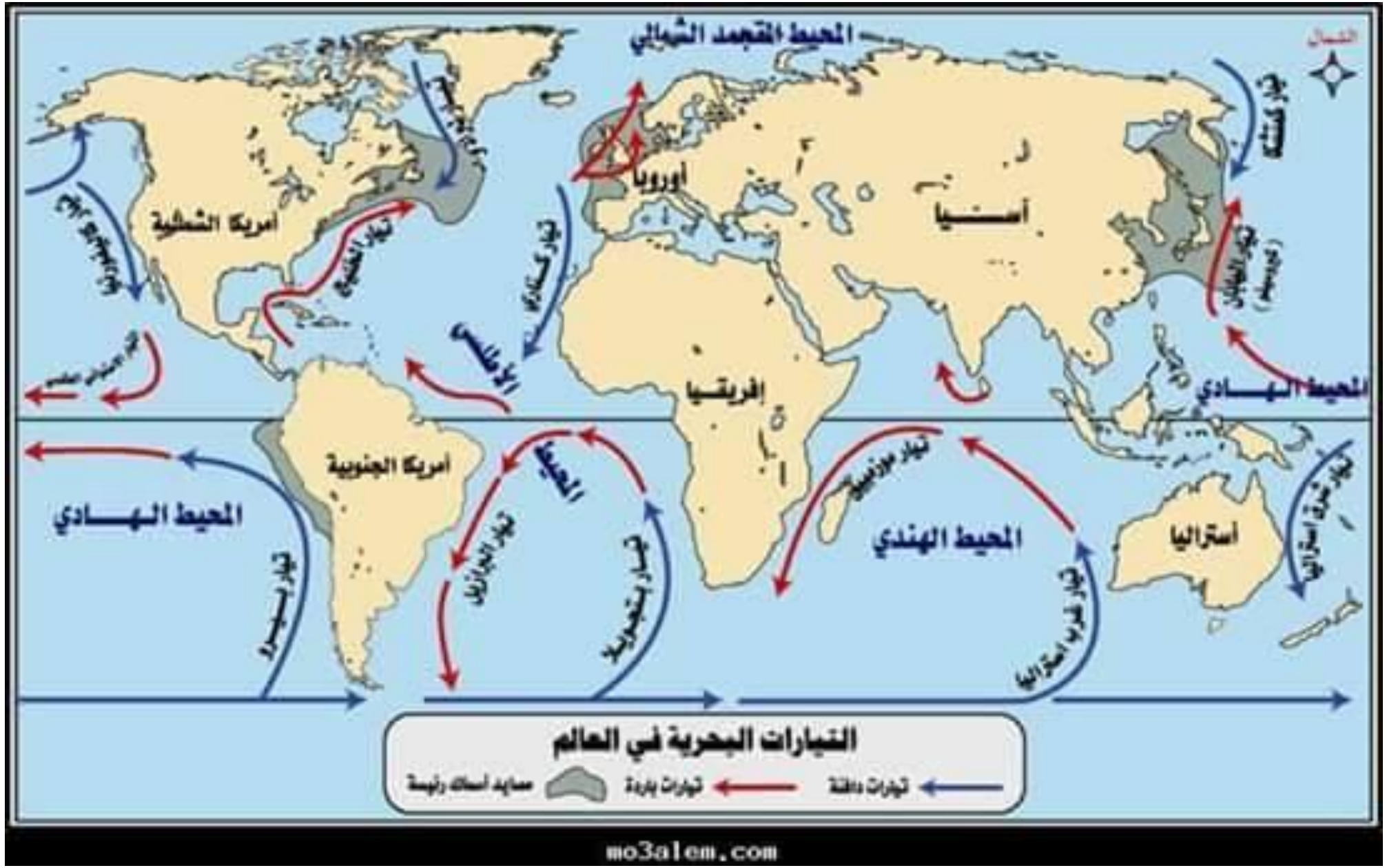
3. الغلاف الجليدي :

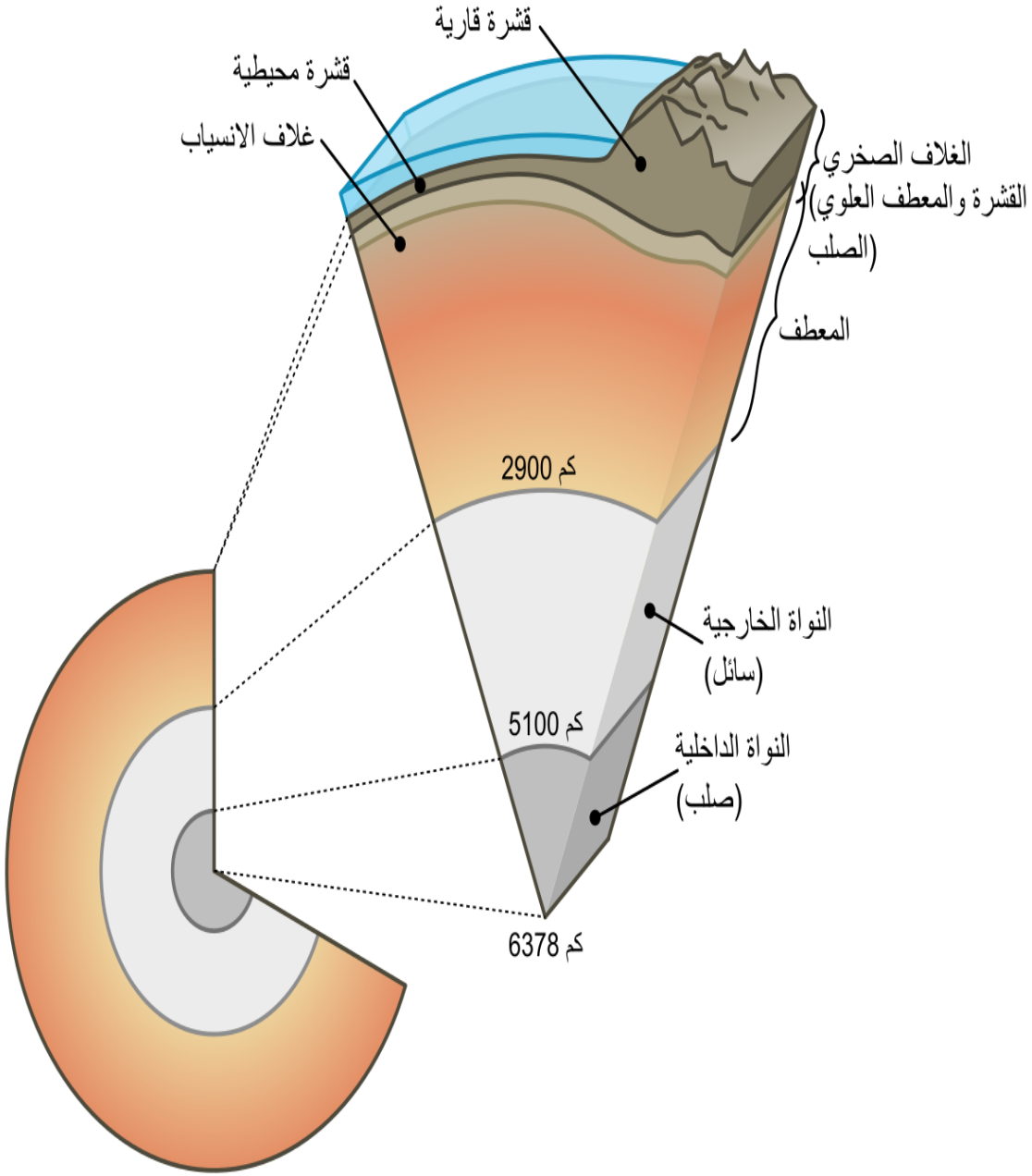
يحتوي الغلاف الجليدي على جميع أجزاء النظام المناخي حيث تكون المياه صلبة. وهذا يشمل الجليد البحري والصفائح الجليدية والتربة الصقيعية والغطاء الثلجي. نظرًا لوجود المزيد من الأراضي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية مقارنة بالنصف الجنوبي من الكرة الأرضية، فإن الجزء الأكبر من نصف الكرة الأرضية مغطى بالثلج. كلا نصفي الكرة الأرضية لهما نفس الكمية من الجليد البحري. تُحتوى معظم المياه المجمدة في الصفائح الجليدية في جرينلاند وأنتاركتيكا، والتي يبلغ متوسط ارتفاعها حوالي 2 كيلومتر (1.2 ميل). تتدفق هذه الصفائح الجليدية ببطء نحو هوامشها.

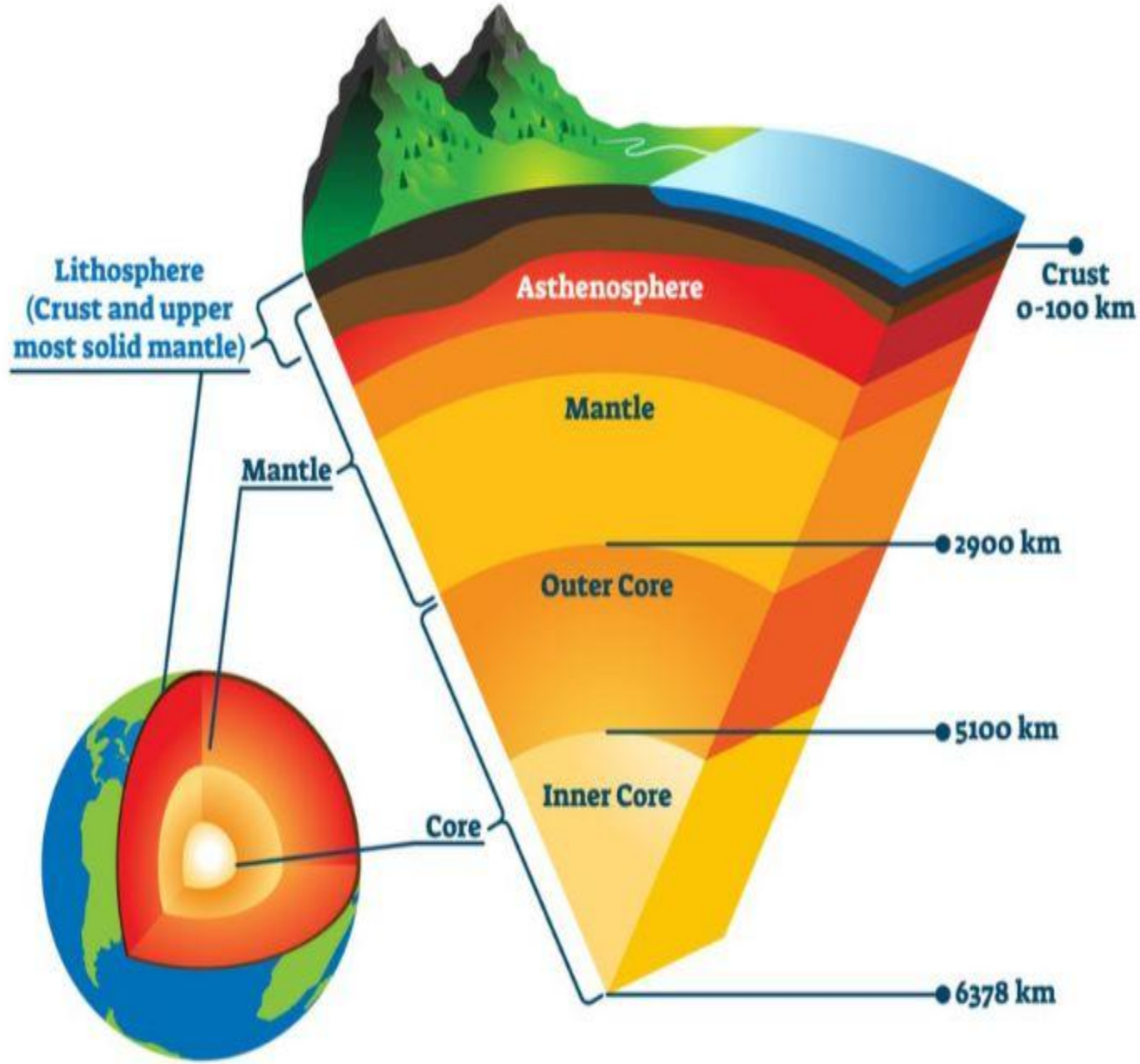
مكونات النظام المناخي

4. الغلاف الصخري :

تشكل قشرة الأرض وتحديداً الجبال والوديان، أنماط الرياح العالمية: تشكل السلاسل الجبلية الشاسعة حاجزًا أمام الرياح وتؤثر على مكان وكمية المطر. تتميز الأرض الأقرب إلى المحيط المفتوح بمناخ أكثر اعتدالًا من الأرض البعيدة عن المحيط. لغرض نمذجة المناخ، غالبًا ما تعتبر الأرض ثابتة لأنها تتغير ببطء شديد مقارنة بالعناصر الأخرى التي يتكون منها النظام المناخي. يحدد موقع القارات هندسة المحيطات وبالتالي يؤثر على أنماط دوران المحيطات. مواقع البحار مهمة في التحكم في انتقال الحرارة والرطوبة في جميع أنحاء العالم، وبالتالي في تحديد المناخ العالمي.


المحيط المتجمد الشمالي
الشمال
أوروبا
آسيا
أمريكا الشمالية
إفريقيا
أمريكا الجنوبية
المحيط الهادي
المحيط الهندي
أستراليا
المحيط الهادي
التيارات البحرية في العالم
تيارات دافئة
تيارات باردة
مصايد أسماك رئيسة
mo3alem.com


قشرة قارية
قشرة محيطية
غلاف الانسياب
الغلاف الصخري
القشرة والمعطف العلوي
(الصلب)
المعطف
2900 كم
النواة الخارجية
(سائل)
5100 كم
النواة الداخلية
(صلب)
6378 كم


Lithosphere
(Crust and upper
most solid mantle)
Asthenosphere
Crust
0-100 km
Mantle
Mantle
2900 km
Outer Core
5100 km
Inner Core
Core
6378 km

مكونات النظام المناخي

5. الغلاف الحيوي :

يتفاعل المحيط الحيوي أيضًا مع بقية النظام المناخي. غالبًا ما يكون النبات أغمق أو أفتح من التربة الموجودة تحته، لذا فإن حرارة الشمس تكون أكثر أو أقل محاصرة في المناطق ذات الغطاء النباتي. النباتات جيدة في حبس المياه، والتي تمتص بعد ذلك من جذورها. لولا الغطاء النباتي لكانت هذه المياه تتدفق إلى الأنهار الأقرب أو المسطحات المائية الأخرى. وبدلاً من ذلك يتبخر الماء الذي تمتصه النباتات، مما يساهم في الدورة الهيدرولوجية. يؤثر هطول الأمطار ودرجة الحرارة على توزيع مناطق الغطاء النباتي المختلفة. تثبيت الكربون من مياه البحر عن طريق نمو العوالق النباتية الصغيرة يكاد يكون مثل النباتات البرية من الغلاف الجوي. في حين أن البشر جزءًا تقنيًا من المحيط الحيوي، إلا أنهم غالبًا ما يعاملون كمكونات منفصلة لنظام مناخ الأرض، وهو الغلاف الجوي بسبب تأثير الإنسان الكبير على الكوكب.

النظام المناخي العالمي

يمكن أن يتغير نمط النظام المناخي (النمط المناخي هو أي سمة متكررة للمناخ. قد تستمر الأنماط المناخية لعشرات أو آلاف السنين، مثل الفترة الجليدية والفترة الجليدية الواقعة بين عصرين أثناء العصور الجليدية، أو الفترات التي تتكرر كل عام مثل الرياح الموسمية) بسبب **التقلبات الداخلية والتأثيرات الخارجية**، والتي يمكن أن تكون هذه التأثيرات الخارجية طبيعية، مثل الاختلافات في كثافة الطاقة الشمسية والانفجارات البركانية أوالتأثيرات التي يسببها البشر. حيث يتسبب تراكم الغازات المسببة للاحتباس الحراري، والتي ينبعث منها بشكل رئيسي ما ينجم عن احتراق الوقود الأحفوري في الاحترار العالمي.

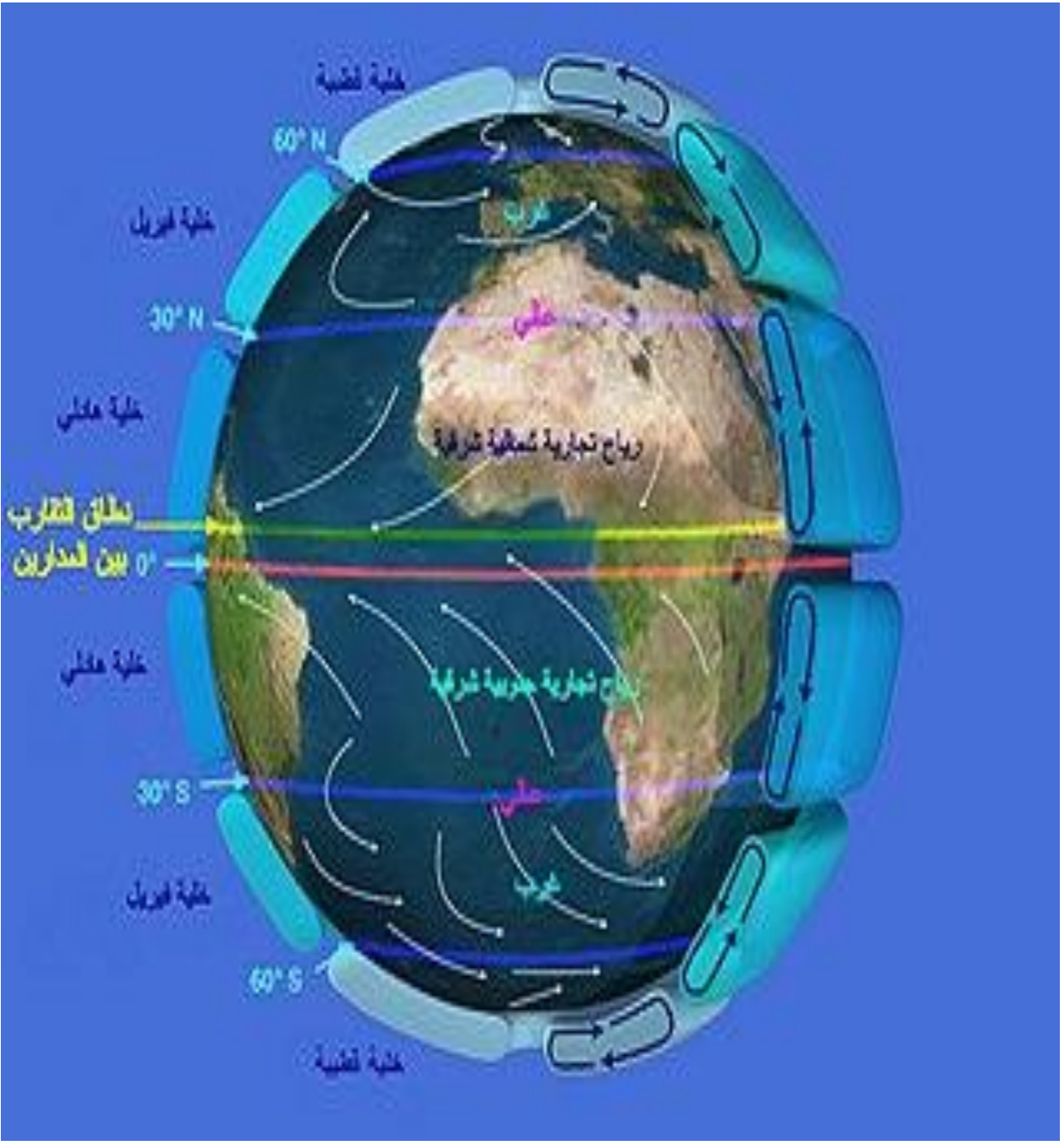
تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

1. التدفق والانتشار العام :

يتلقى النظام المناخي الطاقة من الشمس، وبدرجة أقل بكثير من قلب الأرض، وكذلك طاقة المد والجزر من القمر. تمنح الأرض الطاقة للفضاء الخارجي في شكلين: فهي تعكس بشكل مباشر جزءًا من إشعاع الشمس وتنبعث منه الأشعة تحت الحمراء كإشعاع الجسم الأسود. توازن الطاقة الواردة والصادرة، ومرور الطاقة من خلال نظام المناخ، يحدد ميزانية الطاقة للأرض. عندما يكون إجمالي الطاقة الواردة أكبر من الطاقة الصادرة، تكون ميزانية الطاقة للأرض إيجابية ونظام المناخ يسخن. إذا خرج المزيد من الطاقة تكون ميزانية الطاقة سلبية وتجربة الأرض للتبريد.

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

يصل المزيد من الطاقة إلى المناطق المدارية أكثر من المناطق القطبية، ويؤدي فرق درجة الحرارة إلى تحريك الدوران العالمي للغلاف الجوي والمحيطات. يرتفع الهواء عندما يسخن، ويتدفق في القطبين ويغرق مرة أخرى عندما يبرد، ويعود إلى خط الاستواء. بسبب الحفاظ على الزخم الزاوي، يحول دوران الأرض الهواء إلى اليمين في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وإلى اليسار في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية، وبالتالي تشكيل خلايا جوية مميزة **(خلية هادلي، الخلية القطبية، خلية فيرلي)** . وتتكون الرياح الموسمية والتغيرات الموسمية في الرياح وهطول الأمطار التي تحدث في الغالب في المناطق الاستوائية، بسبب حقيقة أن الكتل الأرضية ترتفع بسهولة أكبر من المحيط. يؤدي اختلاف درجة الحرارة إلى اختلاف الضغط بين اليابسة والمحيطات مما يؤدي إلى رياح ثابتة.



خليــة هيــدلي :تختــرق تيــارات الحمــل الهوائيــة التصــاعدية الاســتوائية طبقــة التروبوسفير واصلة إلى حد التروبوبوز، ومن هناك تتجه شمالاً وجنوباً باتجاه القطبين حاملة معها عبر الأجواء المدارية مقداراً عظيماً من الطاقة على شكل طاقة كامنة (gz)وطاقة حرارية محسوبة (CPT)إلى أجواء العروض الوسطى والعليا . وأثناء ذلك تحدث عمليات تبادل حراري بينها وبين هواء طبقات الجو التي تعبرها . فيتحول جزء من طاقتها الحرارية المحسوبة إلى أشعة تحت الحمراء تعمل على تسخين الجو ومن ثم تضيع إلى الفضاء الخارجي

الخليــة القطبيــة هي نظام دائري للرياح يقع بين دائرتي عرض 60° و 90° شمالاً وجنوباً. يشبه دورة هادلي على نطاق أصغر، ويسود فوق القطبين ضغط منخفض في طبقات الجو العليا، حيث تهبط التيارات الهوائية إلى السطح، ما يحول طاقتها الكامنة إلى طاقة حرارية محسوسة تساعد في الحفاظ على التوازن الحراري

خلية فيريل يطلق عليها أيضا اسم "خلية العروض الوسطى"، وسميت نسبة لعالم الأرصاد الأمريكي فيريل. تقع هذه الخلية بين خلية هادلي والخلية القطبية في نصفي الكرة الأرضية. تهب الرياح فيها من حزام الضغط المرتفع شبه المداري باتجاه العروض العليا والقطبية، وتزداد سرعتها مع تقاربها نحو القطبين بسبب زخمها

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

تحتوي مياه المحيط على المزيد من الملح على كثافة أعلى وتؤدي الاختلافات في الكثافة دورًا مهمًا في تيار المحيط. تنقل الدورة الحرارية الملحية من المناطق الاستوائية إلى المناطق القطبية. كما أن التفاعل مع الرياح يدفعه تيار المحيط. يؤثر عنصر الملح أيضًا على درجة حرارة نقطة الانصهار. يمكن للحركات العمودية أن تجلب الماء البارد إلى السطح في عملية تسمى تيار صاعد، والتي تبرد الهواء في الأعلى.

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

2. الدورة الهيدرولوجية:

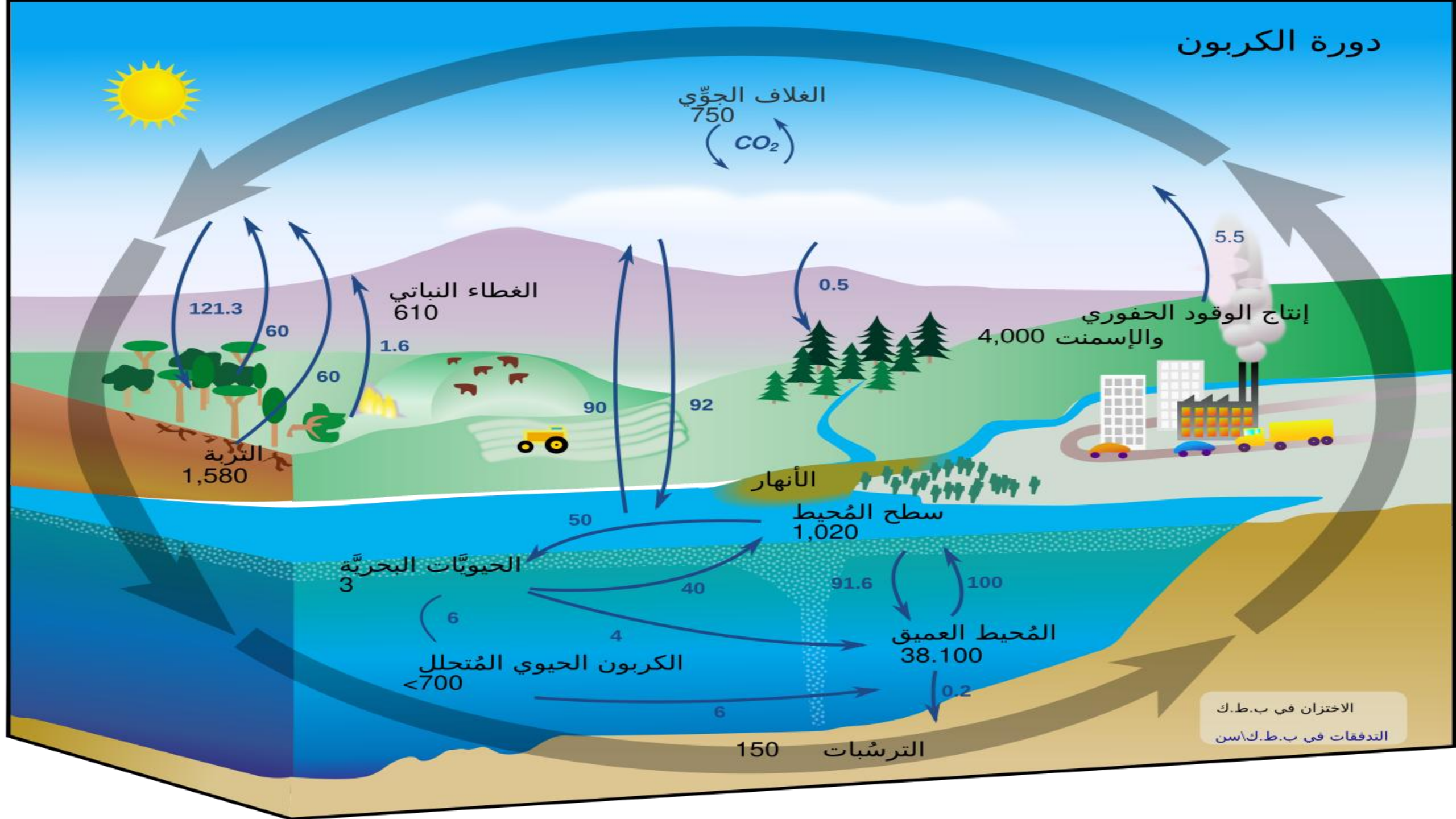
تصف الدورة الهيدرولوجية أو دورة الماء كيفية انتقالها باستمرار بين سطح الأرض والغلاف الجوي. النتح التبخري للنباتات وضوء الشمس الماء من المحيطات والأجسام المائية الأخرى، تاركة وراءها الملح والمعادن الأخرى. يتجمع الماء العذب المتبخر لاحقًا على السطح. لا توزع الأمطار والأبخرة توزيعًا متساويًا في جميع أنحاء العالم، مع بعض المناطق مثل المناطق المدارية التي لديها أمطار أكثر من البخار، وبعضها الآخر به تبخر أكثر من هطول الأمطار. يتطلب تبخر الماء كميات كبيرة من الطاقة، في حين تُطلق الكثير من الحرارة أثناء التكثيف. هذه الحرارة الكامنة هي المصدر الأساسي للطاقة في الغلاف الجوي.

USGS
science for a changing world
دورة المياه
بخار البركان
مخزون المياه في الغلاف الجوي
التكاثف
الجليد والثلج
التساقط
نتح
قطرات الضباب
التبخر
جريان الثلج
الذائب في جداول
الجريان السطحي
الندى
التدفق في
الأنهار
التبخر
رشح
المياه الجوفية
ينبوع
النباتات
والحيوانات
مياه عذبة
المحيطات
تصريف المياه الجوفية
البراكين والمخارج
مخزون المياه الجوفية
U.S. Dept. of the Interior
U.S. Geological Survey
John Evans, Howard Perlman, USGS
http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

3. الدورات الكيمياء الحيوية:

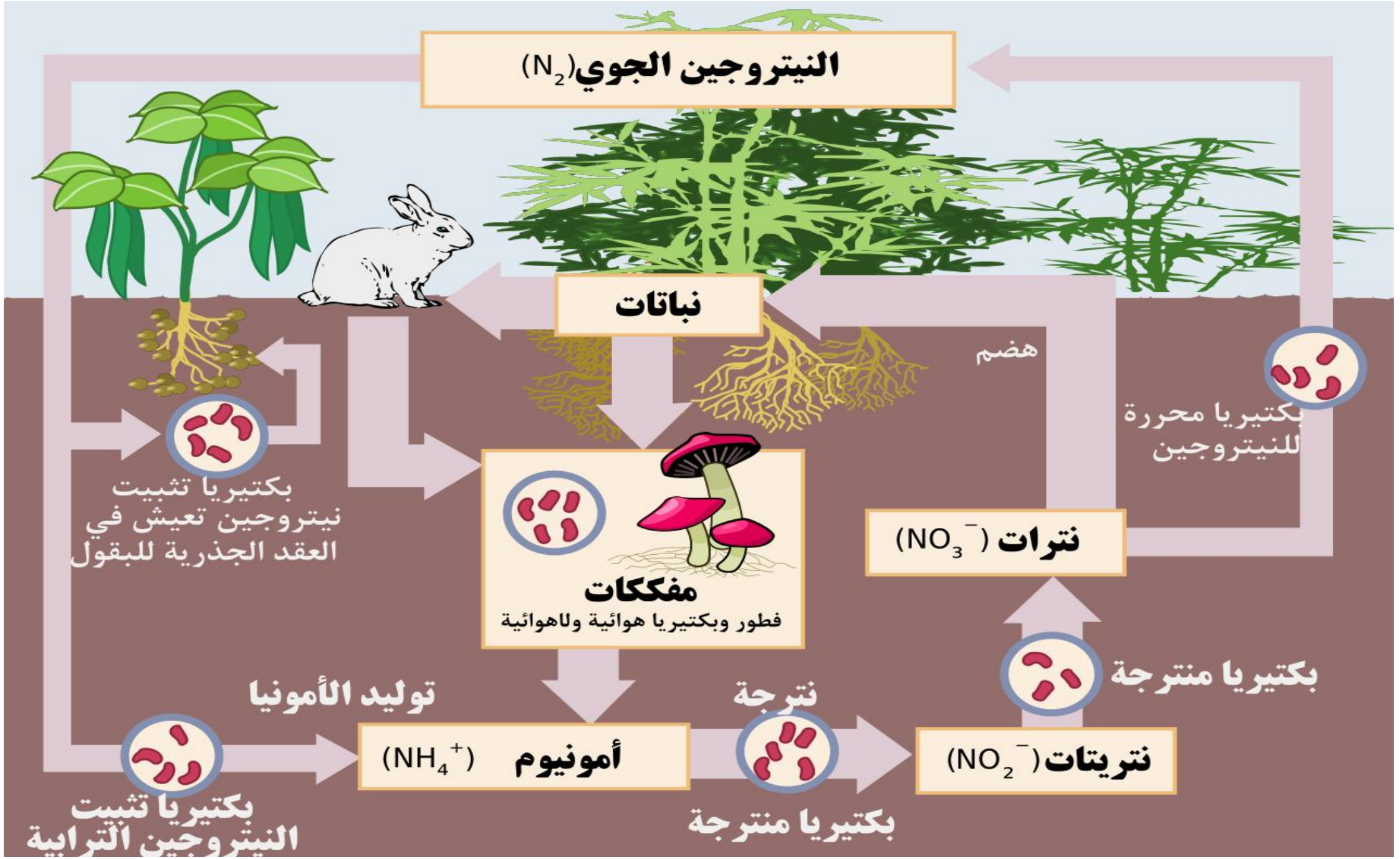
تُدوّر أيضًا العناصر الكيميائية الحيوية للحياة باستمرار من خلال المكونات المختلفة للنظام المناخي. تعد **دورة الكربون** مهمة بشكل مباشر للمناخ لأنها تحدد تركيزات اثنين من غازات الدفيئة الهامة في الغلاف الجوي: ثاني أكسيد الكربون والميثان. في الجزء السريع من دورة الكربون، تمتص النباتات ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي باستخدام عملية التمثيل الضوئي؛ هذا يعاد انبعاثه عن طريق تنفس الكائنات الحية. كجزء من دورة الكربون البطيئة، تطلق البراكين ثاني أكسيد الكربون عن طريق إزالة الغازات، وإطلاق ثاني أكسيد الكربون من قشرة الأرض وغطاء الأرض. كما أن غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يجعل المطر حمضيًا قليلاً، يمكن لهذا المطر أن يحل ببطء بعض الصخور، وهي عملية تعرف باسم التجوية. المعادن المطلقة بهذه الطريقة المنقولة إلى البحر، تستخدمها الكائنات الحية التي يمكن أن تشكل بقاياها صخورًا رسوبية، مما يعيد الكربون إلى الغلاف الصخري.


دورة الكربون
الغلاف الجوّي
750
CO_2
الغطاء النباتي
610
121.3
60
60
1.6
90
92
0.5
5.5
إنتاج الوقود الحفوري
والإسمنت 4,000
التربة
1,580
الأنهار
سطح المُحيط
1,020
50
الحيويّات البحريَّة
3
40
91.6
100
6
4
الكربون الحيوي المُتحلل
<700
المُحيط العميق
38.100
0.2
6
الترسُبات 150
الاختزان في ب.ط.ك
التدفقات في ب.ط.ك\سن

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

تصف **دورة النيتروجين** تدفق النيتروجين النشط. نظرًا لأن النيتروجين في الغلاف الجوي خامل، يجب على الكائنات الدقيقة أولًا تحويل هذا إلى مركب نيتروجين نشط في عملية تسمى تثبيت النيتروجين قبل أن يُستخدم ككتلة بناء في المحيط الحيوي. تلعب الأنشطة البشرية دورًا مهمًا في كل من دورات الكربون والنيتروجين: فقد أدى حرق الوقود الأحفوري إلى إزاحة الكربون من الغلاف الصخري إلى الغلاف الجوي، كما أدى استخدام الأسمدة إلى زيادة كبيرة في كمية النيتروجين الثابت المتاح.

بعد موت النباتات والحيوانات، تتعرض للتحلل بوساطة بكتيريا وفطريات معينة. وتنتج هذه الأحياء الدقيقة النشادر NH_3 من مركبات النيتروجين في المادة العضوية الميتة وفي مخلفات الأجسام التي تفرزها الحيوانات. ثم تمتص النباتات بعض النشادر وتستخدمه لصنع البروتينات والمواد الأخرى الضرورية للحياة. ويتحول النشادر الذي لاتمتصه النباتات إلى نترات (مركبات NO_3) بوساطة بكتيريا النترتة، وهناك نوعان من بكتيريا النترتة، بكتيريا النيتريت التي تحول النشادر إلى نتريتات (مركبات NO_2) وبكتيريا النترات، التي تحول النتريتات إلى نترات. تمتص النباتات معظم النترات وتستخدمها بنفس الطريقة مثل النشادر. أما الحيوانات فإنها تحصل على النيتروجين من أكل النباتات أو الحيوانات الأخرى التي تأكل النباتات.


النيتروجين الجوي (N_2)
نباتات
هضم
بكتيريا محررة للنيتروجين
بكتيريا تثبيت نيتروجين تعيش في العقد الجذرية للبقول
مفككات
فطور وبكتيريا هوائية ولاهوائية
نترات (NO_3^-)
بكتيريا منترجة
توليد الأمونيا
نترجة
أمونيوم (NH_4^+)
نتريتات (NO_2^-)
بكتيريا تثبيت النيتروجين الترابية
بكتيريا منترجة

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

4. التغييرات داخل النظام المناخي:

يتغير المناخ باستمرار على نطاقات زمنية تتراوح من المواسم إلى عمر الأرض. تسمى التغييرات التي تسببها مكونات النظام وديناميكياته تقلبية المناخ الداخلية. يمكن للنظام أيضًا تجربة التأثير الخارجي من الظواهر خارج النظام (على سبيل المثال تغيير في مدار الأرض). يُشار إلى التغييرات الأطول، التي تُعرف عادةً على أنها التغيرات التي تستمر لمدة 30 عامًا على الأقل باسم التغيرات المناخية، على الرغم من أن هذه العبارة تشير عادةً إلى الاحتباس الحراري الحالي.

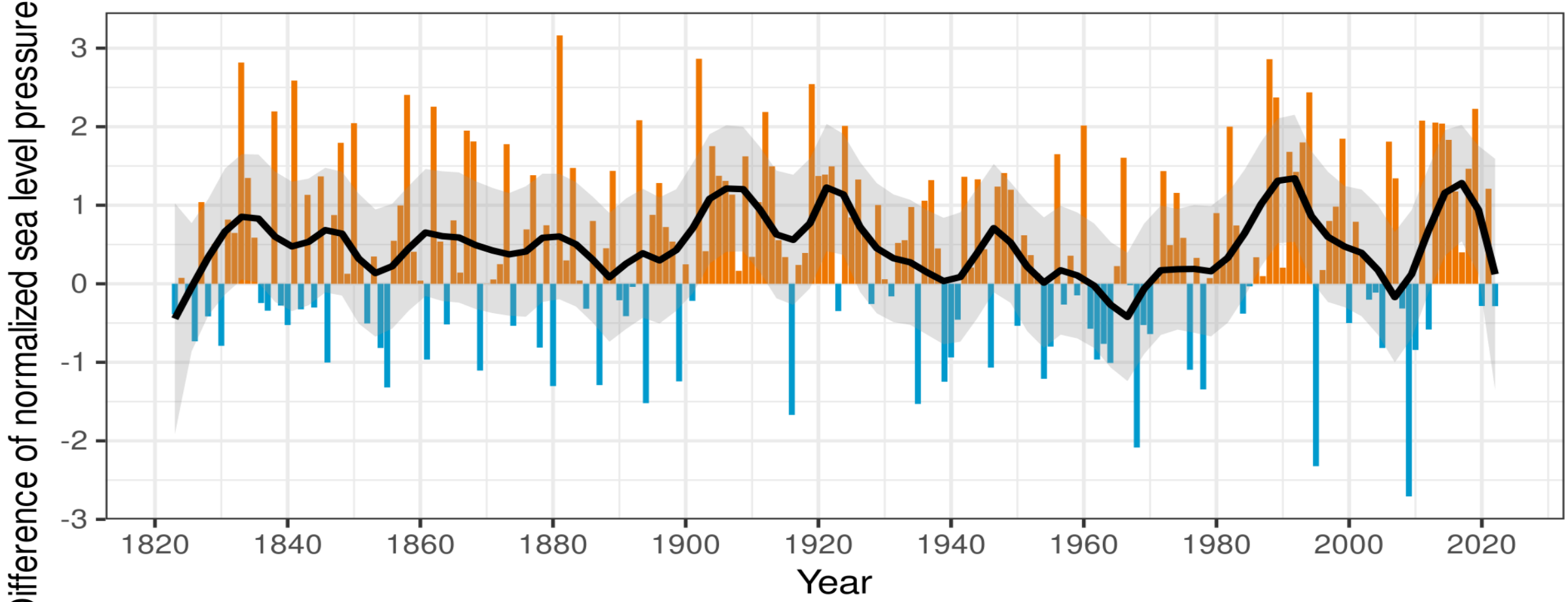
تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

- **التغيرات الداخلية**

تختلف مكونات النظام المناخي باستمرار حتى بدون دفع خارجي (التأثير الخارجي). أحد الأمثلة في الغلاف الجوي هو تذبذب شمال الأطلسي (NAO)، الذي يعمل كمنشار ضغط جوي. عادة ما يكون عند منطقة الأزور البرتغالية ضغطًا مرتفعًا، بينما غالبًا ما يكون هناك ضغط أقل على أيسلندا. يتأرجح الفرق في الضغط وهذا يؤثر على أنماط الطقس عبر منطقة شمال الأطلسي حتى وسط أوراسيا. على سبيل المثال الطقس في جرينلاند وكندا بارد وجاف خلال تذبذب شمال الأطلسي الإيجابي. يمكن الحفاظ على مراحل مختلفة من تذبذب شمال الأطلسي لعدة عقود.

North Atlantic Oscillation (NAO) winter index

Gibraltar - SW Iceland, December to March



https://w.wiki/4b$m
Data : Climatic Research Unit, University of East Anglia.
Jones, P.D., Jónsson, T. and Wheeler, D. (1997)
Updated regularly. Accessed 2023-11-22

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

يمكن للجوانب المحيطية من هذه التذبذبات أن تولد تقلبات في المقاييس الزمنية المئوية؛ بسبب أن المحيط لديه كتلة أكبر بمئات المرات من الغلاف الجوي، وبالتالي القصور الحراري العالي جدًا. على سبيل المثال، تلعب التعديلات التي تطرأ على عمليات المحيطات، مثل الدوران الحراري دورًا رئيسيًا في إعادة توزيع الحرارة في محيطات العالم. ساعد فهم التقلبات الداخلية العلماء على نسب تغير المناخ الأخير إلى غازات الدفيئة

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

- **تأثير المناخ الخارجي**

في المقاييس الزمنية الطويلة، يُحدَّد المناخ في الغالب من خلال مقدار الطاقة في النظام وأين يذهب. عندما تتغير ميزانية طاقة الأرض يتبع المناخ. يسمى التغيير في ميزانية الطاقة بالقوة، وعندما يحدث التغيير بسبب عامل خارج المكونات الخمسة للنظام المناخي فإنه يُدعى بالقوة الخارجية. البراكين على سبيل المثال تنتج عن عمليات عميقة داخل الأرض لا تعتبر جزءًا من النظام المناخي. التغيرات خارج كوكب الأرض، مثل التغير الشمسي والكويكبات القادمة هي أيضًا «خارجية» للمكونات الخمسة للنظام المناخي، وكذلك الإجراءات البشرية.

- **أشعة الشمس الواردة**

الشمس هي المصدر السائد لإدخال الطاقة إلى الأرض وتدفع دوران الغلاف الجوي. تختلف كمية الطاقة القادمة من الشمس على مقاييس زمنية أقصر، بما في ذلك الدورة الشمسية لمدة 11 عامًا ومقاييس زمنية طويلة المدى. في حين أن الدورة الشمسية صغيرة جدًا بحيث لا يمكنها تدفئة سطح الأرض وتبريده بشكل مباشر، إلا أنها تؤثر على طبقة أعلى من الغلاف الجوي مباشر، الستراتوسفير والتي قد يكون لها تأثير على الغلاف الجوي بالقرب من السطح.

تدفقات الطاقة والمياه والعناصر

- **غازات الاحتباس الحراري**

غازات الاحتباس الحراري تحتجز الحرارة في الغلاف الجوي عن طريق امتصاص الأشعة الطويلة الموجة. الانبعاثات البشرية تزيد تركيز غازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان، وهذه الغازات مع بخار الماء والسحب تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة. عملية التجوية الصخرية تُزيل الكربون ببطء شديد.

- **الهباء الجوي والبراكين**

الهباء الجوي يشتت أو يمتص الضوء، فيبرد أو يدفئ الكوكب، كما يحفز تشكيل السحب. مصادره تشمل البراكين ورذاذ البحر والغبار، إلى جانب الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الأحفوري. البراكين الكبيرة تُطلق ثنائي أكسيد الكبريت، مما يسبب تبريدًا مؤقتًا عبر حجب ضوء الشمس.

- **التغير في استخدام الأراضي**

إزالة الغابات وتغير استخدام الأرض تؤثر على المناخ بتغيير انعكاسية المنطقة والتأثير على الترسيب. حرائق الغابات تطلق غازات دفيئة وكربون أسود، مما يسرّع ذوبان الثلوج.

المحاضرة الربعة

الغلاف الجوي

طبقات الغلاف الجوي

طبقات الغلاف الجوي

الغلاف الجوّي (Atmosphere)

هو غلاف غير مرئي من الغازات يحيط بكوكب الأرض، ويتكوّن من مزيج من الأوكسجين والنيتروجين بنسبة تصل إلى 99%، أمّا ما تبقى وهو 1% فهو مزيج من غازات ثاني أكسيد الكربون، والأرجون، الهيليوم، والنيون، وغيرها من الغازات، إضافة إلى بخار الماء، والغبار، وتقع 98% من كتلة الغلاف الجوي في أول 30 كم قريبة من سطح الأرض، وتختلف الكواكب والأقمار الأخرى من حيث امتلاكها للغلاف الجوي، حيث يمتلك بعضها غلافاً جوياً بمكوّنات تختلف تماماً عن كوكب الأرض، في حين يفتقر بعضها الآخر لوجوده أصلاً.

نشأة الغلاف الجوي..

- علاقة الأرض بغلافها الجوّي ليس وليد اللحظة وليس سمة ثابتة في البيئة، وإنما كان تطورا طويلا رافق الحقب الزمنية التي عاشها الكوكب، حتى بات ما يحدث على سطح الكوكب من مظاهر بيئية وكوارث طبيعية يؤثّر حتما على كل ما اعتلاه.
- وبالرغم من صعوبة حساب عمر الأرض بشكل دقيق، فإن معظم الجيولوجيين يرون أن عمرها لا ينبغي أن يقل عن 4.5 مليار سنة، بناء على شواهد حيّة متوفرة حولنا كاكتشاف أقدم الصخور المؤرخة الموجودة في "مرتفعات جاك" جنوب غرب أستراليا.

نشأة الغلاف الجوي..

- وفي طورها الأول الذي تبع تكوينها، لم تكن الأرض إلا جسما عملاقا من الحمم المنصهرة يحيط بها غلاف غازي سميك من ذرات الهيدروجين والهيليوم الخفيفة. ثم حدث اصطدام عظيم بين الأرض وجسم آخر بحجم كوكب المريخ يُدعى "ثيا"، وقد نتجت عن ذلك طاقة هائلة أدّت إلى انصهار الكوكب بأكمله وتشتيت غلافه الغازي البدائي تدريجيا إلى الفضاء الخارجي، وتُعرف هذه بفرضية الاصطدام العملاق Big Splash
- وخلال السنوات الطويلة اللاحقة، وفي حقبة الدهر السحيق التي امتدت من 1 مليار إلى 3.5 مليار سنة بعد نشأة الأرض، حدث فقدانٌ للحرارة على نطاق واسع، فبردت الطبقة الخارجية بما يكفي للسماح بتكوّن القشرة، إلا أنّ الطبقة السفلى "الوشاح" ظلّت في حالة فوران، مما أدى إلى نشاط بركاني مستمر نتج عنه تحرير كثير من الغازات، مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأمونيا وغاز الميثان وثاني أكسيد الكبريت.

أنشطة البراكين وتراكم الغازات.. ميلاد الغلاف الثانوي

- تحت تأثير الحرارة المرتفعة آنذاك تفاعل الأوكسجين مع غازي الأمونيا والميثان ليمهد ظهور ما يُعرف بالغلاف الجوي الثانوي (Secondary Atmosphere)، وتأتي هذه التسمية الخاصة للدلالة على طبيعة الغلاف الجوي (الحالي) الذي لم يتكوّن خلال نشأة النجم والكواكب، وبدلا من ذلك نشأ الغلاف الجوي الثانوي بفعل النشاط البركاني أو بسبب تراكم الغازات الناتج عن اصطدام النيازك بأسطح الكواكب. وأما ما يحيط بسطح الأرض اليوم من غلاف جوّي، فهو امتداد لتطوّر الغلاف الجوي الثانوي الذي احتوى في أوّل نشأته على بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين.

أنشطة البراكين وتراكم الغازات.. ميلاد الغلاف الثانوي

- وعندما برد سطح الكوكب، وانخفضت درجة حرارته إلى 100 درجة تحت الصفر قبل نحو 3.8 مليار سنة؛ تكثّف بخار الماء، فتكوّنت مياه البحار والمحيطات، ولاحقا بدأت أول أنماط المخلوقات الحيّة تأخذ مجراها في المياه مثل البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة، فظهرت عملية البناء الضوئي في الكائنات الحيّة التي تعتمد على الطاقة القادمة من الشمس وثاني أوكسيد الكربون في إنتاج الطاقة والأوكسجين، فكانت النتيجة أن ارتفعت نسبة الأوكسجين في الغلاف الجوي على نحو ملحوظ كما ندركه اليوم.

تركيبة الغلاف الجوي

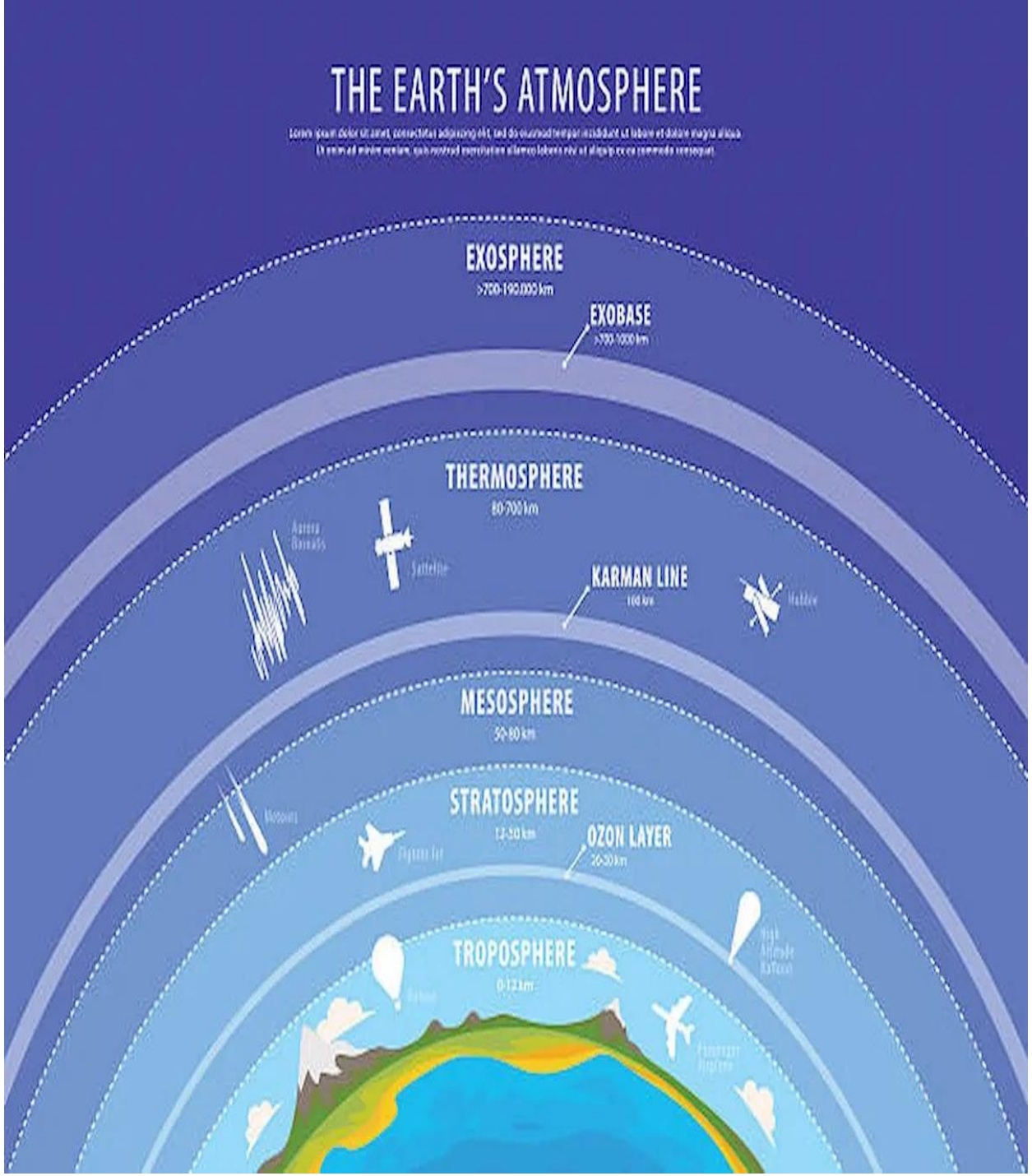
- إننا ندرك بما لا يدع مجالا للشك أنّ ثمة غلافا جوّيا يحيط بنا من كل حدب وصوب، ولو اكتفينا بوسيلة النظر فحسب دون استخدام أجهزة الاستشعار والرصد، فإننا قادرون على الاستدلال بهذه الطبقة الغازية من خلال ظواهر طبيعية عدّة تحدث يوميا، كمنظر الغروب حينما تسقط أشعة الشمس البرّاقة على الأرض من زاوية بعيدة، فنرى اللون البرتقالي والأحمر المصفر يدحر زرقة السماء، قبل أن يتوارى المشهد الخلاب في الظلام الكاحل، فتظهر النجوم بلألأتها المعتادة تزيّن عباءة السماء.

- وعند الدنو نحو القطبين، حيث تتجسّد ظاهرة الشفق القطبي، إحدى أجمل الظواهر الطبيعية في شرائط ضوئية متوهجة كأوتار البيانو المتراقصة أو الستائر المتموجة؛ نجد بأنّ الغلاف الجوي يقف وراء ذلك كلّه.

تركيبة الغلاف الجوي

- وغلاف الأرض الجوي يعد رقيقا نسبيا عند مقارنته مع حجم الأرض، ويتكوّن بالمقام الأول من النيتروجين بنسبة 78% والأوكسجين 21%، وأما النسبة المتبقية 1% فتضم بقية الغازات الأقل شيوعا مثل الأرجون والنيون والهيدروجين، وغازات أخرى يختلف تركيزها وفقا للموقع مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والميثان والأوزون وغير ذلك. وبالرغم من نسبة وجودهما الضئيل عند المقارنة، فلا ينبغي إغفال الدور الذي يلعبه بخار الماء وثاني أكسيد الكربون في تركيب الغلاف الجوي بسبب قدرتهما على امتصاص الحرارة وتخزينها.

فقد استغرق تكوّن الغلاف الجوي للأرض وقتا طويلا حتى اتخذ شكله الحالي اليوم. وعلى مدار سنوات من المراقبة والدراسة تمكن علماء الأرصاد الجوية من تقسيم الغلاف الجوي بناء على اختلاف درجات الحرارة والضغط إلى 5 طبقات أساسية، ابتداء من الأدنى فالأعلى وهي:

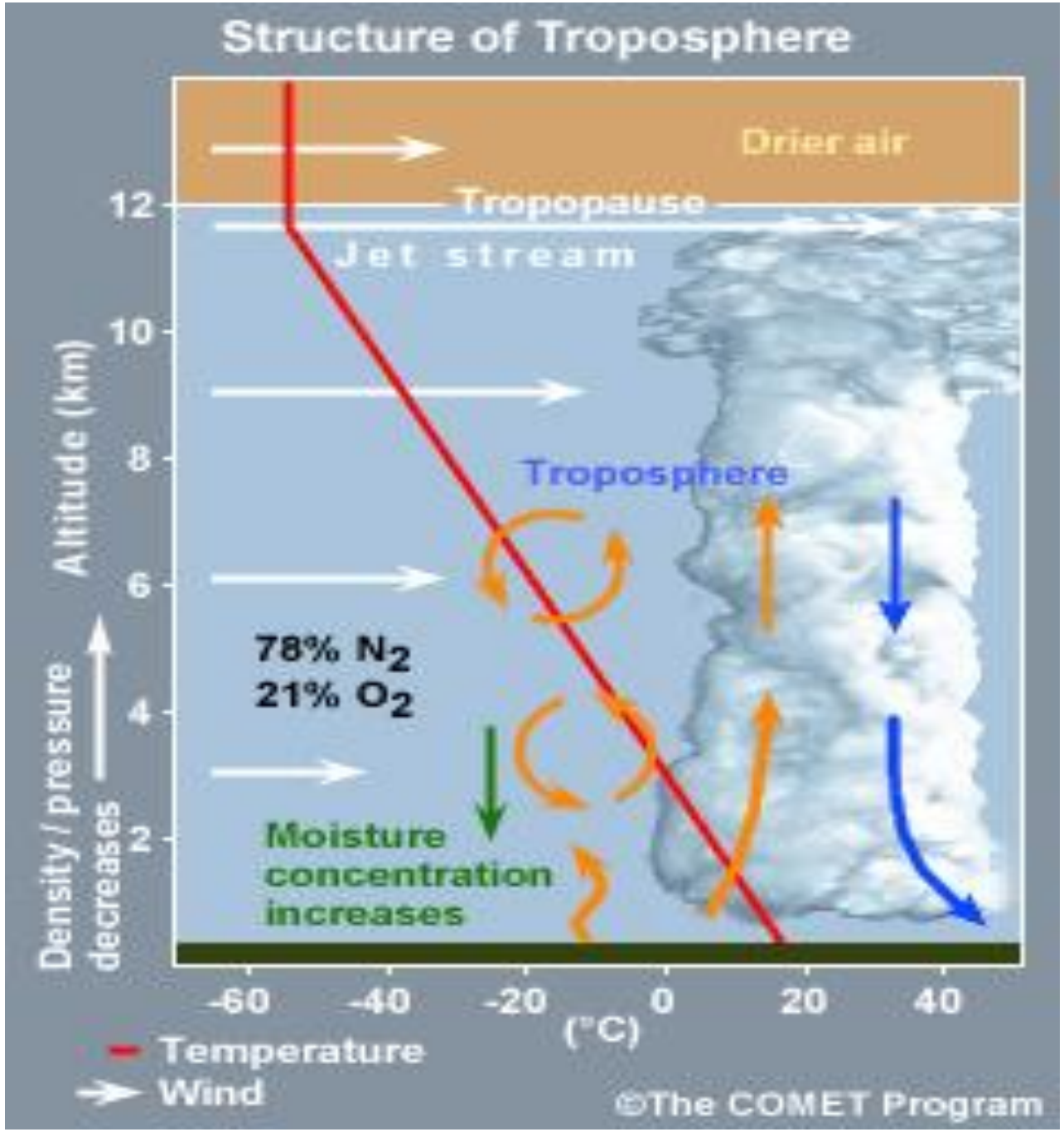


طبقات الغلاف الجوي

- الطبقة المناخية (التروبوسفير Troposphere).
- الطبقة الهادئة (الستراتوسفير Stratosphere).
- الطبقة المتوسطة (الميزوسفير Mesosphere).
- الطبقة الحرارية (الثيرموسفير Thermosphere).
- الطبقة الخارجية (الإكزوسفير Exosphere).
- وثمّة 3 طبقات أخرى فرعية وهي:
- طبقة الأوزون (الأزونوسفيرOzonosphere).
- الطبقة الأيونية (الأيونوسفير Ionosphere).
- الغلاف المغناطيسي (الميغناتوسفير Magnetosphere).

الطبقة المناخية (التروبوسفير Troposphere).

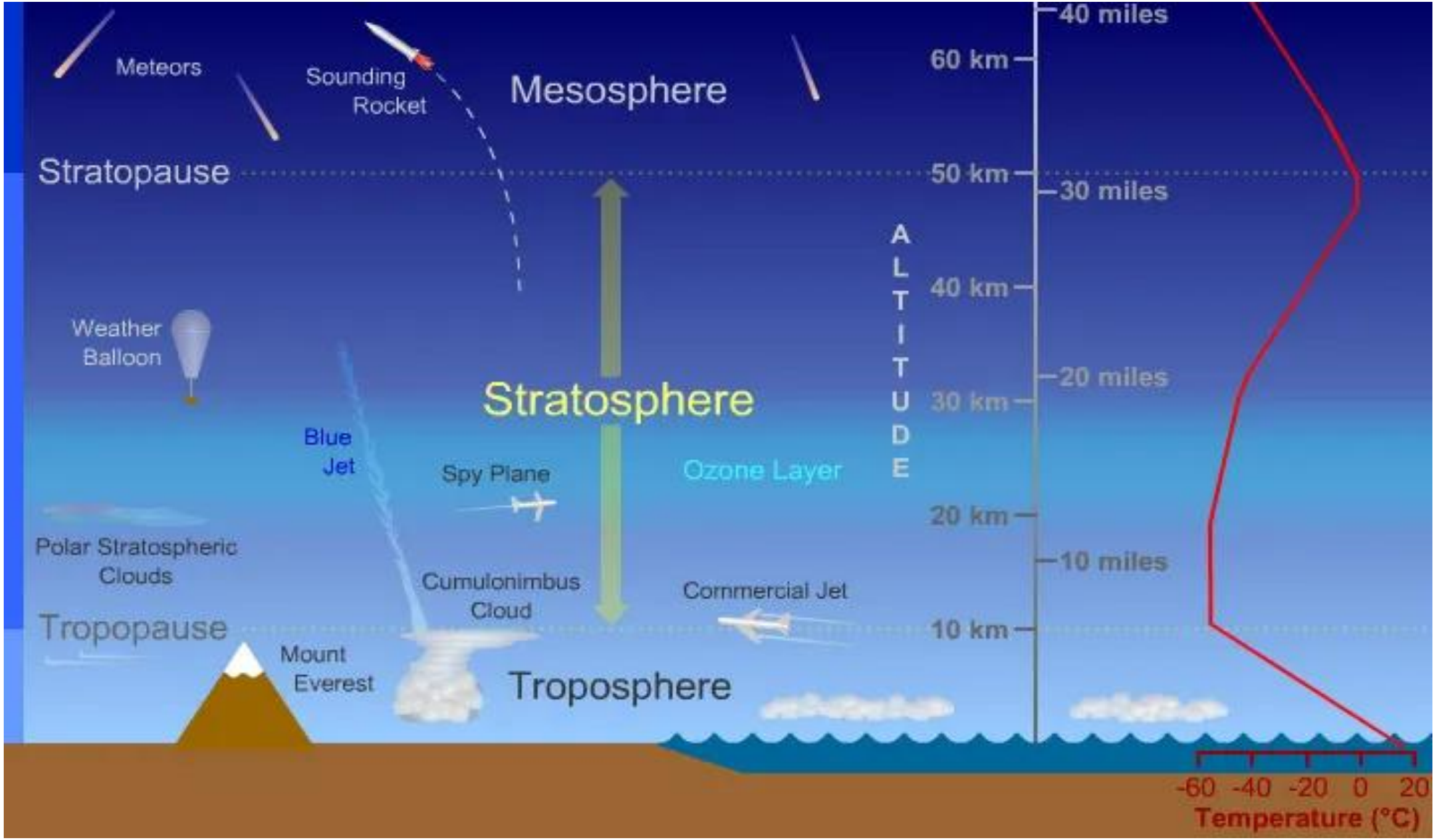
طبقة الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض، وهي الطبقة التي نعيش فيها. وتضم هذه الطبقة 75% من مجمل الغلاف الجوي. وتتم معظم التغييرات الجوية والأمطار والثلوج في هذه الطبقة تقريبًا. ويتنبأ العلماء بالطقس بدراستهم لطبقة التروبوسفير. كما تضم هذه الطبقة معظم بخار الماء والهواء الجوي في الجو. ويهب التيار النفاث في الجزء العلوي من هذه الطبقة. تتناقص درجة الحرارة في طبقة التروبوسفير حوالي 6,5°م كلما ارتفعنا إلى أعلى 1000م. ويتوقف تناقص درجة الحرارة عند بداية التروبوبوز (الفاصل السفلي) والتي تمثل الجزء الأعلى لطبقة التروبوسفير. ويقع حد التروبوبوز على ارتفاع 10كم تقريبًا فوق القطبين الشمالي والجنوبي، وعلى ارتفاع 15كم فوق خط الاستواء تقريبًا. وعند حد التروبوبوز يصبح الهواء رقيقًا جدًا بحيث لا يكفي للحياة. وعادة ما يكون الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض أدفأ لأن أشعة الشمس التي تمر خلال الغلاف الجوي تسخن الأرض وبخار الماء. وبدورها تقوم الأرض بتسخين الهواء الملامس لها مباشرة. وفي بعض الأحيان، وبخاصة خلال الليل أثناء فصل الشتاء، يكون الهواء الملامس للسطح أبرد من الهواء الذي يعلوه. وهنا، تزداد درجة الحرارة في طبقة رقيقة من طبقة التروبوسفير كلما ارتفعنا إلى أعلى.



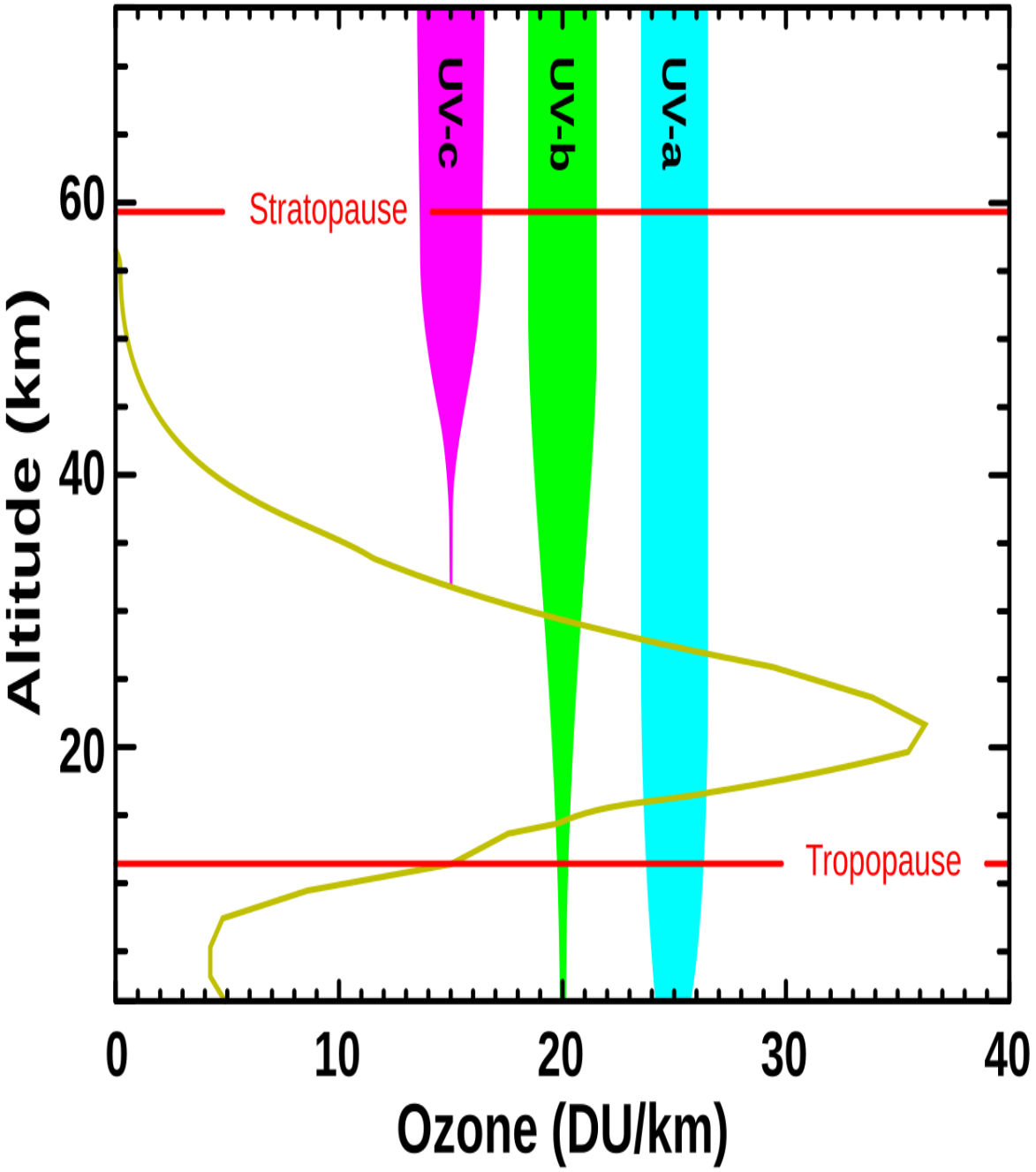
وهذه الحالة الشاذة تسمى الانقلاب الحراري. وتظهر أسوأ حالات التلوث الجوي أثناء حدوث هذه الظاهرة، لأن الهواء البارد القريب من سطح الأرض يحتجز الملوثات ويمنعها من الانتشار أو الصعود إلى أعلى. وتدوم حالة الانقلاب الحراري حتى تقضي الأمطار أو الرياح على هذه الطبقة الهوائية الدافئة. ويكون الهواء باردًا في التروبوبوز، حيث تتكون السحب من بلورات الثلج. وأبرد جزء في طبقة التربوسفير هو التربوبوز الواقع فوق خط الاستواء، حيث يبلغ تصاعد الهواء أعلى حد له، فتهبط درجة حرارة الهواء إلى مادون - 80°م. أما درجة حرارة التروبوبوز فوق القطبين فإنها تزيد عنها فوق خط الاستواء بـ 30°م.

الطبقة الهادئة (الستراتوسفير Stratosphere).

تمتد من التروبوبوز إلى 50كم فوق سطح الأرض تقريبًا. وكمية الرطوبة التي تصل هذه الطبقة من الغلاف الجوي قليلة جدًا، لذلك فإن السحب نادرة أيضًا. ويفضل طيارو الخطوط الجوية الطيران خلال هذه الطبقة تجنبًا لتقلبات الطقس التي يواجهونها في التروبوسفير. أما طبقة الستراتوسفير فتتميز بثبات درجة الحرارة تقريبًا، ولكن درجة حرارة الطبقة العليا منها تزداد مع ازدياد الارتفاع، حيث تصل درجة الحرارة في الطبقة السفلى -55°م بينما تصل درجة الحرارة في الجزء العلوي منها إلى -2°م فقط، وهذا الجزء من الستراتوسفير يُدعى الإستراتوبوز (الفاصل الطبقي). ويحتوي هذا الجزء على معظم **غاز الأوزون** الموجود في الغلاف الجوي، إذ يعمل الأوزون على تسخين الهواء هناك بسبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية.


Meteors
Sounding Rocket
Mesosphere
Stratopause
Weather Balloon
Stratosphere
Blue Jet
Spy Plane
Ozone Layer
Polar Stratospheric Clouds
Cumulonimbus Cloud
Commercial Jet
Tropopause
Mount Everest
Troposphere
ALTITUDE
60 km
50 km
40 km
30 km
20 km
10 km
40 miles
30 miles
20 miles
10 miles
-60 -40 -20 0 20
Temperature (°C)

طبقة الأوزون Ozone Layer

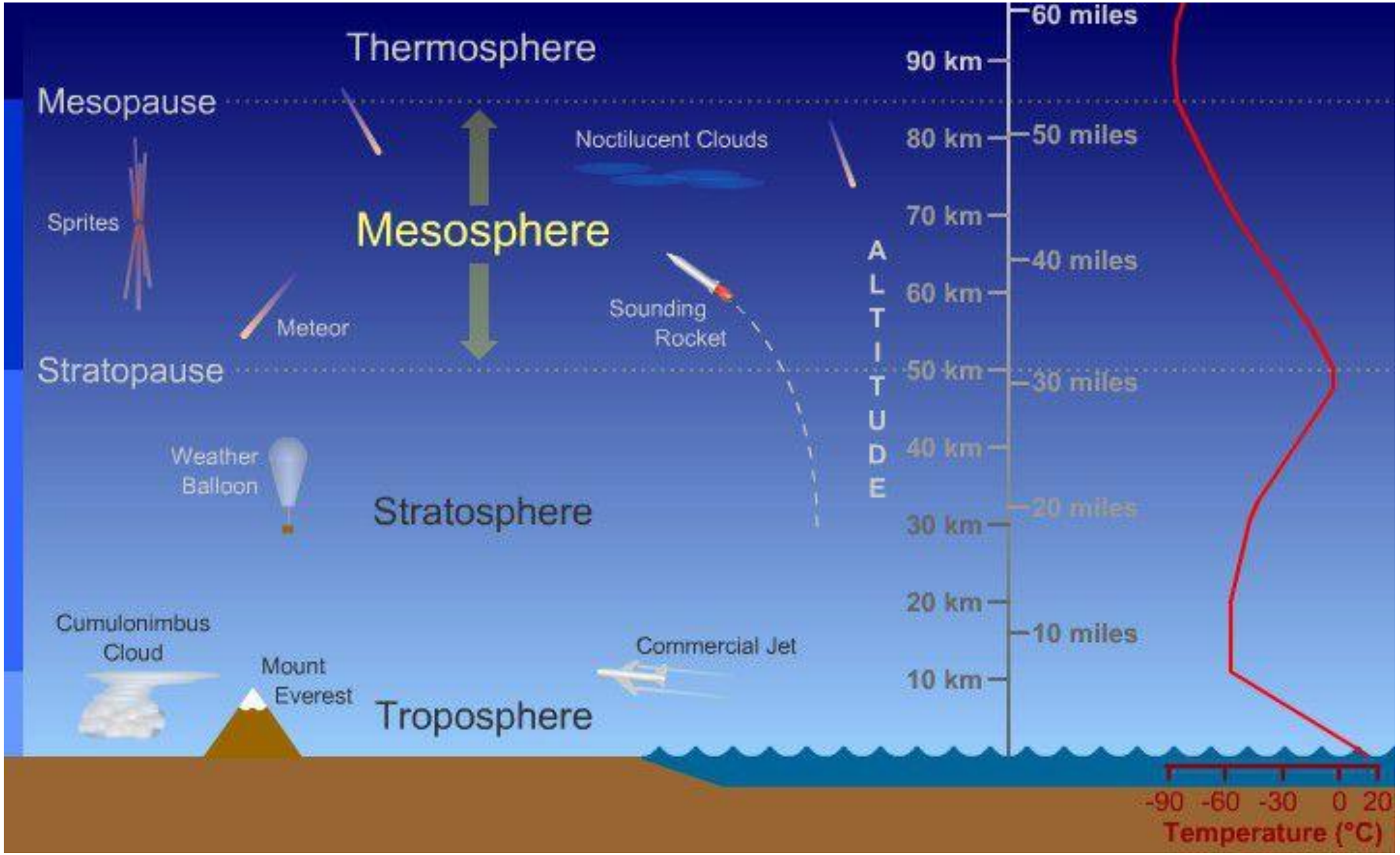


هي جزء من الغلاف الجوي يحتوي بشكل مكثف على غاز الأوزون. وهي متمركزة بشكل كبير في الجزء السفلي من طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي للأرض وهي ذات لون أزرق. يتحول فيها جزء من غاز الأوكسجين إلى غاز الأوزون بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التي تصدرها الشمس وتؤثر في هذا الجزء من الغلاف الجوي نظرا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته. ولهذه الطبقة أهمية حيوية بالنسبة لنا فهي تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القصيرة بتركيز كبير إلى سطح الأرض. والتي تكون بثلاثة أنواع (**A, B, C - UV**)

دوبسون dobsun هي وحدة قياس طبقة الأوزون، وهي عبارة عن عدد جزيئات الاوزون الحر اللازم لتكوين طبقة اوزون سمكها 0.01 ملليمتر من هذا الغاز عند درجة حرارة صفر مئوي و ضغط جوي واحد.

الطبقة المتوسطة (الميزوسفير Mesosphere).

يمتد من حد الإستراتوبوز إلى 80 كم فوق سطح الأرض. وتتناقص درجة الحرارة في هذه الطبقة مع الارتفاع حيث تصل درجة الحرارة في الأجزاء العليا منها إلى أدنى درجة ممكنة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. وهذا الجزء العلوي، من طبقة الميزوسفير يُدعى الميزوبوز (حد الغلاف الأوسط). وتهبط درجة الحرارة في هذا الجزء فوق القطبين إلى ما دون -109°م خلال فصل الصيف. ويمكن مشاهدة ذيل من الغازات الحارة تنساب في هذه الطبقة بفعل الشهب. كما يمكن ملاحظة هبوب رياح في غاية العنف ضمن طبقة الميزوسفير. وتهب هذه الرياح من الغرب إلى الشرق في فصل الشتاء. ومن الشرق إلى الغرب في فصل الصيف.

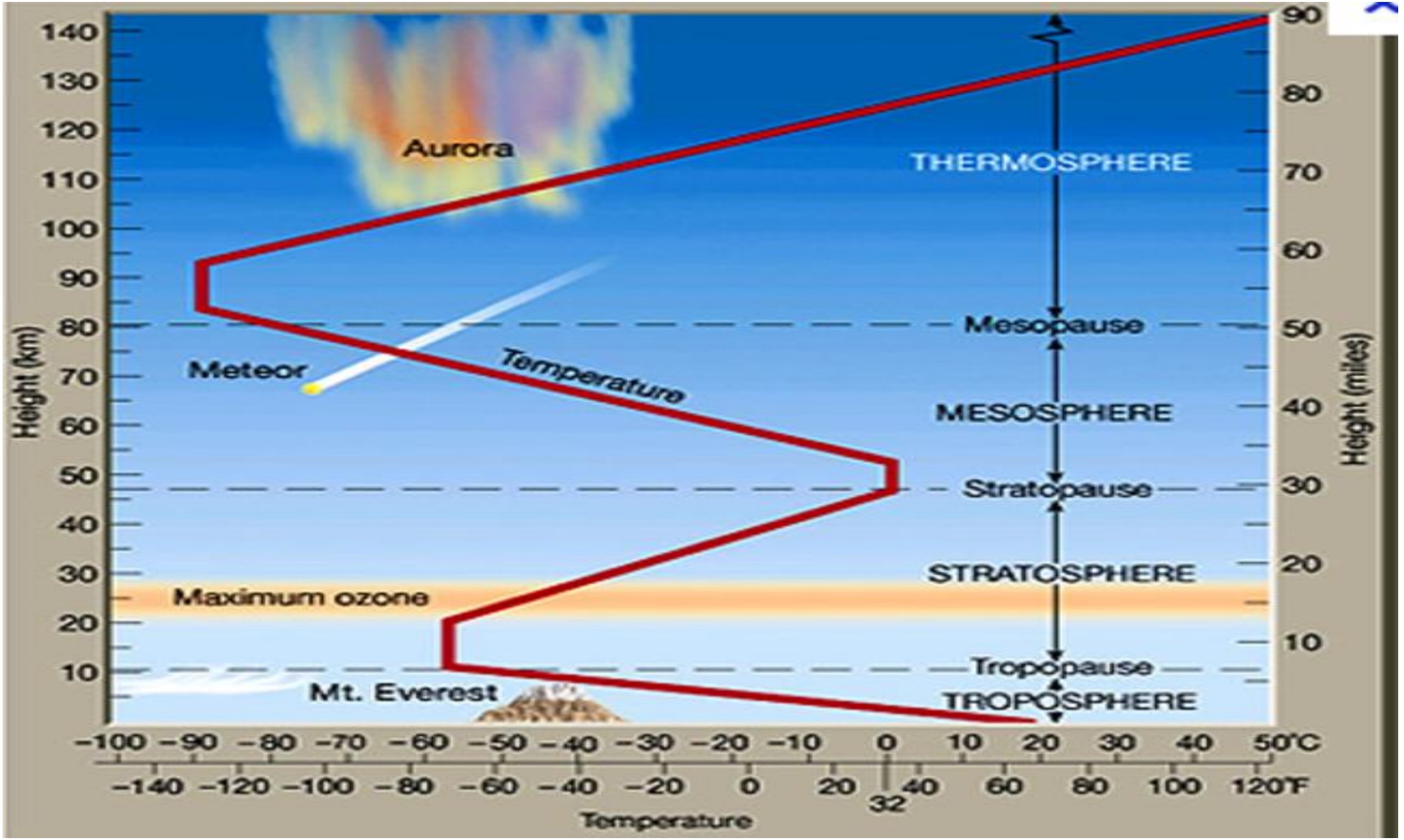

Thermosphere
Mesopause
Noctilucent Clouds
Sprites
Mesosphere
Meteor
Sounding Rocket
Stratopause
Weather Balloon
Stratosphere
Cumulonimbus Cloud
Mount Everest
Commercial Jet
Troposphere
ALTITUDE
90 km
80 km
70 km
60 km
50 km
40 km
30 km
20 km
10 km
60 miles
50 miles
40 miles
30 miles
20 miles
10 miles
-90 -60 -30 0 20
Temperature (°C)

الطبقة الحرارية (الثيرموسفير Thermosphere).

هي أعلى طبقة في الغلاف الجوي. وتبدأ من نهاية حد الميزوبوز وتستمر إلى الفضاء الخارجي. ويتميز الهواء في هذه الطبقة بأنه خفيف جدًا، إذ إن 99,99% من الغلاف الجوي يقع أسفل منه. ويختلف التركيب الكيميائي للهواء في هذه الطبقة عن التركيب الكيميائي لبقية الطبقات المكونة للغلاف الجوي. ففي الأجزاء الدنيا من طبقة الثرموسفير، تتحطم معظم جزيئات الأكسجين إلى ذرات الأكسجين. وتحتوي الأجزاء العليا منها بشكل رئيسي على الهيدروجين والهيليوم. تواجه طبقة الثرموسفير أشعة الشمس بصورة مباشرة، فتعمل على تسخين الهواء الخفيف إلى درجة عالية جدًا. وتقفز درجة الحرارة بسرعة من الميزوبوز إلى 600°م عند ارتفاع 200كم فوق سطح الأرض. ولكن في أثناء الرياح الشمسية تصل كمية إضافية من الإشعاع والجسيمات إلى طبقة الثرموسفير. وهنا يصبح الهواء أكثر سخونة، حيث تصل درجة الحراة إلى ما يزيد عن 2000°م على ارتفاع 400كم فوق سطح الأرض. وعندما ترتطم أشعة الشمس وغيرها من الإشعاعات القادمة من مصادر كونية أخرى بطبقة الثرموسفير، فإن بعض الجزيئات والذرات تشحن بالكهرباء أي تتأين. وتُسمى هذه الذرات المشحونة بالكهرباء أيونات. وتوجد معظم هذه الأيونات في الأجزاء السفلى من الثيروموسفير، لذلك تُسمى هذه الأجزاء من الطبقة الغلاف الأيوني (الأيونوسفير).

الطبقة الحرارية (الثيرموسفير Thermosphere).

حيث تؤدي هذه الطبقة دورًا كبيرًا في الاتصالات الراديوية بعيدة المدى. وتقوم هذه الطبقة بعكس الموجات الكهرومغنطيسية إلى الأرض عوضًا عن انتشارها في الفضاء. وتظهر يوميًا في طبقة الثرموسفير حالات مدٍ غازي هائلة، وتغير حالات المد هذه اتجاهها كل ست ساعات. كما يظهر ضوء طبيعي في هذه الطبقة يسمى الشفق. ويحدث الفلق عندما تجذب الأرض تلك الذرات المتأينة في طبقة الثرموسفير إليها، إذ تتحطم الجزيئات في طبقة الثرموسفير مكوِّنة حلقة حول الأقطاب المغنطيسية للأرض، وينتج عن ذلك طاقة على شكل ضوء. ويسمى الشفق الذي يبدو في شمال الكرة الأرضية الشفق الشمالي. أما الشفق الذي يظهر في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فيسمى الشفق الجنوبي. يسمى الجزء العلوي من طبقة الثرموسفير الإكسوسفير (الغلاف الخارجي)، وترتفع إلى حوالي 480 كم عن سطح الأرض إلى أن تنتهي في الرياح الشمسية. ولا يوجد في الأكسوسفير إلا القليل من الهواء. ولا تجد السفن الفضائية والأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض في هذه المنطقة مقاومة تذكر. وتتحرك بعض الذرات والجزيئات في الأكسوسفير بسرعة هائلة جدًا، حيث تتغلب على قوة جاذبية الأرض وتنطلق إلى الفضاء الخارجي، وهكذا فإن الأرض تفقد غلافها الجوي بالتدريج. ولكن هذه العملية تحتاج إلى بلايين السنين حتى تأتي على مجمل الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية.


Aurora
THERMOSPHERE
Meteor
Temperature
Mesopause
MESOSPHERE
Stratopause
STRATOSPHERE
Maximum ozone
Tropopause
TROPOSPHERE
Mt. Everest
Height (km)
Height (miles)
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
90
80
70
60
50
40
30
20
10
−100 −90 −80 −70 −60 −50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50°C
−140 −120 −100 −80 −60 −40 −20 0 20 32 40 60 80 100 120°F
Temperature

الطبقة الخارجية (الإكزوسفير Exosphere).

(الطبقة الأخيرة الخارجية) من الغلاف الجوي، وقد اشتق اسمها من كلمة (EXO) التي تعني خارج. تمتد الطبقة الخارجية مرتفعاً فوق الطبقة الحرارية وحتى نهاية الغلاف الجوي عند ارتفاع يناهز مابين 600 كم إلى 1000 كم. وتصبح جزيئات الهواء نادرة الوجود في طبقة إكسوسفير إلى حد إنها تعد غير موجودة، فمثلاً، عند أسفلها من الممكن أن تنطلق ذرة غازية نحو 10 كم قبل أن تصطدم بذرة غازية أخرى. وعادة يعرف العلماء المسافة التي تقطعها الذرات الغازية قبل أن تصطدم مع ذرة أخرى بالممر الحر. ويضم مدار الأرض المنخفض الذي تسبح في جوفه أقمار صناعية عدة

الطبقة	الارتفاع (كم)	درجة الحرارة
التروبوسفير	0 - 8/15	تنخفض مع الارتفاع
الستراتوسفير	15 - 50	تزداد مع الارتفاع
الميزوسفير	50 - 85	تنخفض بشكل حاد مع الارتفاع
الثرموسفير	85 - 600	تزداد بشكل كبير مع الارتفاع
الإكزوسفير	600 وما فوق	تتراوح درجات الحرارة

أهمية الغلاف الجوي :

1. الحماية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة

•**طبقة الأوزون**: تمتص طبقة الأوزون في الستراتوسفير معظم الأشعة فوق البنفسجية الضارة، مما يحمي البشر والحيوانات من تأثيراتها الضارة مثل سرطان الجلد وإعتام عدسة العين.

2. تنظيم درجات الحرارة

•**تأثير الدفيئة**: غازات مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء تعمل على احتجاز الحرارة الصادرة من سطح الأرض، مما يحافظ على درجات حرارة مستقرة تساعد في دعم الحياة.

3. دورة المياه

•**التبخر والهطول**: الغلاف الجوي يلعب دوراً رئيسياً في دورة المياه حيث يتم تبخر الماء من المسطحات المائية، تكوين السحب، وتساقط الأمطار، مما يحافظ على توازن الماء في البيئة.

4. توفير الأكسجين والنيتروجين

- **دعم الحياة**: يتكون الغلاف الجوي بشكل رئيسي من الأكسجين (21%) والنيتروجين (78%)، وهما ضروريان للتنفس والعمليات الحيوية للكائنات الحية.

5. الحماية من النيازك والشهب

- **احتراق النيازك**: معظم النيازك والشهب تحترق عند دخولها الغلاف الجوي، مما يحمي سطح الأرض من تأثيراتها الضارة.

6. الضغط الجوي المناسب

- **دعم العمليات الحيوية**: الضغط الجوي المتوازن يدعم عملية التنفس ويسهل دوران الدم في أجسام الكائنات الحية.

7. دعم الطيران

- **الرفع والمقاومة**: وجود الهواء في الغلاف الجوي يسمح للطائرات بالطيران من خلال توفير الرفع والمقاومة الضرورية للتحليق.